

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que los autores han autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del catálogo en línea, página web y Repositorio Institucional del CRAI-USTA, así como en las redes sociales y demás sitios web de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor, nunca para usos comerciales.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-USTA

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

**Análisis de la Oferta y Demanda del Recurso Hídrico en la Subcuenca Lebrija Alto para
el Año 2030 y 2040**

Ingrid Katherine Gómez Estupiñan, Paula Andrea Calvo Hernandez

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil

Director

Marlon Leonardo Rodríguez Sierra

Magister en Ingeniería Civil

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de ingenierías y Arquitectura

Facultad de Ingeniería Civil

2021

Dedicatoria

Dedicamos este proyecto de investigación en el cual hemos puesto nuestra entrega a nuestros padres, por su amor, trabajo y esfuerzo en estos años, por confiar en nosotras e inculcarnos valores y principios, gracias a ellos hemos llegado a ser quienes somos actualmente. Ha sido un orgullo y honor ser sus hijas.

A nuestros familiares por motivarnos en este proceso y estar presentes en esta nueva etapa de nuestras vidas, a nuestros amigos de la universidad por la ayuda y los buenos momentos vividos en estos años y a todas las personas que nos han apoyado y han hecho posible este nuevo logro.

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por darnos fuerzas para superar los obstáculos y dificultades presentados a lo largo de nuestras vidas y por poner en nuestro camino a las personas que han sido un apoyo durante nuestro periodo de estudio. A nuestro padres y familiares por animarnos a luchar para lograr nuestras metas propuestas. A la Universidad Santo Tomas por brindarnos los espacios académicos oportunos para adquirir los conocimientos correspondientes y llegar a esta instancia de nuestra carrera. A las personas y docentes que nos apoyaron y ayudaron durante este proceso, especialmente a nuestro director de grado Marlon Leonardo Rodríguez Sierra, a quien le debemos el gusto a esta área de investigación por compartirnos su conocimiento, apoyarnos y brindarnos su tiempo para la realización de este documento.

Contenido

	Pág.
Introducción	18
1. Análisis de la Oferta y Demanda del Recurso Hídrico en la Subcuenca Lebrija Alto para el Año 2030 y 2040.....	19
1.1 Planteamiento del Problema.....	19
1.2 Antecedentes	21
1.3 Objetivos	23
1.3.1 Objetivo General.....	23
1.3.2 Objetivos Específicos.....	23
1.4 Justificación.....	24
2. Marco Referencial	26
2.1 Descripción General de la Cuenca	26
2.1.1 Localización Geográfica	26
2.1.2 Climatología.....	28
2.1.3 Recurso Hídrico	29
2.1.4 Oferta Natural del Recurso Hídrico en la Subcuenca Lebrija Alto.	30
2.1.5 Demanda de Agua e Índice de Escasez.....	33
2.1.6 Demanda Total por Microcuencas	35
2.2 Índice de Escasez	36
2.2.1 Cálculo del Índice de Escasez para la Subcuenca.....	37
2.3 Aspectos Socioeconómicos	37
2.4 Uso Potencial Mayor de las Tierras	41

2.5	Gestión del Recurso Hídrico.....	44
2.6	Estado del Recurso	44
2.6.1	El Balance Hídrico en Colombia	44
2.6.2	Oferta y Disponibilidad de Agua	45
2.6.3	La Demanda.....	47
2.6.4	Integración de la Variabilidad Climática Estacional y la Gestión del Recurso Hídrico....	48
2.7	Modelación Hidrológica.....	49
2.7.1	Hydro-BID	49
2.8	Método de Relleno de Datos	50
2.8.1	Promedio Aritmético.....	50
2.8.2	Regresión y Correlación Lineal	51
2.8.3	Interpolación Lineal	52
2.8.4	Calibración del Modelo.....	52
2.8.5	Análisis Estadístico de Modelos	55
3.	Método.....	57
3.1	Estimación de la Oferta	58
3.1.1	Delimitación y Procesamiento de la Subcuenca	58
3.1.2	Obtención y Relleno de Datos de las Estaciones Hidrometereológicas	58
3.1.3	Calibración del Modelo Hydro-BID.	60
3.1.4	Modelación Hidrológica Hydro-BID.....	61
3.1.5	Simulación de Escenario de Cambio Climático.....	61
3.2	Estimación de la Demanda.....	62

3.2.1	Estimación de la Demanda Actual Total	62
3.2.2	Proyección de la Demanda Años 2030-2040.....	65
3.3	Análisis Relación Oferta-Demanda.....	68
3.3.1	Índice de Escasez	69
4.	Resultados.....	70
4.1	Estimación de la Oferta	70
4.1.1	Delimitación de la Subcuenca.....	70
4.1.2	Relleno de Datos Estaciones Hidrometeorológicas	71
4.1.3	Calibración Modelo Hydro-BID	80
4.1.4	Modelo de Simulación de un Escenario Climático.....	83
4.2	Estimación de la Demanda.....	93
4.2.1	Estimación de la Demanda Actual	93
4.2.2	Proyección de la Demanda 2030 y 2040.....	94
4.3	Análisis Relación Oferta-Demanda.....	96
4.3.1	Índice de Escasez	97
5.	Conclusiones.....	99
	Referencias.....	102
	Apéndices.....	105

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Características de las URH o Áreas de drenajes Angula-Lajas</i>	29
Tabla 2. <i>Oferta hídrica por microcuencas</i>	30
Tabla 3. <i>Disponibilidad de agua La Angula-Lajas</i>	31
Tabla 4. <i>Rendimientos hídricos de la microcuenca de la quebrada El Aburrido</i>	32
Tabla 5. <i>Rendimientos hídricos de la microcuenca de la quebrada La Honda</i>	33
Tabla 6. <i>Demanda total por microcuencas</i>	36
Tabla 7. <i>Índice de escasez para la Subcuenca Lebrija Alto</i>	37
Tabla 8. <i>Uso potencial mayor de las tierras</i>	43
Tabla 9. <i>Valores de Escorrentía y Rendimiento Hídrico en Colombia por Regiones Hidrográficas</i>	46
Tabla 10. <i>Parámetros de calibración de Hydro-BID</i>	53
Tabla 11. <i>Métricas de desempeño para la calibración de Hydro-BID</i>	54
Tabla 12. <i>Datos estaciones de la subcuenca Lebrija Alto</i>	59
Tabla 13. <i>Datos faltantes precipitación estación Cachiri</i>	72
Tabla 14. <i>Datos faltantes precipitación estación Floresta La</i>	72
Tabla 15. <i>Datos faltantes precipitación estación Galvicia La</i>	73
Tabla 16. <i>Datos faltantes precipitación estación Laguna La</i>	73
Tabla 17. <i>Datos faltantes precipitación estación Llano de Palmas</i>	73
Tabla 18. <i>Datos faltantes precipitación estación Llano Grande</i>	74
Tabla 19. <i>Datos faltantes precipitación estación Matajira</i>	74
Tabla 20. <i>Datos faltantes precipitación estación Naranjo El</i>	74

Tabla 21. <i>Datos faltantes precipitación estación Palmas.....</i>	75
Tabla 22. <i>Datos faltantes precipitación estación Palo Gordo</i>	75
Tabla 23. <i>Datos faltantes precipitación estación Pantano El</i>	75
Tabla 24. <i>Datos faltantes precipitación estación Picacho El.....</i>	76
Tabla 25. <i>Datos faltantes precipitación estación Piedecuesta Granjas</i>	76
Tabla 26. <i>Datos faltantes precipitación estación Portachuelo.....</i>	76
Tabla 27. <i>Datos faltantes precipitación estación Tona</i>	77
Tabla 28. <i>Datos faltantes precipitación estación Vetas-El Pozo</i>	77
Tabla 29. <i>Datos faltantes precipitación estación Vivero Surata</i>	77
Tabla 30. <i>Datos faltantes temperatura estación Cachiri</i>	78
Tabla 31. <i>Datos faltantes temperatura estación Llano Grande.....</i>	78
Tabla 32. <i>Datos faltantes temperatura estación Vivero Surata.....</i>	78
Tabla 33. <i>Datos faltantes de precipitación por estación</i>	79
Tabla 34. <i>Datos faltantes de temperatura por estación.....</i>	80
Tabla 35. <i>Parámetros finales de calibración.....</i>	80
Tabla 36. <i>Métricas de desempeño sin escenario climático.....</i>	81
Tabla 37. <i>Métricas de desempeño con escenario climático.....</i>	86
Tabla 38. <i>Balance de agua Subcuenca (million m3/año)</i>	88
Tabla 39. <i>Análisis estadístico precipitación (millón m3/año) periodo 2016-2046.....</i>	89
Tabla 40. <i>Análisis estadístico evapotranspiración (millón m3/año) periodo 2016-2046.....</i>	91
Tabla 41. <i>Análisis estadístico caudal total (millón m3/año) periodo 2016-2046.....</i>	92
Tabla 42. <i>Demanda hídrica 2020</i>	94
Tabla 43. <i>Demanda hídrica 2030</i>	95

Tabla 44. <i>Demanda hídrica 2040</i>	95
Tabla 45. <i>Oferta hídrica de la subcuenca Lebrija Alto 2020</i>	96
Tabla 46. <i>Oferta hídrica de la subcuenca Lebrija Alto 2030</i>	96
Tabla 47. <i>Oferta hídrica de la subcuenca Lebrija Alto 2040</i>	96
Tabla 48. <i>Índice de escasez subcuenca Lebrija Alto</i>	97

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Cuenca Superior del Rio Lebrija</i>	26
Figura 2. <i>Limites Subcuenca Lebrija Alto</i>	28
Figura 3. <i>Ecuación demanda hídrica total</i>	34
Figura 4. <i>Ecuación demanda de agua sector agrícola</i>	34
Figura 5. <i>Demanda hídrica para uso avícola</i>	35
Figura 6. <i>Mapa Veredal Microcuenca Angula-Lajas</i>	38
Figura 7. <i>Veredas microcuenca El Aburrido</i>	39
Figura 8. <i>Veredas microcuenca La Honda</i>	40
Figura 9. <i>Distribución del uso potencial mayor del suelo subcuenca Lebrija Alto</i>	42
Figura 10. <i>Uso potencial mayor de las tierras</i>	43
Figura 11. <i>Volumen de agua en áreas hidrográficas representativas, km³</i>	45
Figura 12. <i>Demanda de agua para las actividades socioeconómicas, %</i>	47
Figura 13. <i>Ecuación promedio aritmético</i>	51
Figura 14. <i>Ecuación regresión y correlación lineal</i>	51
Figura 15. <i>Ecuación interpolación lineal</i>	52
Figura 16. <i>Diagrama metodología del proyecto</i>	57
Figura 17. <i>Ecuación promedio aritmético simple</i>	60
Figura 18. <i>Plataforma climate wizard</i>	62
Figura 19. <i>Ecuación demanda uso domestico</i>	64
Figura 20. <i>Ecuación demanda uso pecuario</i>	65
Figura 21. <i>Proyección de población método geométrico</i>	66

Figura 22. <i>Proyección demanda por uso agrícola</i>	66
Figura 23. <i>Proyección demanda uso pecuario</i>	67
Figura 24. <i>Proyección demanda uso avícola</i>	68
Figura 25. <i>Ecuación oferta hídrica total</i>	68
Figura 26. <i>Ecuación índice de escasez</i>	69
Figura 27. <i>Delimitación cuenca Lebrija a partir de la herramienta AHD mediante QGIS</i>	70
Figura 28. <i>Delimitación subcuenca Lebrija Alto</i>	71
Figura 29. <i>Validación duración del flujo subcuenca 300688900</i>	82
Figura 30. <i>Comparación entre caudales y precipitación a escala diaria actual</i>	83
Figura 31. <i>Modelo de circulación global climate wizard de temperatura</i>	84
Figura 32. <i>Promedio mensual mínimo. Temperatura</i>	84
Figura 33. <i>Modelo de circulación global climate wizard de precipitación</i>	85
Figura 34. <i>Comparación entre caudal y precipitación con un escenario de cambio climático..</i> 87	
Figura 35. <i>Precipitación sin escenario VS con escenario de cambio climático</i>	90
Figura 36. <i>Evapotranspiración sin escenario VS con escenario de cambio climático</i>	91
Figura 37. <i>Caudal total sin escenario VS con escenario de cambio climático</i>	93
Figura 38. <i>Proyección oferta vs demanda hídrica</i>	98

Lista de Apéndices

Pág.

Apéndice A.** Cuenca Lebrija QGIS*Apéndice B.** Datos faltantes estaciones Hidrometereológicas 105****Apéndice C.** Rellenado de datos estaciones hidrometereológicas****Apéndice D.** Calculo oferta y demanda hídrica*

Nota: el Apéndice A, Apéndice C y Apéndice D se encuentran en medio digital, en archivos externos al documento.

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito analizar la oferta y la demanda del recurso hídrico en la Subcuenca de Lebrija Alto para los años 2030 y 2040 en el municipio de Lebrija, Santander por medio de la modelación hidrológica.

Se crearon dos escenarios, el Escenario Base y Escenario de Cambio Climático el cual se generó a partir de la plataforma Climate Wizard del Banco Mundial por medio de un modelo de circulación global. Seguidamente se utilizó la herramienta de simulación Hydro-BID donde se obtuvieron unas series de caudales para las condiciones meteorológicas actuales y las proyecciones climáticas futuras y se adquirió la oferta hídrica de la Subcuenca.

Una vez se obtuvo la oferta hídrica se calculó la demanda actual y las respectivas proyecciones para los años anteriormente mencionados teniendo en cuenta el uso doméstico, agrícola, avícola, pecuario. Finalmente se encontró que la oferta hídrica presenta una disminución en la Subcuenca al contrario de la demanda, la cual va aumentando progresivamente dando un índice de escasez entre categoría media alta y alta para los años estudiados.

Palabras Clave: oferta hídrica, demanda hídrica, Hydro-BID, cambio climático.

Abstract

The purpose of this research was to analyze the supply and demand of water resources in the Lebrija Alto Sub-basin for the years 2030 and 2040 in the municipality of Lebrija, Santander by means of hydrological modeling.

Two scenarios were created, the Base Scenario and the Climate Change Scenario, which was generated from the Climate Wizard platform of the World Bank through a global circulation model. Next, the Hydro-BID simulation tool was used, where a series of flows were obtained for the current meteorological conditions and future climate projections, and the water supply of the Sub-basin was acquired.

Once the water supply was obtained, the current demand and the respective projections for the aforementioned years were calculated, taking into account domestic, agricultural, poultry and livestock use. Finally, it was found that the water supply shows a decrease in the Sub-basin, contrary to the demand, which is increasing progressively, giving an index of scarcity between high and medium category for the studied years.

Keywords: water supply, water demand, Hydro-BID, climate change.

Glosario

Cambio climático: cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial, procesos externos como la variación de la radiación solar.

ComID: identificador común de una línea de flujo AHD (Flowline).

Demanda: cantidad o volumen de agua usado por sectores económicos y de población, utilizado como materia prima o insumo.

Escorrentía: proceso físico que consiste en el escurrimiento de agua de lluvia por la red de drenaje hasta alcanzar la red fluvial.

Estaciones hidrometereológicas: estaciones que permiten medir la precipitación, temperatura, humedad y niveles de los cauces en un rango de tiempo.

HydroBID: sistema integrado y cuantitativo para simular hidrología y gestión de recursos hídricos en América Latina y el Caribe. El sistema permite trabajar bajo escenarios de cambio, como clima, uso de suelo y población, que permite evaluar la cantidad y calidad del agua, las necesidades de infraestructura y el diseño de estrategias de adaptación en respuesta a estos cambios.

IDEAM: Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales encargada del manejo de información científica, hidrológica, meteorológica y lo relacionado con el medio ambiente en Colombia.

Oferta: volumen disponible de agua que escurre por la superficie del suelo y se concentra en los cauces de los ríos y/o cuerpos de agua.

Precipitación: cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmosfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, granizo.

POMCA: instrumento de planificación, a través del cual se realiza la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y la fauna y el manejo de la cuenca.

Qgis: Sistema de información Geográfica (SIG) de software libre que soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vectoriales, datos ráster y bases de datos.

Recurso hídrico: agua natural disponible en calidad y cantidad en un lugar y periodo de tiempo. Existen diversos tipos como aguas subterráneas, aguas superficiales, ríos, aguas marinas y glaciares.

Subcuenca: superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad en una serie de corrientes, ríos y eventualmente lagos hacia un determinado punto de curso de agua.

Temperatura: magnitud que revela el nivel o cantidad de calor que tiene el aire en un sitio determinado.

Introducción

Los países de América Latina y el Caribe (LAC) ya han experimentado un incremento en el número e intensidad de los eventos de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) en el transcurso de los últimos 30 años, provocando eventos de precipitaciones récord en Venezuela 1999 y 2005, de inundaciones en la Pampas Argentinas 2000 y 2002, sequías en la Cuenca del Amazonas 2005 y una temporada de huracanes récord en el Atlántico Sur 2004. Los pronósticos de los próximos 20 años indican que entre 12 y 81 millones de personas de la región de LAC experimentarán estrés hídrico, con el número incrementándose entre 79 y 178 millones de personas para la década del 2050. Los impactos del cambio climático serán variados a través de la región tal como lo resume el Panel Intergubernamental en Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) [1].

En la región de Latinoamérica y el caribe los cambios en los patrones de precipitación han producido lluvias más intensas en algunas áreas y sequía en otras, este fenómeno se puede evidenciar en el municipio de Lebrija ya que desde el 2014 se están presentado problemas respecto al abastecimiento de agua potable y la demanda hídrica por las actividades socioeconómicas del municipio puesto que son más altas que la oferta hídrica disponible, datos presentados por Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB) [2] y por esta razón la investigación se centra en este municipio.

En el proyecto se analizó la relación entre oferta y la demanda hídrica de la subcuenca de Lebrija Alto bajo escenarios de cambio climático para el año 2030 y 2040, se realizó por medio de tres etapas la primera etapa que consta de la estimación de la oferta la cual se hace por medio de la herramienta de modelación hidrológica HYDRO-BID, la segunda fase es la estimación de la demanda futura y la tercera es la fase de análisis que es la incorporación de las dos fases anteriores.

La finalidad del proyecto se centra en analizar el comportamiento del cambio climático en la Subcuenca en años posteriores para contribuir al correcto manejo del recurso y así poder llevar el control de la oferta y demanda de la subcuenca.

1. Análisis de la Oferta y Demanda del Recurso Hídrico en la Subcuenca Lebrija Alto para el Año 2030 y 2040

1.1 Planteamiento del Problema

El Cambio Climático Global es la alteración en el estado del sistema climático terrestre debido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y que va más allá de la variabilidad climática natural. Su principal manifestación es el fenómeno de elevación de la temperatura promedio global, como consecuencia de la acumulación de los gases de efecto invernadero en la atmósfera lo que atrapa la radiación infrarroja [2]. Este cambio se caracteriza por tener una serie de impactos los cuales pueden ser variación en la temporalidad del agua, aumento de avenidas torrenciales y temporadas secas, cambios de condiciones para la producción de alimentos entre otras [2].

El cambio climático representa una de las principales amenazas que influyen simultáneamente en los seres humanos, los ecosistemas, los recursos naturales y la vida socioeconómica. El aumento de la temperatura en el mundo es uno de los aspectos más destacados del cambio climático. De hecho, los últimos 30 años (1983-2012) representan el período más cálido conocido desde 1400 años en el hemisferio norte, según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático y la temperatura global promedio entre 1880 y 2012 ha aumentado en 0.85 ° C como afirma el Quinto Informe de Evaluación del IPCC [3].

Los impactos del cambio climático dan lugar a la escasez de agua, una condición en la cual la demanda de agua crece más allá del suministro de agua disponible debido a su falta de disponibilidad física y una estructura de gestión de agua insuficiente, cuando la demanda supera el suministro disponible, la distribución de agua no cumple con la demanda requerida, lo que provoca una disminución en la disponibilidad de agua per cápita. Esta situación se intensificó aún más al aumentar las demandas en el caso de la rápida urbanización y la mejora de los niveles de vida junto con el impacto de las severas condiciones climáticas [4].

Este es el caso del municipio de Lebrija Santander, el cual desde hace 30 años ha tenido dificultades con el suministro de agua, ya que, la variabilidad climática del fenómeno del NIÑO y la NIÑA es un riesgo latente, que ocasiona la sequía de las cuencas hídricas que abastecen al municipio de Lebrija, provocando que durante muchos años la población sufra el desabastecimiento de agua potable [6]. Una de las situaciones más críticas que ha afectado al municipio de Lebrija fue en el año 2015, dado que, la administración municipal se declaró en calamidad pública, debido a que la Represa de piedras negras la única fuente de abastecimiento del acueducto disminuyó drásticamente su caudal a causa del fenómeno del niño, hasta el punto de desabastecer la población y suministrar el agua para los habitantes por medio de carrotanques y cabe destacar que el municipio de Lebrija se encuentra en constante racionamiento de agua [5].

Además, el cambio climático afecta la actividades socioeconómicas y Lebrija es un municipio que su actividad económica esta soportada básicamente en el sector primario, principalmente en los subsectores agrícolas y pecuario, de donde derivan cerca del 80% de la población que son los más afectados gracias a que los suelos pierden su productividad, su materia orgánica y se desintegran al perder la humedad [5]. Con base a análisis previstos por gestión de riesgo Municipal el factor socio económico aumenta el grado de vulnerabilidad de las personas

con respecto a las amenazas de cambio climático, pues existe un 60,61% de la población que vive en condiciones de pobreza lo cual permite tener una infraestructura pobre y estar expuestos a estos fenómenos disminuyendo su capital de trabajo y por ende su calidad de vida [6].

Por lo expuesto anteriormente, se hace necesario analizar la oferta y la demanda para la subcuenca de Lebrija Alto por medio de la modelación hidrológica con base a escenarios climáticos para los años 2030 y 2040 y así poder actuar de forma anticipada a los fenómenos naturales presentados por la variabilidad climática.

1.2 Antecedentes

La normatividad ambiental colombiana define la reglamentación, como la aplicación conjunta de acciones de orden técnico y jurídico, destinadas a obtener una mejor distribución del agua. En consecuencia, de lo anterior se han adelantado estudios técnicos en distintos ámbitos nacionales y en este aparte recopilamos los trabajos de investigación más relevantes sobre la temática de la oferta hídrica, la demanda hídrica, escenarios de cambios climáticos y las ayudas computacionales los cuales tienen como objetivo ofrecer un acercamiento al enfoque de la investigación actual.

En primer lugar, se encuentra un estudio del 2019 llamado *Estudio de oferta y demanda hídrica en la cuenca del río Barbas* realizado por Carlos Andrés Sabas y Diego Paredes Cuervo en el cual estima la oferta hídrica y con base en ella establece la disponibilidad de recurso hídrico, considerando el caudal ecológico y la calidad del agua en la corriente y determina la demanda existente que permita definir claramente las acciones de reglamentación, calcular los índices de escasez mediante el análisis del balance hídrico en los puntos de control establecidos. para ello la metodología adoptada es la de transposición de caudales que requiere la generación de los

polígonos de Thiessen e información cartográfica, para establecer las áreas de escurrimiento o captación se hizo mediante el uso de software Arc view 8.3, el cálculo de la demanda hídrica se establece a partir de las concesiones de agua otorgadas por cada autoridad ambiental en la cuenca del río Barbas como resultado Se adelantaron estudios del balance hídrico entre oferta-demanda para los puntos de control en la cuenca del río Barbas, encontrando los sitios específicos donde se presentan conflictos respecto al acceso del recurso hídrico y Los índices de escasez. La anterior investigación se relaciona con nuestra investigación en la estimación de estas dos variables [7].

En segundo lugar, en el trabajo realizado por Melissa Pimiento Castañeda y Lina María Restrepo Caicedo se analizó la oferta y demanda hídrica en la cuenca del río Gualí bajo escenarios de cambio climático. En esta investigación se presentan los resultados obtenidos a partir de una modelación hidrológica realizada en la cuenca del río Gualí, en el departamento de Tolima; con el fin de determinar los impactos potenciales del cambio climático sobre el régimen hidrológico y la demanda de agua no satisfecha de la zona, acoplando dos herramientas de modelación del recurso hídrico. A partir de los resultados de la oferta hídrica futura mediante la herramienta de modelación Hydro-BID y las proyecciones de las demandas agrícolas, domésticas e industriales hasta el año 2100, se estimó la demanda insatisfecha por medio de la herramienta de modelación WEAP. [8].

Finalmente, para el 2019 , se encuentra la modelación hidrológica para el pronóstico de sequías en la cuenca del río Pamplonita bajo escenarios de cambio climático trabajo de grado presentado por Paula Viviana Díaz González y Ana María Suárez Rodríguez el objetivo es la obtención de índices de sequía bajo escenarios de cambio climático, para ello se utilizó la modelación hidrológica utilizando la herramienta Hydro-BID, se presentan los resultados obtenidos a partir de una modelación hidrológica realizada en la cuenca del río Pamplonita, Colombia; con el fin de determinar los impactos potenciales del cambio climático sobre el régimen

hidrológico de la zona, implementando la herramienta de modelación para América Latina y el Caribe Hydro-BID, donde se calibró el modelo a partir de estaciones de caudales, además se realizó una regionalización de parámetros para modelar los caudales futuros, se obtuvieron los porcentajes de variación de caudal de cada uno de los escenarios respecto a las condiciones actuales, dando como resultado que se presentará una posible disminución en el caudal entre el 6.10% y 10.8% para los diferentes escenarios. Esta investigación es de gran porte con la investigación a desarrollar ya que utilizan la modelación hidrológica por medio de HYDRO-BID herramienta que también se aplicara en el proceso de esta [9].

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Analizar la relación oferta-demanda de agua en la subcuenca de Lebrija alto por medio de la modelación hidrológica en corto y mediano plazo, desde un escenario de cambio climático.

1.3.2 Objetivos Específicos

Determinar los parámetros meteorológicos de temperatura y precipitación de las estaciones hidrometeorológicas pertenecientes a la subcuenca Lebrija Alto.

Realizar el modelamiento hidrológico de la Subcuenca Lebrija Alto en la herramienta HydroBID definiendo un escenario base y un escenario crítico de cambio climático para analizar el comportamiento de la oferta hídrica de la Subcuenca en corto plazo 2030 y mediano plazo 2040.

Estimar la demanda actual y futura de la subcuenca de Lebrija alta para el año 2030 y 2040.

Determinar el índice de escasez para la subcuenca de Lebrija Alto con base a la modelación hidrológica.

1.4 Justificación

El cambio climático es el mal de nuestro tiempo y sus consecuencias pueden ser devastadoras, una de ellas es que la temperatura media mundial ha aumentado 1,1 °C desde la época preindustrial, causando impactos económicos y sociales que serán cada vez más graves, trayendo consigo daños en las cosechas, en la producción alimentaria, las sequías, los riesgos en la salud y los fenómenos meteorológicos extremos [11]. Todos estos efectos negativos se evidencian en la población del municipio de Lebrija Santander, debido a que su principal fuente de agua presenta constantes sequías, Es por esta razón que se ha decidido analizar la oferta y la demanda hídrica de la subcuenca de Lebrija alto por medio de la modelación hidrológica, desde escenarios de cambio climático con el fin dar una herramienta con la cual puedan planificar y hacer un uso eficiente del recurso hídrico, y así evitar que la sequía tenga mayor impacto en la población. A continuación, se encontraron los argumentos a cerca de por qué es conveniente realizar esta investigación.

En primero lugar, el análisis propuesto en esta investigación es de gran importancia en el marco de la generación de conocimiento e información, acerca de los efectos potenciales que se derivan del cambio climático en Colombia, ya que por medio de la modelación se podrá gestionar mejor los recursos hídricos, puesto que se calculará el agua que se puede aprovechar en una determinada cuenca y proyecta el agua disponible en el futuro, siendo un aporte básico para establecer las bases que permitan incorporar el riesgo climático en la planificación del desarrollo

sectorial y territorial, y que son elementos fundamentales en el planteamiento de las medidas de adaptación y mitigación establecidas en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

De esta forma, la generación de información acerca de los posibles impactos generados sobre el recurso hídrico en el país, se convierte en un insumo indispensable para las autoridades nacionales y regionales en el manejo integral del recurso hídrico, articulándose en temas como la seguridad hídrica e igualmente para los objetivos de desarrollo sostenible, específicamente el objetivo 6 “Agua limpia y Saneamiento”, el cual busca el acceso a métodos de abastecimiento de agua adecuados, ya que impacta de manera directa el bienestar y salud de todos los colombianos. Los esfuerzos en este frente buscan llevar al país a la cobertura total en 2030, actualmente está en 92,9% [11].

En segundo lugar, Según el Foro Nacional Ambiental una adecuada planificación y manejo del agua contribuye para garantizar su sostenibilidad, conservación, fomentar la generación y el acceso de información para dar solución a los problemas relacionados con el agua, brindar asistencia e implementar herramientas y recursos que faciliten la toma de decisiones. Es por esto que uno de los principios fundamentales de la política nacional para la gestión integrada del recurso hídrico es reducir los riesgos asociados a la oferta y disponibilidad del agua tanto actualmente como a futuro para suplir las necesidades básicas de la población [12].

En conclusión, el análisis de la oferta y la demanda de la subcuenca de Lebrija alto por medio de la modelación hidrológica con escenarios de cambio climático, permiten evaluar si el recurso hídrico es suficiente o deficitario y de esta manera se encuentran nuevos aportes para los soportes de planificación, desarrollo y uso racional y eficiente del agua.

2. Marco Referencial

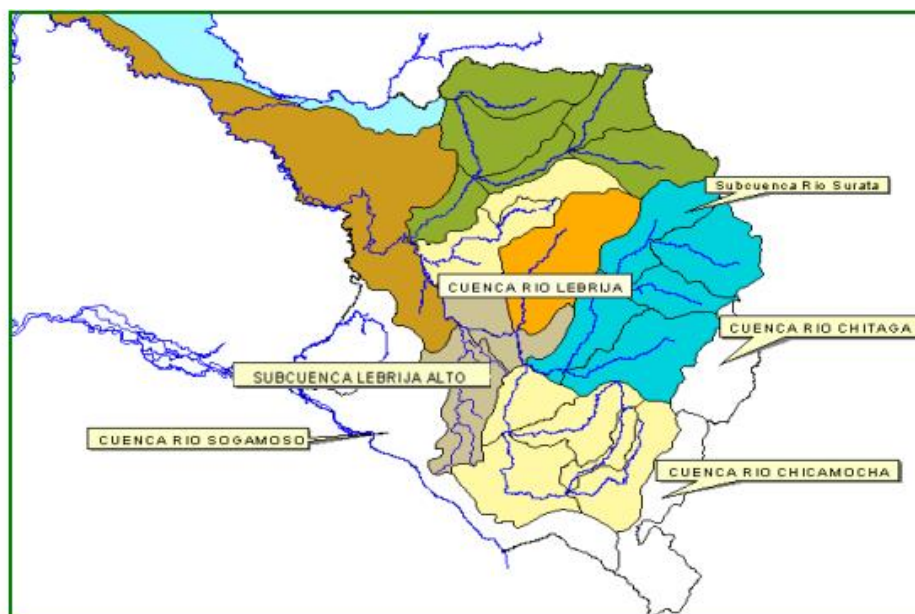
2.1 Descripción General de la Cuenca

A continuación, se encuentra la descripción general de la Subcuenca el cual es un punto base para el análisis de esta investigación ya que consta de la localización geográfica, climatología, recurso hídrico, oferta natural del recurso hídrico en la Subcuenca, demanda de agua y finalmente demanda total por microcuencas.

2.1.1 Localización Geográfica

La subcuenca Lebrija Alto forma parte de la Cuenca superior del Río Lebrija, la cual se encuentra localizada en el sector noroccidente y centro norte del área de Jurisdicción como se puede observar en la *Figura 1*. Posee una extensión total de 372.759 hectáreas y representa el 76.64% del área de jurisdicción de la CDMB [13].

Figura 1. Cuenca Superior del Río Lebrija.



Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

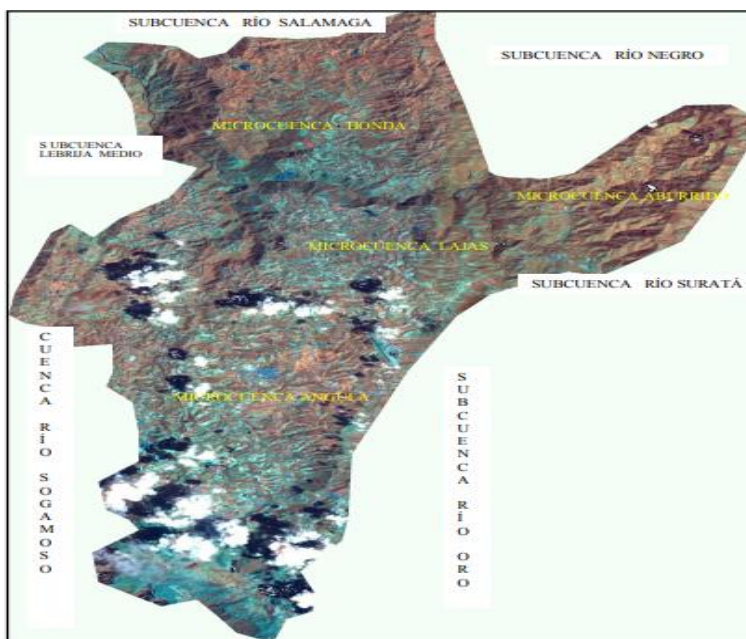
La cuenca está conformada por ocho subcuencas: Cachira del Espíritu Santo, Lebrija Medio, Cachira del Sur, Salamaga, Río Negro, Suratá, Río de Oro y Lebrija alto. Las subcuencas cuentan con 25 microcuencas, correspondiendo a la subcuenca Lebrija alto las Microcuencas de Angula – Lajas, La Honda y El aburrido.

La subcuenca Lebrija alto se localiza en la parte suroccidente de la Cuenca superior del Río Lebrija y limita:

Al sur con la Cuenca del Río Sogamoso por la divisoria de aguas de filo de la Mesa, área en la cual se origina el nacimiento de la quebrada la Angula en el municipio de Girón. Al Occidente con la Cuenca del Río Sogamoso, por la divisoria de aguas de la Microcuenca Angula en las áreas de nacimiento de las quebradas Aguabuena y Colorado y la Subcuenca Río Lebrija Medio sobre la divisoria de aguas del nacimiento de la Quebrada La Tigra.

Al Nor-Occidente limita con el Río Lebrija y el Corregimiento el Conchal del municipio de Lebrija. Al Norte con la Subcuenca del Río Salamaga por la divisoria de aguas de los nacimientos de las quebradas la Popa y la Honda en el municipio de Rionegro. Al Nor-Oriente limita con la Subcuenca del Río Negro por la divisoria de aguas en la cuchilla de Río Negro y por la divisoria Cuchilla El Aburrido origen del Nacimiento de la Quebrada El Aburrido. Al Nor Oriente con la Subcuenca del Río Suratá por la divisoria de la Cuchilla Hagueyes.

Al Oriente con la Subcuenca Río de Oro por la divisoria de aguas de la cuchilla Hagueyes y con el Río de Oro y la parte alta del nacimiento de la quebrada Puentana dentro del municipio de Lebrija [13].

Figura 2. *Limites Subcuenca Lebrija Alto*

Adaptado de Landsat, 2001, SIG [2].

2.1.2 Climatología

En aspectos climáticos, la cuenca tiene una precipitación media anual que varía entre 500 y 1600 mm al año, con un ciclo anual de tendencia bimodal, con dos periodos lluviosos (Marzo – Mayo y Septiembre – Noviembre) y dos secos (Dic.- febrero y junio – agosto). El rango de variación de la temperatura instantánea se estima entre valores muy cercanos a cero y 35° C. la humedad relativa media multianual asciende a 81%. El brillo solar anual varía entre 1.472 y 1.913 horas.

La evaporación media multianual varía entre 700 y 1.500 mm/año. En la cuenca las formaciones vegetales comprenden el Páramo, Subpáramo, Bosque alto Andino, bosque Subandino, bosque Andino, Bosque inferior y vegetación xerofítica, las cuales se localizan desde la parte alta de páramo en los Municipios de Tona, California, Suratá, Vetás, hasta las zonas más bajas de vegetación xerofítica en los Municipios de Piedecuesta, Girón, Bucaramanga [13].

2.1.3 Recurso Hídrico

La Subcuenca Lebrija Alto está conformada por las Microcuencas Angula - Lajas, La Honda y El Aburrado. La Microcuenca La Angula – Lajas es el eje central de la subcuenca, está dividida en cinco Unidades de rendimiento Hídrico o Áreas de Drenaje: Angula Baja, Angula Media, Angula Alta y Puente Nave y Lajas con un total de 21659 hectáreas como se puede observar en la *Tabla 1* [13].

Tabla 1. Características de las URH o Áreas de drenajes Angula-Lajas

Áreas de Drenaje URH	Área (Km ²)	Perimetro Cuenca (Km)	Longitud (Km)	Un	Hm (m)	Tc (horas)
Las Lajas	28.02	35.00	17.31	186	820.30	3.10
Angula Baja	70.56	49.33	12.06	374	940.27	1.54
Angula Media	58.37	35.96	13.50	302	1080.31	2.60
Angula Alta	36.84	38.11	17.52	166	1240.43	2.66
Puente Nave	22.80	10.17	10.17	143	1178.75	1.43
Total	216.59	-	-	-	-	-

Nota. Las variables presentadas son Área (Km), Perimetro, Longitud, Numero de corrientes, Altura Media, Tiempo de Concentración. Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

El análisis hidrográfico de la Quebrada La Angula se dividen en cuatro áreas de drenaje o unidades de rendimiento hídrico: Angula Alta, Media, Baja y Puente Nave de forma alargada y Las Lajas de forma irregular. La Microcuenca Angula Alta tiene un F_F bajo, por lo que se podría decir que presenta una baja susceptibilidad a las inundaciones, no obstante, su erosión severa y su régimen de precipitaciones pueden causar inundaciones.

En las Microcuencas Las Lajas y Angula Baja con pendiente media mayor del 40% dominan los procesos de erosión regidos por el relieve, presentando fenómenos tales como erosión laminar difusa de intensa a muy intensa, con desprendimientos de bloques y cantos.

La Microcuenca más susceptible a inundaciones (por su alto F_F) es la Angula Baja, pues existe la posibilidad de que la microcuenca reciba una precipitación intensa simultáneamente sobre toda su superficie, sin embargo, tiene menos posibilidad de desbordamiento por la forma en "V" del cañón. Debido a que una densidad de drenaje mayor a 2.5 aumenta, se considera que toda La Subcuenca Quebrada La Angula presenta problemas de torrencialidad [13].

2.1.4 Oferta Natural del Recurso Hídrico en la Subcuenca Lebrija Alto

La cuantificación de la oferta hídrica neta para las microcuencas en el año 2015 fue calculada por la CDMB por cada una unidad rendimiento hídrico o área de drenaje, es la reducción de la oferta calculada, por factores de calidad del agua y el caudal mínimo ecológico. La oferta hídrica neta para cada unidad rendimiento hídrico (UHR) Microcuenca se obtuvo al descontar el 50% a la oferta hídrica calculada, como se presenta en los resultados de la *Tabla 2* [13].

Tabla 2. Oferta hídrica por microcuencas

MICROCUENCA O URH		ÁREA Ha	Rendimiento Lts/Sg	Oferta Total m ³ /año	Oferta Neta m ³ /año (50% OT)
Angula-Lajas	Puentana	2.280	250	7.884.000	3.942.000
	Alta	3.681	286	9.042.802	4.521.401
	Media	5.837	350	11.037.600	5.518.800
	Baja	7.065	635	20.025.360	10.012.680
	Las Lajas	2.802	168	5.298.048	2.649.024
Subtotal Oferta La Angula		21.665	1.689	53.287.810	26.643.905
Microcuenca La Honda		7.608	905.35	28.551.180	14.275.590
Microcuenca El Aburrido		3.210	1.400	44.150.400	22.075.200
Total Oferta Lebrija Alto		32.483	3.994.35	125.989.390	62.994.695

Adoptado de Equipo CER-UIS, (2003) [13].

La oferta neta de agua en la Subcuenca Lebrija Alto corresponde a 62.9 millones de metros cúbicos por año.

2.1.4.1 Disponibilidad de Agua en la Microcuenca Angula-Lajas. Según los estudios realizados para los ordenamientos de las microcuencas: Angula – Lajas, La Honda y el Aburrido a partir de los datos climáticos (como la precipitación, humedad) se calcularon los valores medios de caudales y escorrentía, se obtuvo una aproximación estimada de la disponibilidad de este recurso en las microcuencas o unidades de rendimiento hídrico *Tabla 3*, basados en los datos promedios multianuales, información existente contenida en los estudios realizados por la CDMB. La categorización de disponibilidad de agua muestra valores de condición muy baja para la Microcuenca Angula, Lajas y La Honda solo garantiza niveles de subsistencia, la microcuenca el Aburrido presenta una condición de Aceptable - Medio.

Tabla 3. *Disponibilidad de agua La Angula-Lajas*

Unidad de Rendimiento Hídrico	Precipitación M. Anual mm-t ^o c		Altura Media MSNM	EVT mm Real Potencial		Escor rentia Medi a Lt/sg.	Área Ha	Caudal Unitari o Lt/sg/h a	Categorías
Puentana	1130	21.4	1245	782	1281	256	2.280	0.11	Baja
Alta	1197	21.2	1275	824	1249	245	3.681	0.07	Muy Baja
Media	1444	22.4	1000	1003	1320	346	5.837	0.06	Muy Baja
Baja	1740	23.5	884	1136	1385	618	7.065	0.09	Muy Baja
Las Lajas	1483	24.0	806	933	1414	162	2.802	0.06	Muy Baja

Nota. Zonificación de unidades económicas del paisaje para el manejo sustentable de la subcuenca quebrada La Angula. Monografía UIS-CDMB [13].

2.1.4.2 Disponibilidad de Agua en la Microcuenca El Aburrido. La microcuenca de la quebrada El Aburrido, con un área de 32.10 Km², presenta 6 URH con el fin de representar las

diferentes condiciones hidrológicas y las características físicas de la zona. En la *Tabla 4* se muestran los rendimientos hídricos, el rendimiento máximo se presenta en la URH 1, con un valor de 48.98 lps/Km², y el mínimo se presenta en la URH 3, con un valor de 29.7 lps/Km². El rendimiento promedio de la microcuenca es de 44.4 lps/Km², clasificado como medio de acuerdo con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) [2].

Tabla 4. *Rendimientos hídricos de la microcuenca de la quebrada El Aburrido*

URH	ÁREA Km ²	RENDIMIENTO HÍDRICO (lps/Km ²)	CLASIFICACIÓN IDEAM (lps/Km ²)
1	7.35	48.98	40-60 Alto
2	4.57	39.39	20-40 Medio
3	5.05	29.70	20-40 Medio
4	3.66	57.38	40-60 Alto
5	4.95	60.61	40-60 Alto
6	6.52	30.67	20-40 Medio

Adaptado de equipo CER-UIS (2003) [13].

2.1.4.3 Disponibilidad Agua en la Microcuenca La Honda. La microcuenca de la quebrada La Honda, con un área de 50.55 Km² (excluyendo las dos áreas aferentes), presenta 14 URH con el fin de representar las diferentes condiciones hidrológicas y las características físicas de la zona. El área media de dichas unidades es de 3.9 Km², con un área máxima de 5.08 Km² y una mínima de 1.87 Km². El rendimiento máximo se presenta en la URH 7, con un valor de 13.15 lps/Km², y el mínimo se presenta en la URH 1.b y 2, con un valor de 10.28 lps/Km², como se puede observar en la *Tabla 5*. El rendimiento promedio de la microcuenca es de 11.90 lps/Km², clasificado como bajo de acuerdo con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) [13].

Tabla 5. Rendimientos hídricos de la microcuenca de la quebrada La Honda

URH	ÁREA Km ²	RENDIMIENTO HÍDRICO (lps/Km ²)	CLASIFICACIÓN IDEAM (lps/Km ²)
1	4.18	10.28	10-20 Bajo
2	4.59	12.81	10-20 Bajo
3	2.87	13.24	10-20 Bajo
4	3.24	11.60	10-20 Bajo
5	4.04	12.28	10-20 Bajo
6	4.26	12.21	10-20 Bajo
7	3.65	13.15	10-20 Bajo
8	5.08	10.45	10-20 Bajo
9	4.07	12.29	10-20 Bajo
10	1.87	12.83	10-20 Bajo
11	4.61	10.54	10-20 Bajo
12	2.27	13.04	10-20 Bajo
13	1.87	13.05	10-20 Bajo
14	3.95	11.44	10-20 Bajo

Adaptado de Equipo CER-UIS (2003) [13].

2.1.5 Demanda de Agua e Índice de Escasez

2.1.5.1 Demanda Hídrica. En la metodología diseñada por el IDEAM para el cálculo de demanda hídrica, se consultó la información con respecto a los diferentes usos que demanda los usuarios de las microcuencas para satisfacer las necesidades culturales como las básicas, se aplicó la ecuación para calcular la demanda hídrica total *Figura 3*.

La demanda hídrica es el volumen de agua, expresada en metros cúbicos, utilizado por las actividades socioeconómicas en un espacio y tiempo determinado, y que corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales [13].

Figura 3. *Ecuación demanda hídrica total*

$$DT = DUD + DUA + DUAV + DUP + DUI$$

Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

Dónde:

DT = Demanda total de agua

DUD = Demanda de agua por uso doméstico

DUA = Demanda de agua por uso agrícola

DUAV = Demanda de agua por uso avícola

DUP = Demanda de agua por uso pecuario

DUI = Demanda de agua por uso industrial

El cálculo de la demanda por consumo doméstico se realizó, multiplicando una dotación de 180 Lt/hab-día³ por la población de cada área mínima de rendimiento hídrico [13].

La principal fuente de agua para la agricultura es la precipitación. Cuando la precipitación es menor al uso consuntivo de un cultivo, se hace necesaria la utilización de sistemas de riego; luego existirá una demanda por uso agrícola en la zona. Una vez construida una tabla de valores de variables asociadas, se estima la demanda de agua a partir de la expresión *Figura 4*:

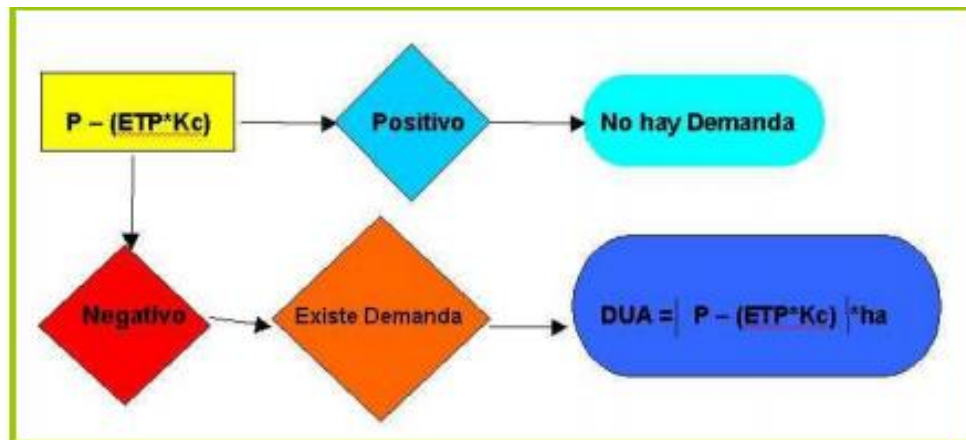
Figura 4. *Ecuación demanda de agua sector agrícola*

$$DUA = [P - (ETP * kc)] * Ha = mm/Ha * 10 = m^3/año$$

Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

La demanda hídrica por uso agrícola se elaboró de acuerdo con la metodología del IDEAM, simulando que la evapotranspiración es mayor a la precipitación *Figura 5*, suponiendo que es necesaria la utilización de sistemas de riego para satisfacer las necesidades del cultivo [13].

Figura 5. *Demanda hídrica para uso avícola*



Adaptado de IDEAM (2014) [2].

La demanda para uso Avícola se calculó considerando una dotación de 3 L/día, para pollos de engorde, 1.8 L/día para ponedoras. El volumen de agua requerido para el uso pecuario se calculó de acuerdo con la cantidad de ganado, multiplicado por la dotación de 46 litros/día por animal. Para los porcinos la dotación se estimó en 3.22 Lts/día/animal [13].

2.1.6 Demanda Total por Microcuencas

La demanda total se origina con la sumatoria de todos los consumos obtenidos como se presenta en la *Tabla 6*:

Tabla 6. *Demanda total por microcuencas*

MC	URH	DUD (m3/AÑO)		DUA (m3/año)		DUP (m3/año)			Total (m3/año)
		Urbano	Rural	Permanentes	Transitorios	Avícola	Bovinos	Porcinos	
Angula-Lajas	Puentana	-	63.072	7.121.9	348.252.4	277.712	3.358	-	699.516.3
	Alta	-	58.604	20.047.5	1.422.393.1	167.381	10.074	970	1.659.422.6
	Media	767.666	244.338	1663232	4.419.772	2.123.811	30.222	4.375	9.162.416.6
	Baja	-	236.191	1.750.938	9.010.190	1.179.984	33.580	-	12.210.883
	Las Lajas	-	109.324	18.094.4	2.704.463	19.029	11.753	1.212	2.863.874.4
	Subtotal	767.666	711.529	3.459.433.8	17.905.070	3.767.917	88.978	6.557	26.616.162.1
	La Honda	-	164.250	-	-	61.641	30.090	-	255.981
	El Aburrido	-	145.781	-	-	105.120	22.009	1.173	274.083
Total		767.666	1.021.560	3.459.433.8	17.905.070	3.934.678	141.086	7.730	27.146.226.1

Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

Una vez calculadas las demandas de agua, la demanda total de agua es la resultante de aplicar la fórmula:

$DT = DUD + DUI + DUS + DUA + DUP$, dando como resultado un total de 27.1 millones de metros cúbicos de agua al año [13].

2.2 Índice de Escasez

El índice de escasez se define como la relación porcentual entre la demanda de agua del conjunto de actividades sociales y económicas con la oferta hídrica disponible, luego de aplicar factores de reducción por calidad del agua y caudal ecológico. Este Índice constituye la principal herramienta para evaluar si el recurso hídrico de un país, área hidrográfica, región, municipio o cabecera es suficiente o deficitario y aún más importante, además, es agregar el ingrediente de calidad de agua al concepto de disponibilidad. De esta manera se encuentran nuevos soportes de planificación, desarrollo y uso racional y eficiente del agua [13].

2.2.1 Cálculo del Índice de Escasez para la Subcuenca

Teniendo en cuenta los valores de la oferta y demanda de agua, se presenta en la *Tabla 7* el índice por unidades de rendimiento hídrico con la respectiva categoría de la Microcuenca La Angula y los resultados de las Microcuencas La Honda y El Aburrido.

Tabla 7. Índice de escasez para la Subcuenca Lebrija Alto

Microcuenca	URH	Oferta Total (m3/año)	Oferta Neta (m3/año)	Demanda Total (m3/año)	Índice de Escasez	Categoría
Angula-Lajas	Puentana	7.874.000	3.942.000	699.516.3	19%	Demanda Baja
	Alta	9.042.802	4.521.401	1.679.469.9	37%	Demanda Apreciable
	Media	11.037.600	5.518.800	9.162.416.6	166%	Demanda Alta
	Baja	20.025.360	10.012.680	12.210.883	121%	Demanda Alta
	Las Lajas	5.298.048	2.649.024	286.387.3	108%	Demanda Alta
	Subtotal	53.277.810	26.643.905	26.616.162.1	99%	Demanda Alta
	La Honda	28.551.180	14.275.590	255.981	1.7%	Demanda Muy Baja
	El Aburrido	44.150.400	22.075.200	274.083	1.24%	Demanda Muy Baja
	Total	125.989.390	62.994.695	27.146.226	43%	Demanda Apreciable

Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

2.3 Aspectos Socioeconómicos

La región natural de la subcuenca Lebrija Alto, esta administrativamente compartida por cuatro importantes municipios del departamento como son Girón, Lebrija (Microcuenca Angula-Lajas), Bucaramanga (Microcuenca Aburrido), y el municipio de Rionegro (microcuenca la Honda). Su división política está compuesta por 60 veredas, un casco urbano localizado en el municipio de Lebrija, dos corregimientos, Llano de Las Palmas en el Municipio de Rionegro y el corregimiento de Bocas en el municipio de Girón.

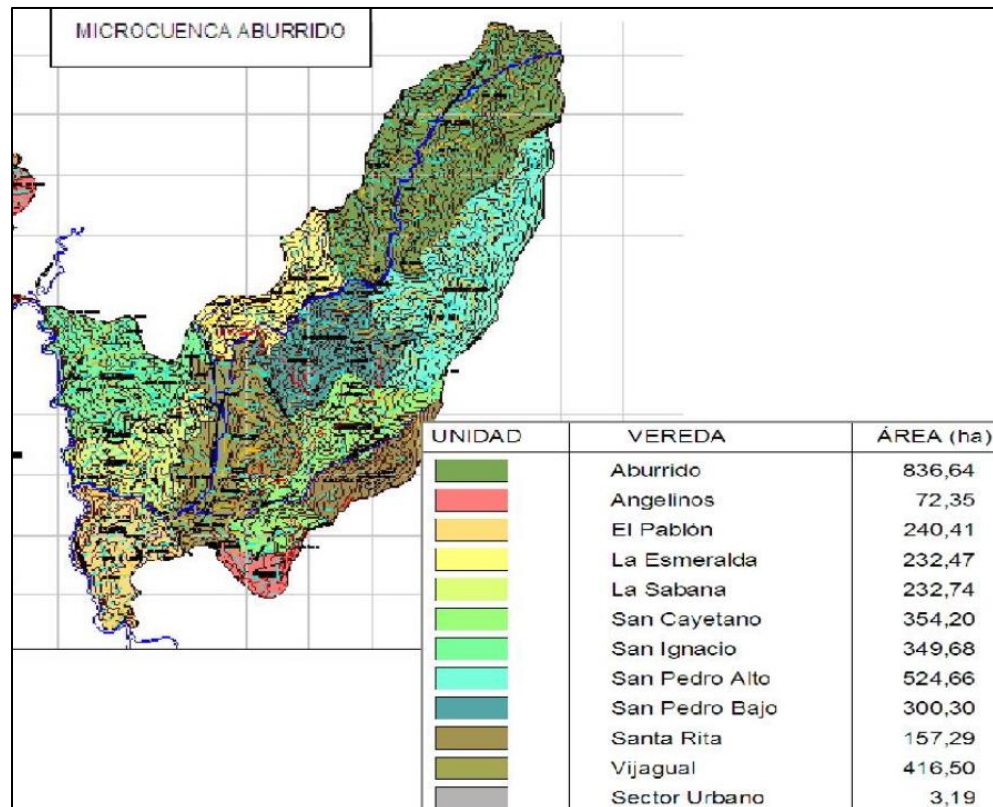
Figura 6. Mapa Veredal Microcuenca Angula-Lajas



Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

En la *Figura 7* se puede observar la distribución de las Veredas presentes en la Microcuenca el Aburrido hay 11 veredas: El Aburrido, Angelinos, El Pablón, La Esmeralda, La Sabana, San Cayetano, San Ignacio, San Pedro Alto y Bajo, Santa Rita y Vijagual.

Figura 7. Veredas microcuenca El Aburrido



Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

En la *Figura 8* se puede observar la distribución de las Veredas presentes en la Microcuenca La Honda, la cual cuenta con 16 veredas entre las cuales están: Alto de Paja, Campo Amor, Carpinteros, Las Cruces, Diamante, La Honda, Llano de Las Palmas [13].

Figura 8. Veredas microcuenca La Honda

Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

La población total de la subcuenca Lebrija Alto, es aproximadamente de 21300 habitantes, distribuidos 16.957 en la Microcuenca Angula - Lajas, 2.474 en La Microcuenca La Honda y 1.869 en la Microcuenca El Aburrído.

Las actividades económicas del área rural se centran en el desarrollo agropecuario, predominando La producción agrícola que representa 11.958 has (área sembrada 1.999), con productos como la piña, cítricos, cacao, maracuyá, habichuela entre los cuales los más representativos son la piña y los cítricos con el 93% del área total en agricultura [13].

La producción pecuaria tiene en la avicultura y la ganadería los dos sistemas productivos más importantes en este sector de la subcuenca Lebrija Alto, con predominancia de la avicultura en la Microcuenca Angula, actividad que representa el 30% de la actividad avícola en Santander,

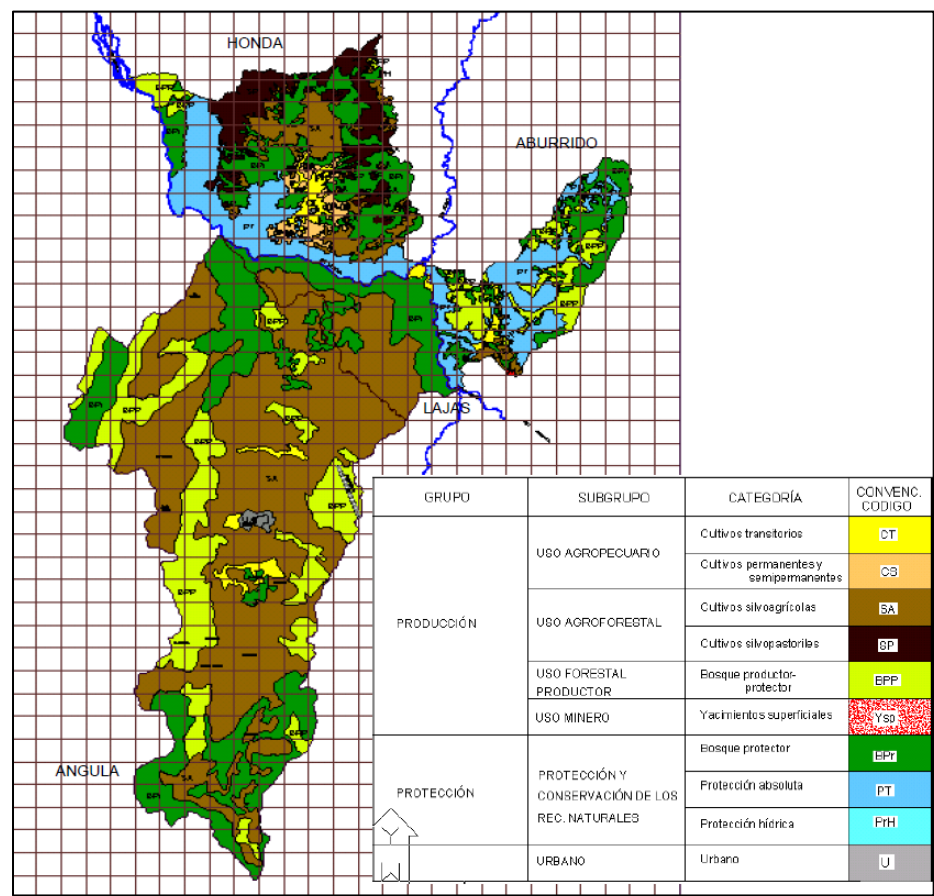
con un área construida en galpones de 476.000 m² al año 1.999. Según Fenavi esta actividad produce 5 millones de huevos diarios, 4.5 millones de pollos al mes y mantiene de 6.5 a 7 millones de ponedoras, utilizando para su sostenimiento 40.000 toneladas de materia prima para alimento, de la cual el 50% es maíz [13].

En servicios públicos en el área rural de la Subcuenca existen 31 acueductos veredales los cuales se distribuyen 7 en la Microcuenca El Aburrido, 9 en la Microcuenca La Honda y 15 en la Angula Lajas, contando con un acueducto que tiene planta de tratamiento. En servicio de alcantarillado, existen redes en la vereda Llano de Las Palmas (Microcuenca La Honda), en Bocas (Microcuenca La Angula Lajas) y las aguas son vertidas a la Quebrada La Honda y al Río Lebrija. La disposición final de aguas servidas se hace individualmente sin que exista un sistema de conducción ni tratamiento para la mayoría de las viviendas de la Subcuenca [13].

2.4 Uso Potencial Mayor de las Tierras

Representa las potencialidades físicas y bióticas, es decir la oferta ambiental del territorio. Es el escenario ideal de uso para un territorio sin agotar los recursos naturales y la sostenibilidad ambiental [13]. Ver *Figura 9* mapa de la distribución del uso potencial mayor de las tierras en la Subcuenca Lebrija Alto.

Figura 9. Distribución del uso potencial mayor del suelo subcuenca Lebrija Alto



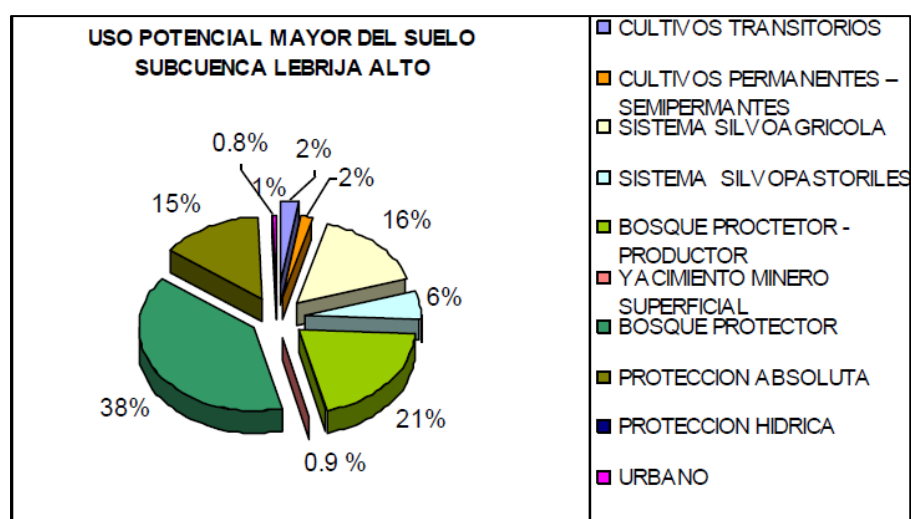
Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

Los suelos de mayor potencialidad corresponden a la aptitud forestal en el territorio. En la Subcuenca Lebrija Alto, por sus características topográficas, ecológicas y capacidad de uso del suelo, predominan como potencialidad los siguientes usos potenciales: Protección y conservación de los recursos naturales: Bosque protector 9807.35 ha, Protección Absoluta 1875.28 ha, en suelos Producción como potenciales: Bosque Protector – Productor 5192.89 ha, Agroforestal 4218.30 ha como se observa en la *Tabla 8* y *Figura 10* [13].

Tabla 8. *Uso potencial mayor de las tierras*

Grupo	Subgrupo	Categoría	Conven. Código	Área			Total, Subcuenca
				Honda	Aburrido	Angula- Lajas	
Producción	Uso Agropecuario	Cultivos Transitorios	CT	234.13	79.87	300.41	614.41
		Cultivos Permanentes-Semipermanentes	CS	405.10			405.1
	Uso Agroforestal	Sistema Silvoagícola	SA	1207.32	124.29	2676.2	4007.81
		Sistema Silvopastoriles	SP	1417.81			1417.81
	Uso Forestal	Bosque Protector-Productor	BPP	254.91	941.42	3996.56	5192.89
	Uso Minero	Yacimientos Superficiales	Ysp		11.73		11.73
Protección	Protección y conservación de los recursos naturales	Bosque Protector	Brp	2202.84	753.89	6850.62	9807.35
		Protección Absoluta	PT	1875.28	1802.13		3677.41
	Protección Hídrica	Protección Hídrica	PrH	3.46			3.46
	Urbano	Urbano		7.09	3.19	95.91	106.19

Adaptado de Estudios POA, Análisis de conflictos de uso Microcuencas Angula-Lajas, Honda y Aburrido [13].

Figura 10. *Uso potencial mayor de las tierras*

Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebríja Alto CDMB [13].

2.5 Gestión del Recurso Hídrico

La gestión integrada del recurso hídrico (GIRH) es un concepto mundial que tiene como objetivo impulsar una adecuada planificación y manejo del agua para garantizar su sostenibilidad y conservación además de fomentar el acceso y la generación de información para dar solución a los problemas relacionados con el agua; así mismo busca brindar asistencia e implementar herramientas y recursos que faciliten la toma de decisiones y el desarrollo de políticas públicas que soporten el manejo adecuado del mismo apoyándose en los elementos económicos y sociales de las regiones. En este orden de ideas, en Colombia se establece la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, en el año 2010, que establece los objetivos, metas, estrategias y principales líneas de acción para llevar a cabo este manejo integral, sentando un precedente en la legislación ambiental del país y relacionándose de forma estrecha con el Plan Hídrico Nacional para así asegurar su implementación por medio de programas, proyectos y actividades [13].

2.6 Estado del Recurso

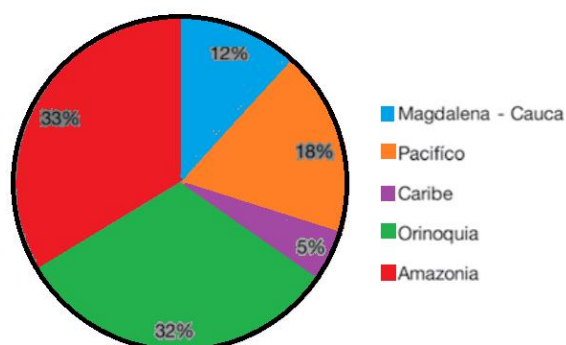
2.6.1 *El Balance Hídrico en Colombia*

Por su localización geográfica, su orografía y una gran variedad de regímenes climáticos, Colombia se ubica entre los países con mayor riqueza en recursos hídricos en el mundo. Sin embargo, cuando se considera en detalle que la población y las actividades socioeconómicas se ubican en regiones con baja oferta hídrica, que existen necesidades hídricas insatisfechas de los ecosistemas y que cada vez es mayor el número de impactos de origen antrópico sobre el agua, se concluye que la disponibilidad del recurso es cada vez menor. Según estimaciones del IDEAM, en

promedio en Colombia la precipitación media anual es de 3000 mm con una evapotranspiración real de 1180 mm y una esorrentía medial anual de 1830 mm [13].

Teniendo en cuenta lo anterior, del volumen de precipitación anual, 61% se convierte en esorrentía superficial generando un caudal medio de 67000 m³/seg, equivalente a un volumen anual de 2084 km³ que escurren por las cinco grandes regiones hidrológicas que caracterizan el territorio nacional continental, de la siguiente forma: 12% en la región Magdalena – Cauca, 5% en la región del Caribe; 18% para la región del Pacífico; 33% en la región de la Amazonia y 32% en la región de la Orinoquia *Figura 11* [13].

Figura 11. Volumen de agua en áreas hidrográficas representativas, km³



Adaptado de *Informe anual sobre el estado del Medio Ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia*, IDEAM.

2.6.2 Oferta y Disponibilidad de Agua

Aguas Superficiales: Estimaciones realizadas por el IDEAM en sus diferentes estudios, anotan que la esorrentía superficial per cápita total del país es de 57000 metros cúbicos al año, en cuanto a la oferta neta en la cual se incorporan reducciones tanto por alteración de la calidad como por regulación natural, se alcanzan apenas los 1260 km³ que corresponden a una disponibilidad de 34000 metros cúbicos por persona al año. En las condiciones de año seco consideradas, esta disponibilidad se reduce a 26700 metros cúbicos por persona al año [2].

La abundancia hídrica colombiana puede ser cuantificada mediante valores de escorrentía y rendimientos *Tabla 9* y se manifiesta mediante una densa red fluvial superficial (con una oferta de 2084 km³ de escorrentía anual que equivale a un caudal de 67000 m³/s) que, dependiendo de determinadas condiciones, es favorable para el almacenamiento de aguas subterráneas. Adicionalmente se han estimado 38 km³ almacenados en ciénagas, lagunas, lagos y embalses [2].

Tabla 9. *Valores de Escorrentía y Rendimiento Hídrico en Colombia por Regiones*

Hidrográficas

Región Hidrológica	Corriente	Escorrentía (mm)	Rendimiento (l/s*km ²)
Andina	Magdalena	854	27
	Páez	1.180	37
	Saldaña	1.170	37
	Bogotá	320	10
	La Miel	2.900	92
	Carare	1.480	47
	Sogamoso	890	28
	Lebrija	950	30
	Cauca	1.684	53
	La vieja	1.220	39
Andina	Palo	770	24
	Risaralda	1.170	37
	San Juan	1.100	35
	Tarazá	3.570	113
	Otún	1.160	37
	Nechi	1.830	58

Adaptado de Informe anual sobre el estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales

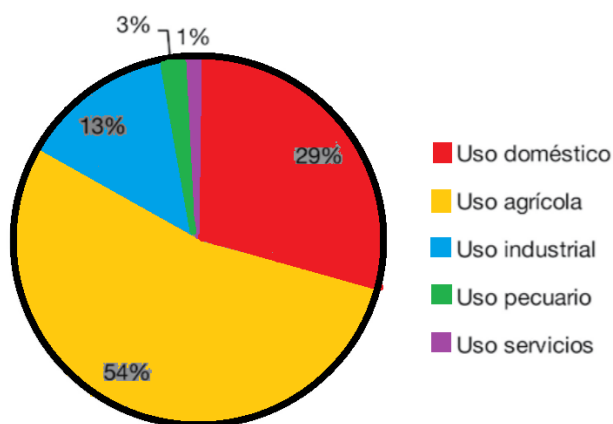
Renovables en Colombia IDEAM (2014) [2].

Es necesario destacar que la distribución heterogénea de la oferta de agua, de la población y de las actividades económicas en las diferentes regiones del país, hacen que la relación oferta - demanda sea menos favorable en aquellas zonas donde los rendimientos hídricos son menores y mayores las concentraciones de demanda. Esta situación unida a que más del 80% de los asentamientos urbanos de los municipios se abastecen de fuentes muy pequeñas, de baja capacidad de regulación como: arroyos, quebradas, riachuelos, etc., sin sistemas de almacenamiento, hacen que una buena parte de la población y su abastecimiento de agua sea altamente vulnerable.

2.6.3 La Demanda

En estimaciones realizadas por el IDEAM, la demanda para el desarrollo de las actividades socioeconómicas en Colombia se representa principalmente mediante los siguientes usos: agrícola, doméstico, industrial, pecuario y servicios, como se presenta en la *Figura 12*; el uso que presenta un mayor porcentaje es el agrícola con el 54%, con el 29% el doméstico y con el 13% el industrial, en menor escala el pecuario y el de servicios con porcentajes del 3%, y el 1% respectivamente.

Figura 12. Demanda de agua para las actividades socioeconómicas, %



Adaptado de Informe anual sobre el estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia IDEAM (2014) [2].

La demanda para uso agrícola (mayor usuario del recurso hídrico), que además de la precipitación requiere 4,05 Km³ para el riego de los cultivos [2], ésta se concentra principalmente en los departamentos de Tolima, Boyacá, Cauca, Cundinamarca, Huila, La Guajira, Nariño, Norte de Santander, Santander y Valle del Cauca. La mayor cantidad de captaciones en el país se realiza de acuíferos someros, relacionados con valles de los ríos principales y son usados para abastecimiento doméstico, como en el caso de los Llanos Orientales, Cesar y muchas poblaciones de la Costa Atlántica y a lo largo del valle del río Magdalena, donde se convierte en unas de las principales fuentes abastecedoras en las zonas rurales por su fácil captación.

2.6.4 Integración de la Variabilidad Climática Estacional y la Gestión del Recurso Hídrico

La planificación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) se ha realizado estratégicamente teniendo en cuenta el conflicto en el uso del recurso, estableciéndose un balance entre la capacidad ecológica de la oferta de bienes y servicios ambientales de los ecosistemas y de la demanda de estos, así como la compatibilidad de las actividades que se realizan en el entorno de los cuerpos de agua y la mitigación de los posibles efectos a largo plazo [14]. Por lo tanto, lo anterior indica que se requiere una profunda comprensión del valor especial del agua para la vida humana, y de la interacción de los seres humanos con la naturaleza y la importancia social de los recursos hídricos para el desarrollo económico regional [15]. Dentro de la GIRH, la unidad espacial de planificación hidrológica es la cuenca hidrográfica, la cual expone una característica homogénea en lo físico, ambiental y como recurso hídrico, y busca garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico en términos del uso, control y protección de los mismos [16], mediante el conocimiento de las interrelaciones entre los ecosistemas y los procesos hidrológicos de los cuales

depende la oferta hídrica para cuantificar la cantidad de agua disponible para los diferentes usos, incluida el agua requerida para el mantenimiento de los ecosistemas [16].

De manera general, la planificación de la GIRH, siendo un proceso dinámico interactivo y complejo, para la prevención de conflictos entre usuarios, entre jurisdicciones, entre intereses de las sucesivas generaciones, la prevención de situaciones de emergencia hídrica relacionada con excesos o faltantes de agua, protección y promoción del buen estado de las aguas, protección de las aguas superficiales y subterráneas, búsqueda del equilibrio entre el medio y el aprovechamiento de los recursos hídricos necesarios para el desarrollo sostenible y además la prevención de procesos de contaminación y degradación ambiental que pueden ser irreversibles [17][18].

2.7 Modelación Hidrológica

En primer lugar, hay que destacar que un modelo es una representación de la realidad de forma simplificada que puede ser físico o matemático y que sirve para apoyar la toma de decisiones en diversos contextos. Específicamente, en un modelo hidrológico se representa el sistema físico y real considerado como la cuenca de estudio, que es caracterizada por los componentes del ciclo hidrológico. Sus entradas y salidas dependen de la finalidad con la que se haga el modelo, pero en general sus resultados deben ser representativos y coherentes con las condiciones simuladas que dependen de la precipitación o de los caudales provenientes de la esorrentía superficial.

2.7.1 *Hydro-BID*

Hydro-BID es un sistema de modelación desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo como parte de su compromiso para ayudar a los países miembros, en la adaptación al cambio climático. Es un sistema integrado y cuantitativo que permite simular la hidrología y

apoyar gestión del recurso hídrico en la región de América Latina y El Caribe (ALC) bajo escenarios de cambio climático. Además, permite evaluar la cantidad y calidad del agua, las necesidades de infraestructura y el diseño de estrategias y proyectos de adaptación en respuesta a estos cambios. Este programa cuenta con módulos de análisis tanto hidrológicos como climáticos que permiten estimar la disponibilidad de agua, en términos de volumen y caudal, a escalas regionales y locales con unidades de análisis de cuencas y subcuencas. Adicionalmente cuenta con una interfaz mediante la cual los usuarios pueden determinar el área de estudio y el periodo de simulación además de una interfaz especial para datos climáticos que permite incorporar los datos de las variables climatológicas y una Base de Datos de Hidrología Analítica diseñada especialmente para ALC, que lo hace ideal para la aplicación en países como Colombia. Así mismo se han desarrollado proyectos piloto e investigaciones en países como Ecuador, Perú y Argentina que comprueban la aplicabilidad de la herramienta en la zona [19].

2.8 Método de Relleno de Datos

2.8.1 Promedio Aritmético

Aplicando la ecuación que se encuentra en la *Figura 13* se estiman los datos faltantes de precipitación y/o temperatura, como el promedio de las estaciones adyacentes. Para obtener resultados satisfactorios es necesario que la diferencia entre las mediciones anuales de las estaciones utilizadas en el promedio y la estación con los datos faltantes sea inferior al 10% [21].

Figura 13. Ecuación promedio aritmético

$$P_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} P_i$$

Adaptado de Banco Interamericano de Desarrollo [21].

Donde:

P_x = Precipitación y/o temperatura estimada para el día con dato ausente.

n = número de estaciones base.

P_i = precipitación y/o temperatura observada de las estaciones base para el día con el dato ausente.

2.8.2 Regresión y Correlación Lineal

Si se tiene las estaciones A y B, una con registro más extenso que la otra y con datos consistentes (estación A), se puede aplicar la regresión lineal *Figura 14* para extrapolar datos faltantes. Supone una relación lineal entre variables y por medio de una gráfica de dispersión establece el grado de relación mediante el coeficiente de correlación r .

Figura 14. Ecuación regresión y correlación lineal

$$Y = mx + b$$

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Adaptado de Banco Interamericano de Desarrollo [21].

Donde:

X = Medida de la estación base (con datos completos).

Y = Medida de la estación que se desea completar.

m y b = Constantes de regresión.

2.8.3 *Interpolación Lineal*

Este método permite rellenar los datos ausentes usando los mismos datos registrados en la propia estación. Los datos ausentes son estimados únicamente teniendo en cuenta los valores de dos registros o dos días con datos conocidos. El dato faltante se estima con la siguiente ecuación

Figura 15. Ecuación interpolación lineal

$$y = y_1 + (x - x_1) \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Adaptado de Banco Interamericano de Desarrollo [21].

2.8.4 *Calibración del Modelo*

Para llevar a cabo el proceso de calibración, Hydro-BID incluye una serie de parámetros que permiten ajustar la serie de datos observados, equivalentes a los caudales obtenidos de las estaciones limnimétricas asociadas, con las series resultantes de la simulación de forma que se garantice la confiabilidad del modelo; cabe resaltar que este proceso se realiza de forma manual por método de ensayo y error. Los parámetros de calibración se muestran en la *Tabla 10*. Para evaluar el desempeño de la simulación es necesario aplicar una serie de estadísticas que permitan determinar la correlación entre los datos observados y modelados, Hydro-BID aplica métricas bajo los supuestos de que tanto en la serie de datos generados como los históricos no hay ningún dato faltante en el periodo de análisis además de estar en una temporalidad diaria. A continuación, en la *Tabla 11* se muestran las ecuaciones correspondientes a las métricas calculadas por el software, en donde S_t representa los valores simulados, O_t representa los valores observados, N es el número de días de la simulación junto con σ_{obs} y σ_{sim} que corresponden a las desviaciones estándar de las series de tiempo observados y simulados respectivamente [20].

Tabla 10. *Parámetros de calibración de Hydro-BID*

Parámetro	Descripción	Valor sugerido
Numero de curva (NC)	Caracteriza el tipo de suelo de la cuenca y su hidrología; oscila entre 0 y 1, en donde un valor de 1 representa que toda el agua que llueve se convierte en escorrentía y 0 representa una completa infiltración.	-
Contenido de agua en el suelo (AWC)	Representa la cantidad de agua que puede ser almacenada en el suelo para ser usada por las plantas, afectando la infiltración hacia el agua subterránea. En la interfaz puede ingresarse como un multiplicador que altera el valor anidado en la AHD puede ingresarse de forma directa.	10 cm
Coeficiente de recesión (R)	Evidencia como el agua subterránea que se encuentra cerca de la superficie contribuye a los caudales de los ríos o corrientes superficiales después de un evento de lluvia. En la interfaz puede ingresarse como un multiplicador que altera el valor anidado en la AHD puede ingresarse de forma directa como resultado de una medición en campo.	0,01
Seepage o coeficiente de permeabilidad	Representa el intercambio entre las aguas subterráneas cerca de la superficie con los cuerpos de agua más profundos, en donde la cantidad de agua que se le atribuye a este parámetro se considera como una salida de la modelación. También puede ser ingresado como un multiplicador o en un valor directo.	0,005
Factor ET de la estación del cultivo	Caracteriza el favor de evapotranspiración de las plantas durante la etapa de cultivo. Se puede ingresar como multiplicador o como valor directo.	1

Parámetro	Descripción	Valor sugerido
Factor ET de la estación de latencia	Corresponde al factor de evapotranspiración en la etapa de latencia o en la etapa en la que no se encuentra cultivada la zona en la interfaz puede ingresarse como un multiplicador que altera el valor anidado en la AHD puede ingresarse de forma directa como resultado de una medición de campo.	1
Porcentaje de cobertura impermeable	Porcentaje estimado de la porción impermeable de la cuenca y está disponible en algunas de las versiones del programa.	2%

Adoptado de Estudio de caso de Hydro-BID No. 5 [20].

Tabla 11. Métricas de desempeño para la calibración de Hydro-BID

Métrica de desempeño	Formula	Valor optimo
Volumen general del error	$ove = \frac{\sum_{t=1}^N S_t - \sum_{t=1}^N O_t}{\sum_{t=1}^N O_t} * 100$	Mas cercano a 0
Correlación R	$r = \frac{N \sum_{t=1}^N O_t S_t - \sum_{t=1}^N O_t \sum_{t=1}^N S_t}{\sqrt{[N \sum_{t=1}^N S_t^2 - (\sum_{t=1}^N S_t)^2][N \sum_{t=1}^N O_t^2 - (\sum_{t=1}^N O_t)^2]}}$	Mas cercano a 1
Coeficiente de correlación modificado	$r_{mod} = r \frac{\min(S_{sim}, S_{obs})}{\max(S_{sim}, S_{obs})}$	Mas cercano a 1
Índice de eficiencia Nash-Sutcliffe	$r^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^N (S_t - O_t)^2}{\sum_{t=1}^N (O_t - \mu_o)^2}$	<0.2 es insuficiente 0.2 – 0.4 es satisfactorio 0.4 – 0.6 es bueno 0.6 – 0.8 es Muy bueno >0.8 es excelente

Adoptado de Estudio de caso de Hydro-BID No. 5 [20].

2.8.5 *Análisis Estadístico de Modelos*

En el desarrollo de toda modelación es necesario llevar a cabo un análisis estadístico que permita determinar el ajuste del modelo, además de su error y aplicabilidad en la zona de estudio, por lo que la aplicación de métricas o estimaciones matemáticas es indispensable.

Según Krause existen 3 razones principales para llevar a cabo la evaluación del desempeño de los modelos hidrológicos:

1. Para obtener un indicador cuantitativo de cómo el modelo reproduce el comportamiento de la cuenca.
2. Para obtener un promedio de mejora del modelo o de la metodología de modelación.
3. Para generar un mecanismo de comparación de resultados entre diferentes metodologías de modelación o entre varias clases de datos de entrada.

Las métricas se definen como un conjunto o sistema de parámetros que permiten cuantificar y evaluar que tanto se ajusta la simulación del modelo a las observaciones disponibles. Una de las categorizaciones principales para las métricas de evaluación se divide en parámetros estadísticos absolutos, parámetros estadísticos relativos y coeficientes adimensionales. En este orden de ideas, a continuación, se muestran las métricas aplicadas en esta investigación, en donde Q_i representa los datos observados, Q_i los datos simulados, Q el promedio de los datos observados y Q representa el promedio de los valores simulados:

Parámetros estadísticos absolutos:

- a) Error Absoluto Medio (MAE por sus siglas en inglés): esta métrica representa la relación general entre el conjunto de datos observados y simulados, en unidades reales y que no puede generar resultados negativos y en donde su resultado óptimo es 0 para un modelo totalmente ajustado [21].

b) Raíz Cuadrada del Error Cuadrático Medio (RSME por sus siglas en inglés): representa en unidades reales el nivel general de acuerdo entre los conjuntos de datos simulados y observados, con valores no negativos, que no posee un límite superior y que en modelos de ajuste perfecto obtiene un valor de 0, usado generalmente en estudios meteorológicos, de calidad del aire y de investigaciones climáticas ya que es óptima en la evaluación de datos pico [21].

Parámetros estadísticos relativos

c) Error absoluto relativo (RAE por sus siglas en inglés): esta métrica no posee un límite superior y tiene un valor óptimo de cero, por lo que entre más bajo sea su resultado mejor será el desempeño del modelo evaluado; en general compara los datos medidos en la posición n con el promedio de estos.

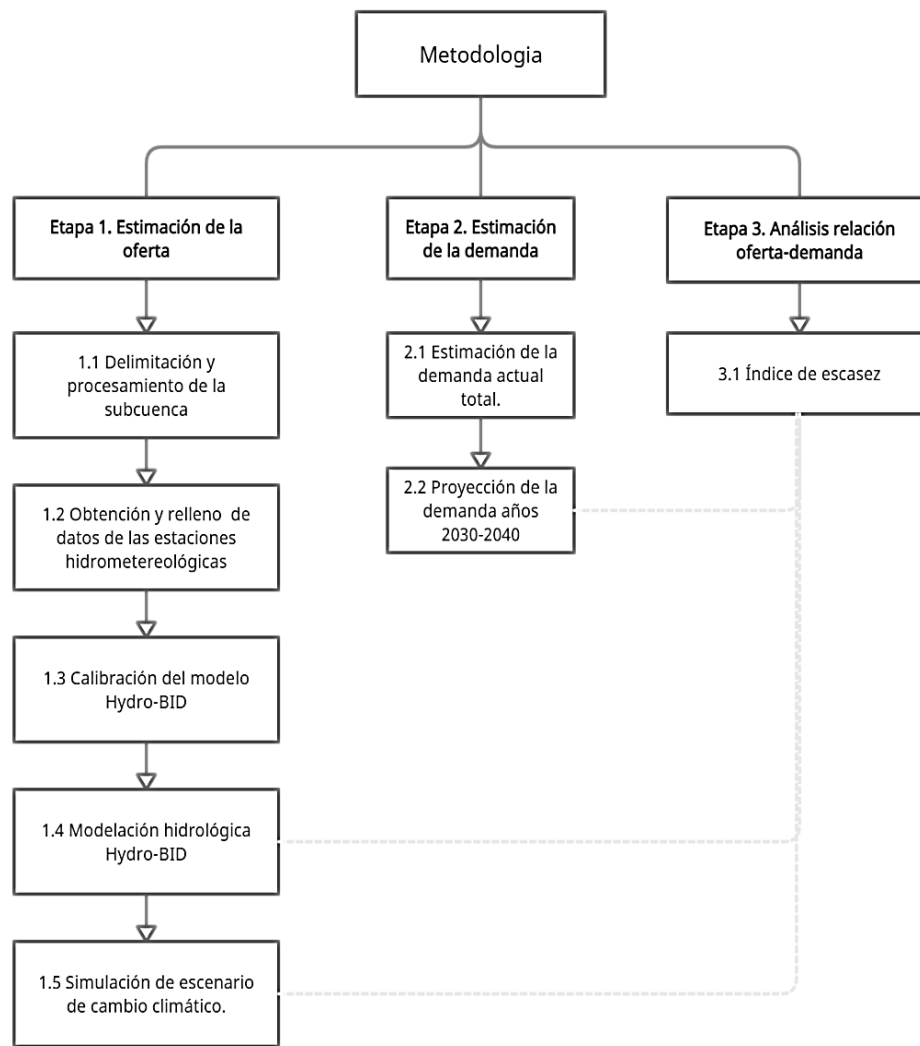
Coeficientes adimensionales:

d) Coeficiente de eficiencia (CE por sus siglas en inglés): describe la variación estadística total en el conjunto de datos observados respecto a los simulados, teniendo un rango entre 0 y 1, siendo este último una representación de un modelo ajustado, y aceptando valores negativos como resultado, en donde la ecuación se basa en una relación lineal, siendo un método estadístico básico [21].

3. Método

La presente investigación se divide en tres etapas principalmente, las cuales van conforme a los objetivos ya planteados, en primer lugar, se estimó la oferta hídrica de la subcuenca actual y futura, en segundo lugar, se obtuvo la demanda hídrica tanto actual como futura y en tercer lugar se realizó el análisis de la relación oferta-demanda por medio del índice de escasez, basada en el trabajo de investigación de Pimiento, M., Restrepo, L [8]. Cada una de las etapas se compone de diferentes fases las cuales se pueden observar en la *Figura 16* que se encuentra a continuación:

Figura 16. Diagrama metodología del proyecto



3.1 Estimación de la Oferta

3.1.1 Delimitación y Procesamiento de la Subcuenca

Para la primera fase que es la delimitación y procesamiento de la subcuenca se utilizó el Sistema de Información Geográfica de software libre QGIS con la implementación de la herramienta de datos AHD la cual pertenece al software Hydro-BID para editar y observar los datos, con el fin de cargar las capas de catchments y flowlines, una vez se encuentran estas capas en QGIS se hace un acercamiento a Colombia delimitando la subcuenca del río Lebrija Alto por medio de la herramienta AHD la cual nos indica las microcuencas y sus afluentes con el respectivo número identificador (COMID), la dirección del caudal, y los datos de la geometría de la subcuenca como lo es el área, el perímetro y la longitud del cauce principal. Seguidamente con ayuda de la herramienta polygon centroids se hallaron los centroides de las microcuencas, los cuales nos permiten distribuir los datos de precipitación y temperatura a lo largo de la subcuenca.

3.1.2 Obtención y Relleno de Datos de las Estaciones Hidrometeorológicas

La segunda fase consta de la obtención y los rellenos de datos de las estaciones hidrometeorológicas que contienen los totales de precipitación diaria y la media de las temperaturas diarias las cuales son la entrada principal del modelo Hydro-BID. Las estaciones hidrometeorológicas dentro y alrededor de la subcuenca Lebrija Alto se adquirieron por medio del software Qgis, una vez se identificaron las estaciones pertenecientes a ella, se procedió a descargar los datos de las estaciones de la página del instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM. En la *Tabla 12* se encuentran la información inicial de las estaciones necesarias para proceder al relleno de datos de temperatura y precipitación.

Tabla 12. *Datos estaciones de la subcuenca Lebrija Alto*

Datos	Fuente	Descripción	Número de estaciones	temporalidad
Precipitación acumulada diaria en cm	Estaciones hidrometereológicas locales	Datos obtenidos del IDEAM	17	01/01/1986 - 31/12/2016
Temperatura media diaria en °C	Estaciones hidrometereológicas locales	Datos obtenidos del IDEAM	3	

Luego de obtener los datos de las estaciones de temperatura y precipitación se procedió a realizar el relleno de datos ausentes de cada una de las estaciones. Para las estaciones de temperatura se usó el método de interpolación lineal, el cual nos permite rellenar los datos ausentes usando los mismos datos registrados de la propia estación, la *Figura 15* muestra la formula con sus respectivas variables de cálculo.

Figura 15. *Ecuación de interpolación lineal*

$$y = y_1 + (x - x_1) \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Adaptado de Banco Interamericano de Desarrollo [21].

Donde:

Y : es la temperatura estimada para el día.

x : fecha del dato a estimar.

$y_2 - y_1$: son los datos correspondientes de temperatura observados del día después y el día anterior respectivamente.

$x_2 - x_1$: son los datos correspondientes de la fecha del día después y del día anterior respectivamente.

Para el relleno de datos de la precipitación de las estaciones se utilizó el método de promedio aritmético simple en donde se estiman los datos faltantes como el promedio de las estaciones adyacentes. En la *Figura 17* se observa la ecuación utilizada para este cálculo.

Figura 17. Ecuación promedio aritmético simple

$$P_c = \frac{P_a + P_b + P_c}{3}$$

Adaptado de análisis de cuenca de Rio Gualí [9].

Donde:

P_c : es la precipitación estimada para el día i.

$P_a + P_b + P_c$: es la precipitación observada de las estaciones adyacentes en el día i.

3.1.3 Calibración del Modelo Hydro-BID

La calibración del modelo consistió en obtener un set de parámetros que permiten la representación de los caudales observados lo más exactamente posible, el proceso se realizó de forma manual por ensayo y error relacionando entre si los parámetros obtenidos para la subcuenca. En primer lugar, se seleccionó el punto donde se ejecutó la calibración que es el COMID 300688900 donde la estación del caudal está ubicada como se puede observar, por otro lado, se introdujo el periodo de tiempo que para este proceso fue el comprendido entre 01/01/1986 y 31/12/2016.

Los parámetros de calibración del modelo que se tuvieron en cuenta en la realización de este fueron número de curva, capacidad disponible de agua en el suelo, coeficiente de recesión, coeficiente de percolación, factor de evapotranspiración durante la estación de cultivo y durante la estación latente, el umbral de temperatura y por el ultimo el factor de fusión, ajustando un parámetro a la vez.

3.1.4 Modelación Hidrológica Hydro-BID

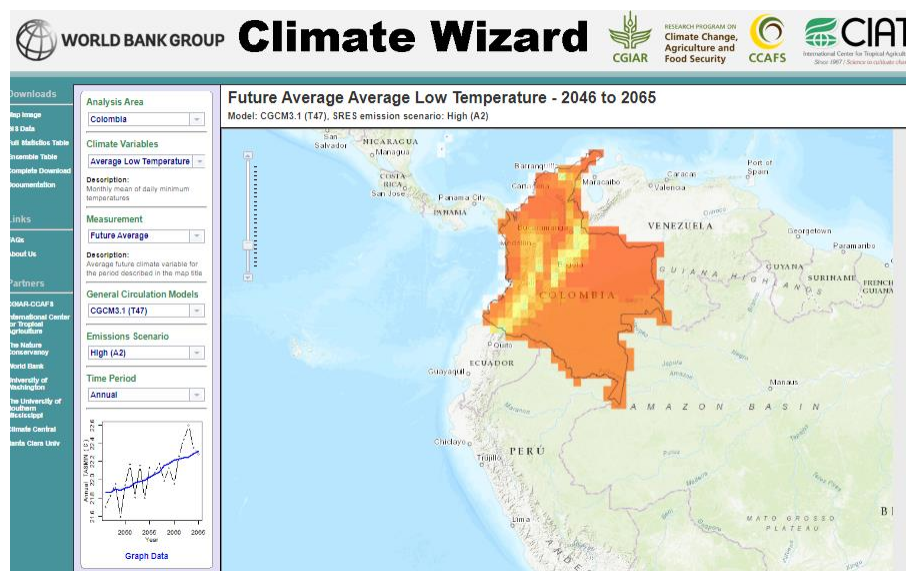
La modelación de la subcuenca en Hydro-BID se realizó implementando, por una parte, la herramienta de interpolación de datos climáticos (CDIT) la cual utiliza la técnica conocida como distancia inversa ponderada (IDW) para el periodo comprendido entre 01/01/1986 al 31/12/2016 para el identificador ComID aguas abajo el cual corresponde al valor de 300688900, por otra parte, los parámetros establecidos en la calibración del modelo para el mismo periodo de tiempo y el mismo identificador ComID. Como resultado de la modelación se obtiene una hoja de cálculo con el balance hídrico de la subcuenca, además de una curva de duración que evidencia el ajuste del modelo entre los datos observados y simulados.

3.1.5 Simulación de Escenario de Cambio Climático

Finalmente, para la simulación de un escenario de cambio climático, Hydro-BID incluye una herramienta para la implementación de simulaciones incluyendo variaciones de precipitación y temperatura, para este proceso se obtuvo la información de un escenario de cambio climático con ayuda de climate wizard plataforma dada por the natural conservancy donde se accede a información de modelos de circulación global como se puede visualizar en la *Figura 18*, específicamente para la región de Lebrija Santander. Con base al análisis de esta plataforma se procedió a la búsqueda de estudios que previamente evaluaron el cambio climático en Colombia para los años de la proyección establecida para esta investigación. Una vez se obtiene este valor se procede a correr el modelo en Hydro-BID con el escenario de cambio climático propuesto, dando como resultado la misma serie temporal que se encuentra en la simulación original, pero observando los cambios en el valor de los caudales observados con los que se construyó la curva

de duración de caudales los cuales contienen un posible cambio de comportamiento de la subcuenca debido al efecto del cambio climático.

Figura 18. *Plataforma climate wizard*



Adaptado de World Bank Group.

3.2 Estimación de la Demanda

3.2.1 Estimación de la Demanda Actual Total

En la segunda etapa de la metodología correspondiente a la estimación de la demanda hídrica, fue necesaria la información registrada en el Censo Nacional de Población y Vivienda realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para obtener la población actual de la cuenca, adicionalmente se utilizó la información registrada en el POMCA, y la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), con el fin de obtener los valores correspondientes a la población del municipio de Lebrija que se abastece de los acueductos y las microcuencas Angula, Lajas, La Honda y El Aburrido, así como las hectáreas correspondientes a los cultivos dentro de la jurisdicción de la Subcuenca, y la

distribución pecuaria, avícola y bovina. Con base en la información recolectada se realizaron estadísticas utilizando la ecuación de cálculo de la demanda total *Figura 3* y se obtuvo como resultado la demanda actual de la subcuenca.

Figura 3. Ecuación demanda hídrica total

$$DT = DUD + DUA + DUAV + DUP + DUI$$

Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

Dónde:

DT = Demanda total de agua

DUD = Demanda de agua por uso doméstico

DUA = Demanda de agua por uso agrícola

DUAV = Demanda de agua por uso avícola

DUP = Demanda de agua por uso pecuario

DUI = Demanda de agua por uso industrial

La demanda actual se calculó teniendo en cuenta los diferentes usos que demandan la población de las microcuencas para satisfacer las necesidades culturales y básicas, como son el uso doméstico, agrícola, avícola y pecuario. En la demanda por consumo doméstico se obtuvo la población que se abastece del acueducto del municipio de Lebrija y los acueductos veredales, esta población se multiplico por una dotación, como se puede observar en la *Figura 19* para tener el consumo anual por m³.hab/año en cada una de las microcuencas [13].

Figura 19. *Ecuación demanda uso domestico*

$$DUA = N^{\circ} \text{ habitantes} * 180 \text{ Lt/hab.día}$$

Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

La principal fuente de agua para la agricultura es la precipitación, cuando es menor al uso de un cultivo se requiere de sistemas de riego, esto genera una demanda por uso agrícola en la subcuenca. La demanda se calcula suponiendo que se requieren sistemas de riego para abastecer las necesidades del cultivo, se tiene en cuenta las hectáreas de cultivo en cada microcuenca y se calcula aplicando la fórmula de cálculo de la demanda de uso agrícola *Figura 4* obteniendo el consumo en m³. ha/año.

Figura 4. *Ecuación demanda de agua sector agrícola*

$$DUA = [P - (ETP * kc)] * Ha = mm/Ha * 10 = m^3/año$$

Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

Donde:

DUA= Demanda agua sector agrícola

P= Precipitación

ETP= Evapotranspiración potencial

Kc= Coeficiente de uso de agua del cultivo

Ha= Número de hectáreas cultivadas

La demanda por uso bovino, avícola y porcino se calculó de acuerdo con la cantidad de animales por una dotación de litros de agua diaria, realizando la correspondiente conversión a m³/año. El volumen de agua requerido para el uso pecuario se calculó de acuerdo con la cantidad

de ganado *Figura 20*, multiplicado por la dotación de 46 litros/día por animal. Para los porcinos la dotación se estimó en 3.22 Lts/día/animal [13].

Figura 20. *Ecuación demanda uso pecuario*

$$DUP = N^{\circ} \text{ de ganado} * Fca$$

Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

Donde:

DUP= Demanda por uso pecuario

Fca= Factor de consumo por producción animal

3.2.2 Proyección de la Demanda Años 2030-2040

La proyección de la demanda a los años 2030 y 2040 se realizó tomando como base los cálculos de la demanda actual, la proyección de población se realizó teniendo en cuenta los datos encontrados en el Censo Nacional de Población y Vivienda correspondientes al 2005 y 2018 realizados por el DANE para obtener la respectiva población para la demanda doméstica, la proyección de la población se calculó aplicando uno de los métodos encontrados en el título B del reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), la ecuación del método geométrico aplicada se muestra en la *Figura 21*.

Figura 21. *Proyección de población método geométrico*

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{Tf - Tuc}$$

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{Tuc - Tci}} - 1$$

Adaptado del título B del reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) [23].

Donde:

r= Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

Pf= Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

Puc= Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

Pci= Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

Tuc= Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

Tf= Año al cual se quiere proyectar la información.

En la demanda agrícola se toma como base la demanda agrícola actual y se multiplica por el incremento de la rotación de los cultivos dato obtenido de la cámara de comercio de Bucaramanga *Figura 22*.

Figura 22. *Proyección demanda por uso agrícola*

$$DUA = [P - (ETP * kc)] * Ha * \% incremento = mm/Ha * 10 = m^3/año$$

Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

Donde:

DUA= Demanda agua sector agrícola

P= Precipitación

ETP= Evapotranspiración potencial

Kc= Coeficiente de uso de agua del cultivo

Ha= Número de hectáreas cultivadas

% incremento= 1% anual

De acuerdo con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) del departamento de Santander se calculó la tasa de crecimiento bovino anual y se realizó el cálculo correspondiente para conocer la cantidad de animales existentes en los años analizados *Figura 23*, en la información encontrada en la asociación de porcicultores de Colombia se obtuvo que el crecimiento anual de los porcinos se mantuvo estable con un 0% de incremento.

Figura 23. Proyección demanda uso pecuario

$$DUP = N^{\circ} \text{ de ganado} * Fca * \% \text{ incremento}$$

Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

Donde:

DUP= Demanda por uso pecuario

Fca= Factor de consumo por producción animal

% incremento= 0,5 % anual

Se obtuvo la tasa promedio de crecimiento del PIB del sector avícola en el departamento de Santander *Figura 24*. Los cálculos de la demanda actual y las proyecciones a los años 2030 y 2040 se encuentran en el *Apéndice D. Calculo oferta y demanda*.

Figura 24. *Proyección demanda uso avícola*

$$DUAV = N^{\circ} \text{ de aves} * Fca * \% \text{ incremento}$$

Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

Donde:

DUAV= Demanda por uso avícola

Fca= Factor de consumo por producción animal

% incremento= 0,8 % anual

3.3 Análisis Relación Oferta-Demanda

Para el análisis de la relación oferta- demanda en primer lugar se tuvo que calcular la oferta hídrica para la subcuenca del rio Lebrija Alto correspondiente a los años 2030 y 2040 considerando los datos de precipitación modelados con el escenario climático y el área de la cuenca la cual se obtuvo del software Qgis, utilizando la ecuación de la *Figura 20* para poder obtener la oferta hídrica total proyectada de la subcuenca.

Figura 25. *Ecuación oferta hídrica total*

$$\text{Oferta hidrica total} = P \left(\frac{\text{m}}{\text{año}} \right) * A (m^2)$$

Adaptado del estudio hidrológico de la quebrada Niscota [22].

Donde:

P= Precipitación anual

A= área de la subcuenca

3.3.1 Índice de Escasez

Una vez se cuente con los cálculos de oferta y demanda para la subcuenca del río Lebrija alto, se calcula el índice de escasez, el cual representa la demanda de agua que ejerce en todas las actividades tanto económicas como sociales para el uso y aprovechamiento de esta frente a la oferta hídrica disponible. Para el cálculo de este se usó la ecuación de la *Figura 26*.

Figura 26. Ecuación índice de escasez

$$I_e = \frac{D_h}{O_h} \times 100$$

Adaptado del plan de ordenamiento y manejo ambiental cuenca Lebrija Alto CDMB [13].

Donde:

Dh = Demanda hídrica en (m³/año)

Oh = oferta hídrica en (m³/año)

Finalmente, posterior a los cálculos realizados se llevó a cabo el respectivo análisis de la oferta y la demanda para la Subcuenca del río Lebrija Alto.

4. Resultados

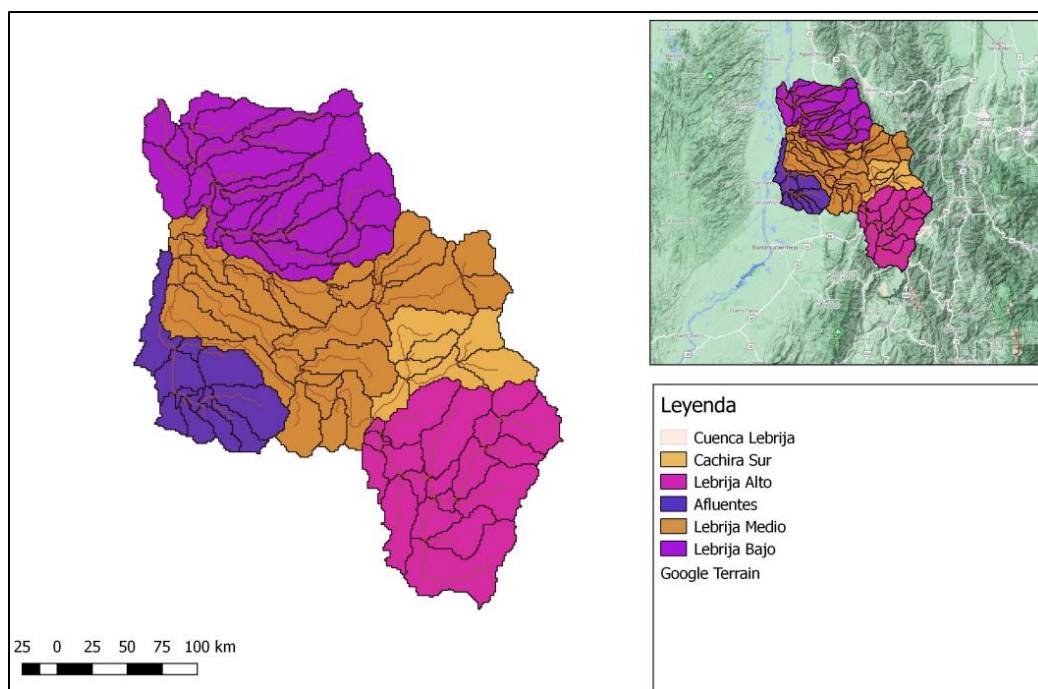
Una vez realizados los pasos de la metodología se da pasó a este apartado del trabajo de investigación, en donde se presenta los datos obtenidos mediante las tres etapas anteriormente nombradas y de igual manera el análisis de ellos.

4.1 Estimación de la Oferta

4.1.1 Delimitación de la Subcuenca

Como resultado de la delimitación y procesamiento de la subcuenca utilizando la herramienta CATHMENTS Colombia se obtuvo la demarcación de la cuenca de Lebrija como se observa en la *Figura 27*, la cual se compone de las subcuencas alta, media, baja y Cachiri del sur con sus respectivos afluentes y drenajes.

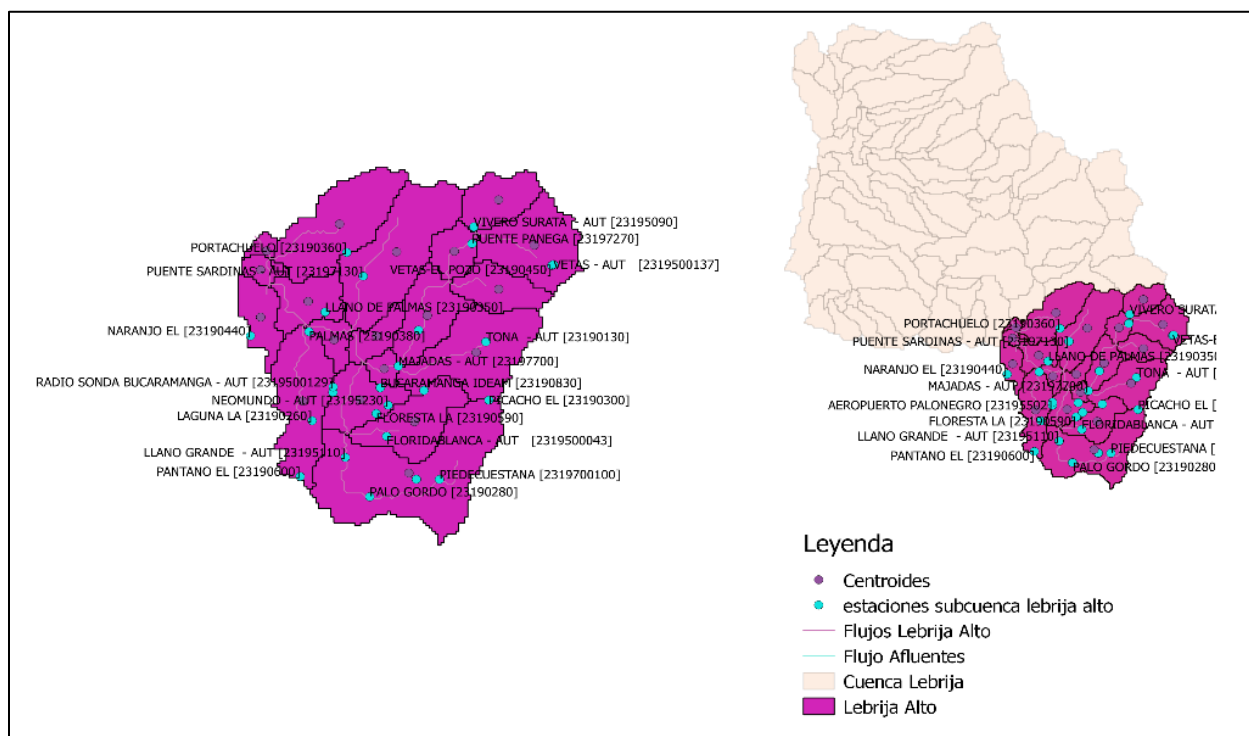
Figura 27. Delimitación cuenca Lebrija a partir de la herramienta AHD mediante QGIS



Adaptado de Qgis.

Para la investigación realizada en este proyecto se necesitó demarcar más a detalle la subcuenca Lebrija Alto *Figura 28*, la cual es la subcuenca estudiada y se hizo la respectiva identificación de las estaciones de temperatura y precipitación pertenecientes al IDEAM con sus coordenadas y centroides que nos permiten distribuir los datos de precipitación y temperatura en la subcuenca, y de igual manera se puede encontrar en el *Apéndice A. Cuenca Lebrija QGIS* los datos de centroide y coordenadas necesarios para la interpolación climática.

Figura 28. Delimitación subcuenca Lebrija Alto



Adaptacion de Qgis.

4.1.2 Relleno de Datos Estaciones Hidrometeorológicas

Una vez identificadas las estaciones que se encuentran en funcionamiento desde el rango de años comprendidos para el proyecto, en primer lugar, se procedió a la descarga de datos de las estaciones hidrometeorológicas del sitio web del IDEAM, seguidamente se realizó las tablas de los

datos faltantes por año de las estaciones hidrometereologicas tanto de precipitación como de temperatura, para el periodo comprendido entre 1986 y 2016, esta informacion se encuentra registrada desde la *Tabla 13* a la *Tabla 32*, al revisar de manera detallada cada una de las series de datos descargados. Adicionalmente en el *Apéndice B. Datos faltantes estaciones Hidrometereológicas* se encuentran los datos faltantes por meses de las estaciones de precipitacion y temperatura.

Tabla 13. *Datos faltantes precipitación estación Cachiri*

Estación: Cachiri											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	3	1	0	0	0	0	0	5	1	1	3
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	1	0	3	0	7	2	21	1	2	0	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	0	3	30	6	5	31	5	16	19	26	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 192 datos faltantes en la estación.

Tabla 14. *Datos faltantes precipitación estación Floresta La*

Estación: Floresta La											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	7	3	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 41 datos faltantes en la estación.

Tabla 15. *Datos faltantes precipitación estación Galvicia La*

Estación: Galvicia La											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 3 datos faltantes en la estación.

Tabla 16. *Datos faltantes precipitación estación Laguna La*

Estación: Laguna La											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	61	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	0	0	31	213	0	0	0	0	0	0	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 357 datos faltantes en la estación.

Tabla 17. *Datos faltantes precipitación estación Llano de Palmas*

Estación: Llano de Palmas											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	0	0	0	0	61	0	0	0	0	0	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	0	31	0	0	0	0	0	0	0	31	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 125 datos faltantes en la estación.

Tabla 18. *Datos faltantes precipitación estación Llano Grande*

Estación: Llano Grande											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	0	0	0	33	0	0	0	0	0	30	0
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	214	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	0	0	30	0	92	366	195	2	33	3	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 1000 datos faltantes en la estación.

Tabla 19. *Datos faltantes precipitación estación Matajira*

Estación: Matajira											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontró 1 dato faltante en la estación.

Tabla 20. *Datos faltantes precipitación estación Naranjo El 1986-1996*

Estación: Naranjo El											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	0	30	98	366	0	1	9	31	0	138	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	214	142	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 1029 datos faltantes en la estación.

Tabla 21. *Datos faltantes precipitación estación Palmas*

Estación: Palmas											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	0	0	0	0	2	0	0	48	0	0	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 113 datos faltantes en la estación.

Tabla 22. *Datos faltantes precipitación estación Palo Gordo*

Estación: Palo Gordo											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 106 datos faltantes en la estación.

Tabla 23. *Datos faltantes precipitación estación Pantano El*

Estación: Pantano El											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	21	10	0	0	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	0	0	0	74	0	153	137	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 398 datos faltantes en la estación.

Tabla 24. *Datos faltantes precipitación estación Picacho El*

Estación: Picacho El											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	0	0	0	31	0	0	0	0	30	0	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 74 datos faltantes en la estación.

Tabla 25. *Datos faltantes precipitación estación Piedecuesta Granjas*

Estación: Piedecuesta Granjas											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 2 datos faltantes en la estación.

Tabla 26. *Datos faltantes precipitación estación Portachuelo*

Estación: Portachuelo											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron cero (0) datos faltantes en la estación.

Tabla 27. *Datos faltantes precipitación estación Tona*

Estación: Tona											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	6	0	30	0	0	41
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 109 datos faltantes en la estación.

Tabla 28. *Datos faltantes precipitación estación Vetas-El Pozo*

Estación: Vetas - El Pozo											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	1	31	0	1	0	31	0	0	0	0	0
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 126 datos faltantes en la estación.

Tabla 29. *Datos faltantes precipitación estación Vivero Surata*

Estación: Vivero Surata											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	0	0	4	11	0	0	0	3	15	0	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	0	0	153	181	3	7	40	15	75	13	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 524 datos faltantes en la estación.

Tabla 30. *Datos faltantes temperatura estación Cachiri*

Estación: Cachiri											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	192	26	144	105	132	88	83	188	203	144	159
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	105	179	163	224	261	253	188	93	143	77	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	68	36	63	34	50	58	34	58	110	48	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 3709 datos faltantes en la estación.

Tabla 31. *Datos faltantes temperatura estación Llano Grande*

Estación: Llano Grande											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	29	42	39	138	97	1	14	8	10	17	2
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	5	3	16	8	13	40	5	65	121	156	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	169	70	48	56	105	0	0	0	41	1	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 1319 datos faltantes en la estación.

Tabla 32. *Datos faltantes temperatura estación Vivero Surata*

Estación: Vivero Surata											
AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
N° datos rellenados	57	129	59	3	2	5	14	16	25	17	12
AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
N° datos rellenados	5	36	8	15	11	4	0	48	40	22	
AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
N° datos rellenados	11	1	2	9	21	9	74	26	48	26	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 2016 se encontraron 755 datos faltantes en la estación.

Con base en las tablas de datos ausentes anteriores, se obtuvo que la cantidad de datos faltantes entre todas las estaciones fueron de 4200 en las estaciones de precipitación y de 5783 en las de temperatura. (*Tabla 33 y Tabla 34*). Seguidamente se procedió con el respectivo relleno de datos de las estaciones de precipitación y temperatura. Para las estaciones de precipitación se observó que las estaciones cercanas a la estación a rellenar no tuvieran datos faltantes en común ya que el método escogido fue el del promedio aritmético simple y para la estación de temperatura el método es que se utilizó fue el de interpolación lineal. Para observar la información del relleno de datos de cada estación ver *Apéndice C. Rellenado de datos estaciones hidrometeorológicas*.

Tabla 33. *Datos faltantes de precipitación por estación*

Estación hidrometeorológica	Nº Datos faltantes
Cachiri	192
Floresta La	41
Galvicia La	3
Laguna La	357
Llano de Palmas	125
Llano Grande	1000
Matajira	1
Naranjo El	1029
Palmas	113
Palo Gordo	106
Pantano El	398
Picacho El	74
Piedecuesta Granjas	2
Portachuelo	0
Tona	109
Vetas-El Pozo	126

Vivero Surata 524

Nota. Los datos faltantes de precipitación de las 17 estaciones fueron en total 4200.

Tabla 34. *Datos faltantes de temperatura por estación*

Estación hidrometeorológica	N° Datos faltantes
Cachiri	3709
Llano Grande	1319
Vivero Surata	755

Nota. Los datos faltantes de temperatura de las 3 estaciones fueron en total 5783.

4.1.3 Calibración Modelo Hydro-BID

La calibración del modelo se desarrolló de forma manual por ensayo y error enlazando así los parámetros obtenidos en la subcuenca, teniendo gran relevancia en el modelo de la subcuenca de lebrija Alto el factor de evapotranspiración en la etapa de latencia o en la que no se encuentra cultivada la zona, el contenido de agua en el suelo el cual representa la cantidad de agua que puede ser almacenada para ser usado por las plantas afectando la infiltración hacia el agua subterránea. En la *Tabla 35* se muestran los valores de los parámetros de calibración final para la subcuenca identificado con el identificador comid 300688900.

Tabla 35. *Parámetros finales de calibración*

Parámetro	valor
Numero de Curva	0,8
CDA	1,2
Coficiente r	0.07
Coficiente s	0.0001
Factor ET en temporada cultivo	1
Factor ET en temporada latente	0,2

Parámetro	valor
Umbral de temperatura	0.8
Factor de fusión	0.8

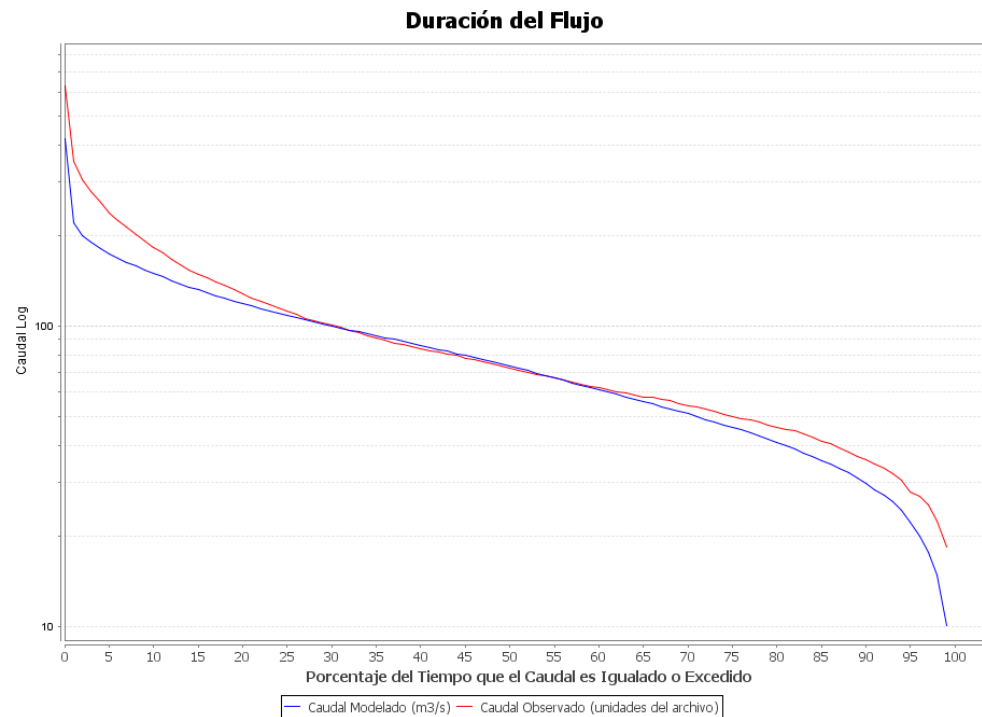
Adaptado de Banco Interamericano de Desarrollo [21].

Gracias a los parámetros establecidos anteriormente se consiguió las métricas de desempeño de la subcuenca diaria y mensual para el periodo comprendido entre 1986 y 2016 *Tabla 36*, las cuales reflejan que el proceso de calibración es aceptable para los valores medios mensuales o anuales y para los valores diarios ya que el índice de eficiencia de Nash arroja valores positivos que es aceptable y confiable para una simulación, cabe resaltar que Hydro-BID es un software diseñado para representar las condiciones medias no máximas, por consiguiente no representa los picos de caudal.

Tabla 36. Métricas de desempeño sin escenario climático

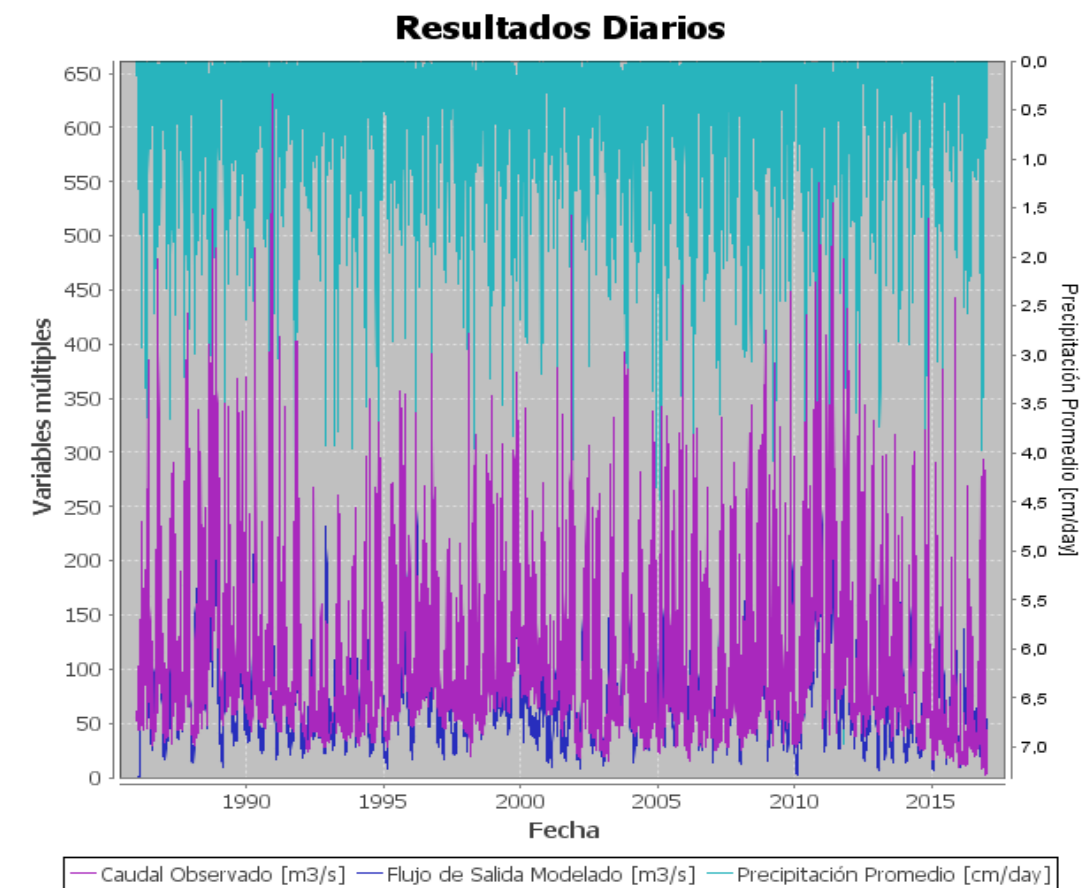
COMID	300688900	
Estadísticas	Valor diario	Valores mensuales
Error general de volumen, ove (%)	-12,11	-12,01
correlación, r (-)	0,66	0,78
correlación modificada, rmod (-)	0,45	0,65
coeficiente Nash-sutcliffe, NSE	0,41	0,56

Igualmente se consiguió la curva de duración del flujo, *Figura 29* para el proceso de validación que confirma que la calibración se realizó cabalmente.

Figura 29. Validación duración del flujo subcuenca 300688900

Adaptado de Hydro-BID.

Se realizó la simulación de calibración del modelo hidrológico, se preparó obteniendo una serie temporal de lluvia diaria utilizando los datos entre los años 1986 y 2016, donde se calcula el caudal diario y se compara el caudal diario medido con el caudal simulado (morado caudal observado y azul para el caudal simulado), con el comportamiento de la precipitación (color aguamarina representadas en la parte superior del hidrograma) como se puede observar en la *Figura 30* y asimismo se puede visualizar que la escorrentía es directamente proporcional a la precipitación. Conviene enfatizar que no siempre que el caudal está en su pico máximo sucede lo mismo con la precipitación.

Figura 30. Comparación entre caudales y precipitación a escala diaria actual

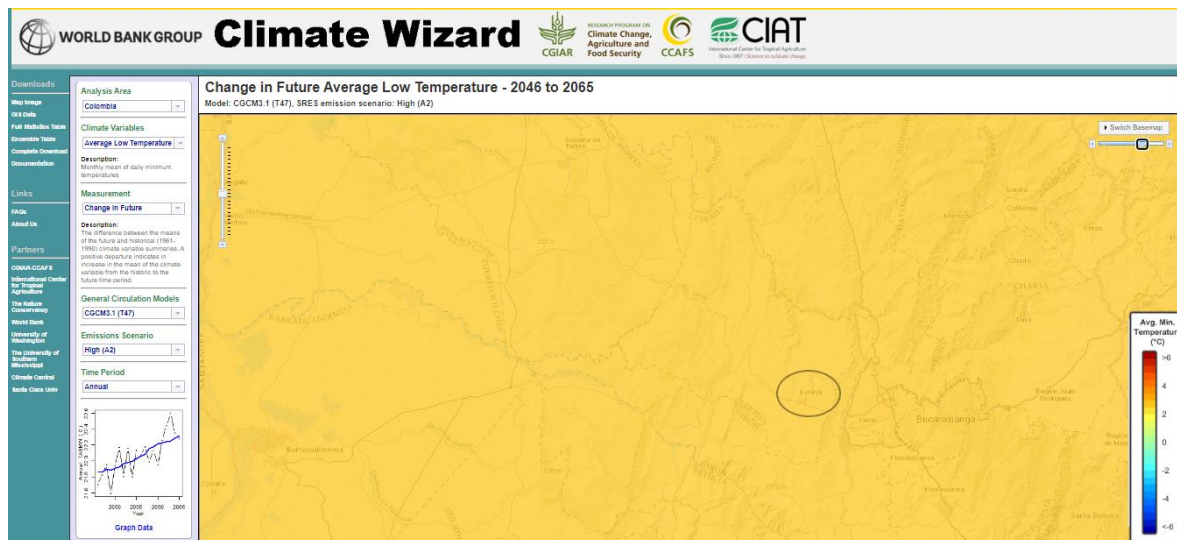
Adaptado de Hydro-BID.

4.1.4 Modelo de Simulación de un Escenario Climático

Para la simulación de un escenario climático se ejecutó un modelo de circulación global en la plataforma CLIMATE WIZARD específicamente para la región de Lebrija Santander, (*Figura 31*) en el periodo comprendido entre 2046 y 2065 promediando una variable climática futura, la cual da como resultado un aumento aproximado de 2 °C de temperatura para la región anteriormente mencionada como se observa en la *Figura 32*, cabe resaltar que según el informe especial del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC) es probable que el calentamiento global llegue a 1.5 °C entre 2030 y 2052, es por esta razón que se decidió

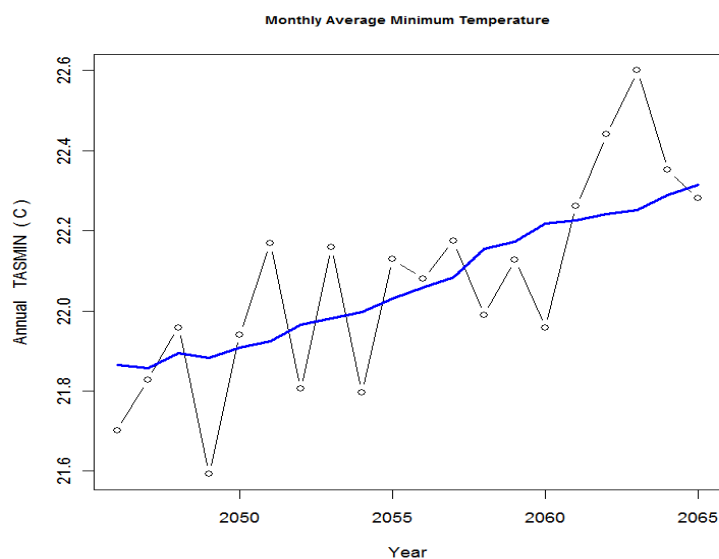
simular el escenario climático basándose en el modelo de circulación ya que es un valor cercano al IPCC y se encuentra localizado.

Figura 31. Modelo de circulación global climate wizard de temperatura



Adaptado de World Bank Group.

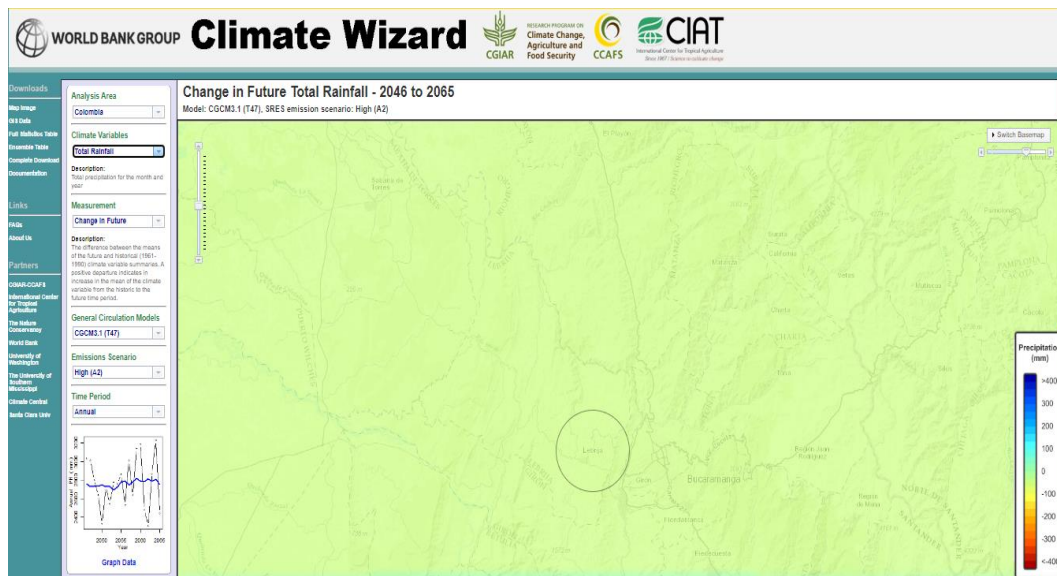
Figura 32. Promedio mensual mínimo. Temperatura



Adaptado de World Bank Group.

En la simulación de precipitación para la región de Lebrija Santander se obtuvo que la variación de temperatura es aproximadamente de -50 mm por lo cual disminuye un 4% ya que la precipitación anual promedio para la región de Lebrija actual era de 1250 mm (*Figura 33*).

Figura 33. Modelo de circulación global climate wizard de precipitación



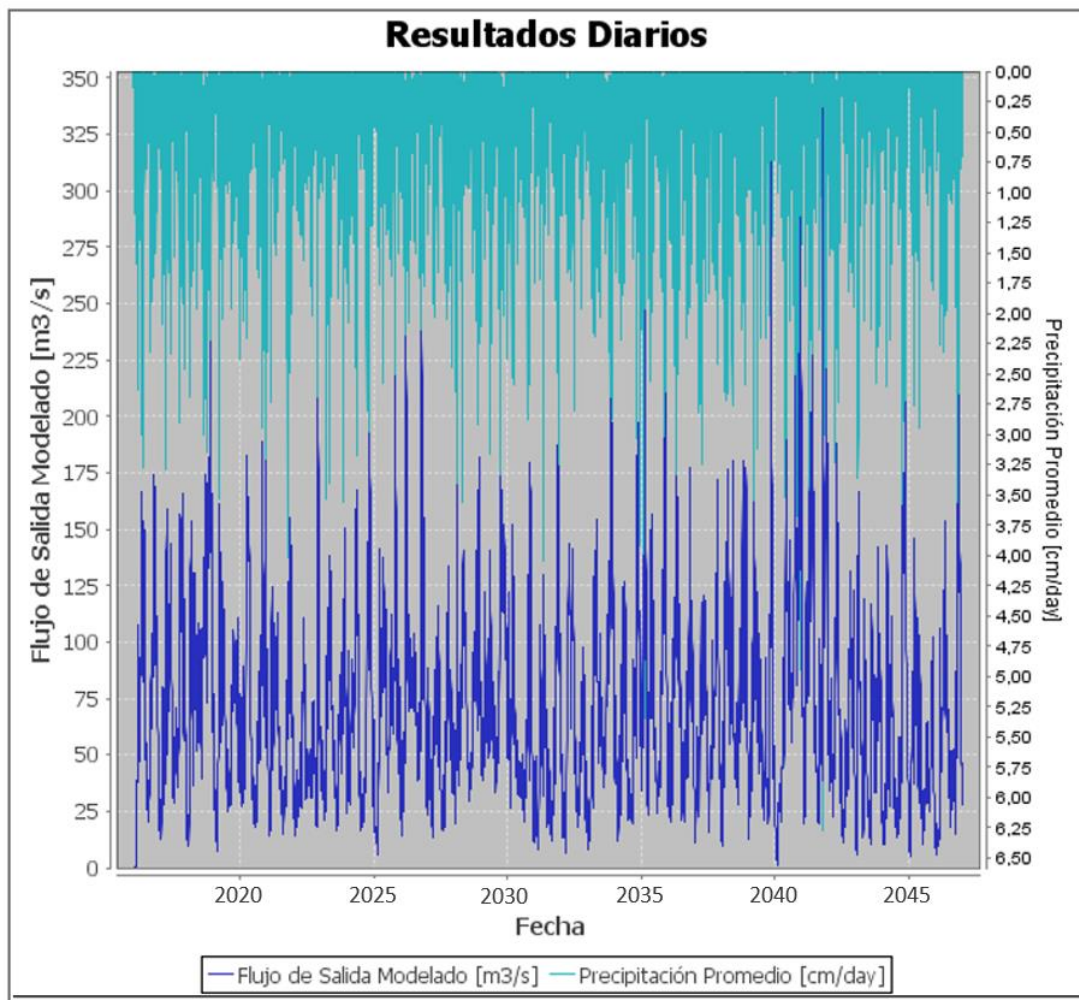
Adaptado de World Bank Group.

Después de obtener los valores de escenario de cambio climático se procedió a incorporar estos valores al software Hydro-BID sin modificar los parámetros del modelo, se obtuvo las métricas de desempeño de la subcuenca diaria y mensual para el periodo comprendido entre 2016-2046, encontrando de igual manera el coeficiente de Nash positivo lo que nos indica que es una simulación confiable tanto para valores diarios como para valores mensuales como se puede observar en la *Tabla 37*.

Tabla 37. *Métricas de desempeño con escenario climático*

COMID	300688900	
Estadísticas	Valor diario	Valores mensuales
Error general de volumen, ove (%)	-13,81	-13,71
Correlación, r (-)	0,66	0,78
Correlación modificada, rmod (-)	0,45	0,65
Coeficiente Nash-sutcliffe, NSE	0,4	0,54

Se ejecutó la simulación de 30 años después utilizando el escenario de cambio climático, graficando nuevamente el caudal diario, los datos de simulación, y se observó que los caudales pico han disminuido, anteriormente los picos estaban alrededor de 450-500 y en la *Figura 34*, su mayor pico esta entre los 200-225 (m³/s) de manera que se va a estar generando menos escorrentía durante las próximas tres décadas como una proyección de impacto del cambio climático.

Figura 34. Comparación entre caudal y precipitación con un escenario de cambio climático

Adaptado de Hydro-BID.

En la *Tabla 38* se encuentra el balance de agua modelado por el software Hydro-BID donde se puede hallar la relación entre la cantidad de agua que por diferentes medios llega al suelo y la que finalmente queda en la zona de suelo accesible por las raíces de las plantas, que para este proyecto en particular se tuvieron en cuenta tres variables que son: la precipitación, la evapotranspiración y el caudal total.

Tabla 38. *Balance de agua Subcuenca (million m3/año)*

Rango de fecha	Precipitaci ón sin escenario	Precipitaci ón con escenario	Evapotranspir ación sin escenario	Evapotranspir ación con escenario	Caudal total sin escenario	Caudal total con escenario
2016	8,97E-04	8,61E-04	1,07E-01	1,20E-01	6,95E+00	6,48E+00
2017	8,39E-04	8,06E-04	1,14E-01	1,27E-01	7,29E+00	6,81E+00
2018	1,05E-03	1,01E-03	1,03E-01	1,15E-01	9,27E+00	8,73E+00
2019	7,75E-04	7,44E-04	1,08E-01	1,21E-01	6,66E+00	6,22E+00
2020	8,57E-04	8,23E-04	1,11E-01	1,25E-01	7,50E+00	7,02E+00
2021	7,39E-04	7,10E-04	1,12E-01	1,25E-01	6,43E+00	5,99E+00
2022	6,32E-04	6,07E-04	1,02E-01	1,14E-01	5,23E+00	4,85E+00
2023	7,69E-04	7,39E-04	1,11E-01	1,24E-01	6,63E+00	6,19E+00
2024	8,39E-04	8,05E-04	1,11E-01	1,24E-01	7,15E+00	6,68E+00
2025	8,42E-04	8,08E-04	1,05E-01	1,18E-01	7,44E+00	6,97E+00
2026	9,24E-04	8,87E-04	1,10E-01	1,24E-01	8,10E+00	7,60E+00
2027	6,70E-04	6,43E-04	1,06E-01	1,19E-01	5,62E+00	5,22E+00
2028	8,92E-04	8,56E-04	1,12E-01	1,25E-01	7,73E+00	7,24E+00
2029	9,54E-04	9,16E-04	1,11E-01	1,25E-01	8,41E+00	7,90E+00
2030	7,22E-04	6,94E-04	1,13E-01	1,26E-01	6,20E+00	5,78E+00
2031	6,97E-04	6,69E-04	1,14E-01	1,28E-01	5,71E+00	5,29E+00
2032	6,72E-04	6,45E-04	1,14E-01	1,28E-01	5,71E+00	5,30E+00
2033	9,45E-04	9,07E-04	1,14E-01	1,28E-01	8,16E+00	7,65E+00
2034	7,99E-04	7,67E-04	1,13E-01	1,26E-01	6,83E+00	6,38E+00
2035	9,35E-04	8,98E-04	1,15E-01	1,28E-01	8,33E+00	7,82E+00
2036	8,18E-04	7,85E-04	1,14E-01	1,28E-01	7,06E+00	6,60E+00
2037	7,74E-04	7,43E-04	1,15E-01	1,29E-01	6,58E+00	6,13E+00
2038	9,33E-04	8,96E-04	1,12E-01	1,25E-01	8,13E+00	7,63E+00
2039	8,10E-04	7,77E-04	1,13E-01	1,27E-01	7,00E+00	6,54E+00

Rango de fecha	Precipitación sin escenario	Precipitación con escenario	Evapotranspiración sin escenario	Evapotranspiración con escenario	Caudal total sin escenario	Caudal total con escenario
2040	1,08E-03	1,04E-03	1,17E-01	1,32E-01	9,30E+00	8,73E+00
2041	1,11E-03	1,07E-03	1,16E-01	1,30E-01	1,02E+01	9,57E+00
2042	7,67E-04	7,36E-04	1,22E-01	1,37E-01	6,60E+00	6,15E+00
2043	7,02E-04	6,74E-04	1,21E-01	1,36E-01	5,77E+00	5,34E+00
2044	7,30E-04	7,01E-04	1,16E-01	1,30E-01	6,15E+00	5,72E+00
2045	6,04E-04	5,80E-04	1,19E-01	1,33E-01	4,89E+00	4,51E+00
2046	7,68E-04	7,37E-04	1,18E-01	1,32E-01	6,36E+00	5,91E+00

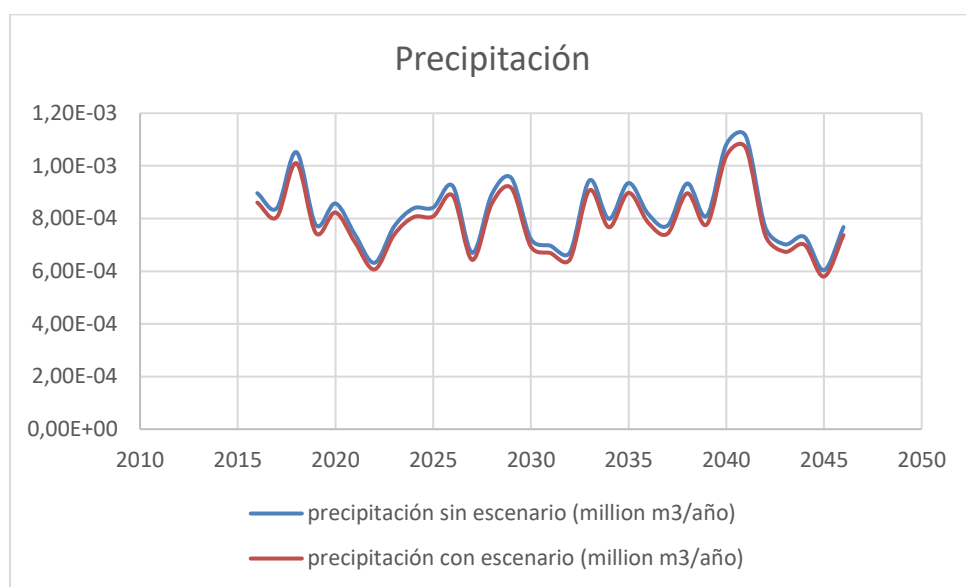
La precipitación es uno de los factores que más relevancia tiene ya que es la entrada de agua principal en el desarrollo del proyecto ya que está directamente relacionado al caudal de la Subcuenca, así como a la evapotranspiración de esta. En los 30 años proyectados la precipitación se pudo observar los datos de análisis estadísticos que se encuentran en la *Tabla 39* así como la comparación entre los dos escenarios modelados en la *Figura 35* con un 4% de variación que fue el escenario que se escogió.

Tabla 39. *Análisis estadístico precipitación (millón m³/año) periodo 2016-2046*

Parámetros estadísticos	Precipitación sin escenario	Precipitación con escenario
Media	0,000824204	0,000791236
Error típico	2,28202E-05	2,19073E-05
Mediana	0,000809504	0,000777124
Desviación estándar	0,000127057	0,000121975
Varianza de la muestra	1,61436E-08	1,48779E-08
Curtosis	-0,115420505	-0,115431559
Coefficiente de asimetría	0,502887947	0,50288503

Parámetros estadísticos	Precipitación sin escenario	Precipitación con escenario
Rango	0,000508937	0,000488577
Mínimo	0,000603753	0,000579603
Máximo	0,00111269	0,00106818
Suma	0,02555033	0,02452832
Cuenta	31	31

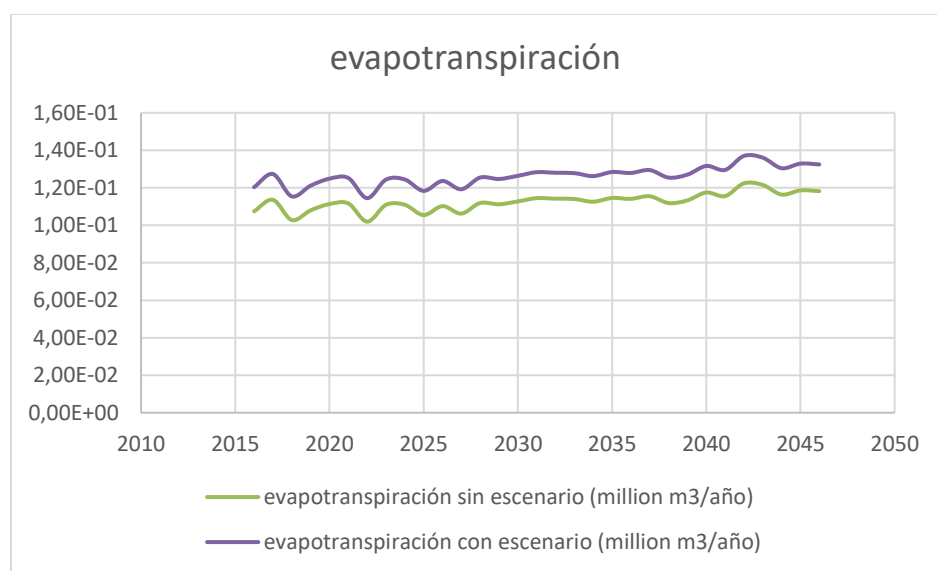
Figura 35. Precipitación sin escenario VS con escenario de cambio climático



Seguidamente se encuentra la evapotranspiración, es decir la pérdida de agua hacia la atmósfera debida a los procesos de evaporación y transpiración, siendo la transpiración la transferencia de agua de las hojas de las plantas hacia la atmósfera. Realizando el análisis de esta variable como se observa en la *Tabla 40*, la media es mayor en el escenario climático, siendo inversa a la precipitación, a menor precipitación mayor evapotranspiración, encontrando una variación entre los dos escenarios del 10,8% *Figura 36*.

Tabla 40. *Análisis estadístico evapotranspiración (millón m³/año) periodo 2016-2046*

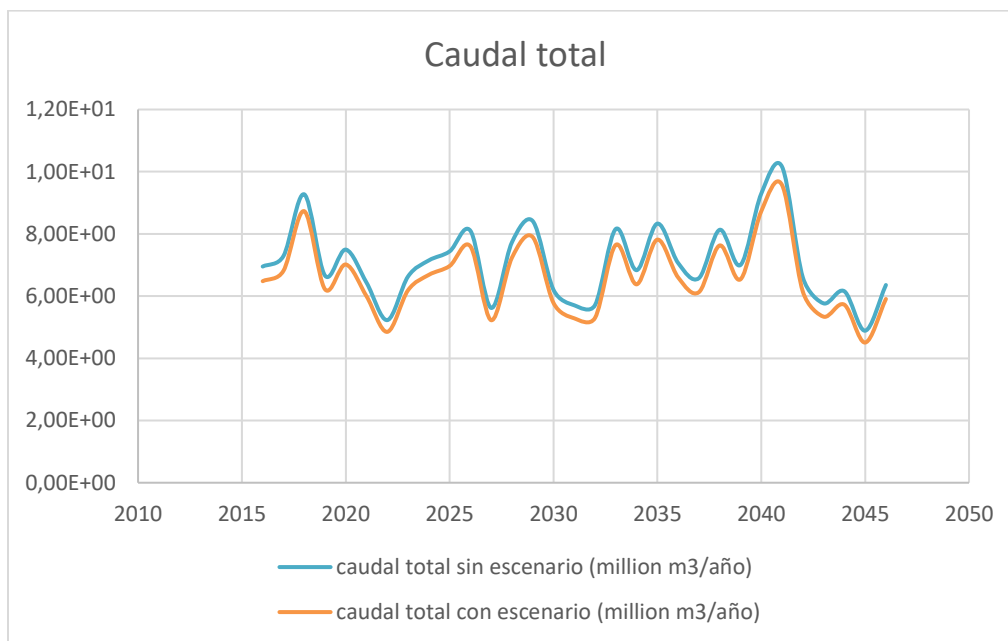
Parámetros estadísticos	Evapotranspiración sin escenario	Evapotranspiración con escenario
Media	0,112610258	0,126253452
Error típico	0,000854995	0,000945229
Mediana	0,112718	0,126378
Desviación estándar	0,004760408	0,005262811
Varianza de la muestra	2,26615E-05	2,76972E-05
Curtosis	0,351342995	0,333800877
Coefficiente de asimetría	-0,262819486	-0,265117885
Rango	0,020431	0,02254
Mínimo	0,101932	0,11447
Máximo	0,122363	0,13701
Suma	3,490918	3,913857
Cuenta	31	31

Figura 36. *Evapotranspiración sin escenario VS con escenario de cambio climático*

Para finalizar se encuentra la variable de caudal total de la subcuenca con un porcentaje de variación entre los dos modelos de 6,57% (*Tabla 41*), siendo los mayores valores para el escenario sin cambio climático como se evidencia en la *Figura 37*, ya que el caudal es directamente proporcional a la precipitación, aunque en ocasiones el mayor pico del caudal no se relacione con el mayor pico de la precipitación.

Tabla 41. *Análisis estadístico caudal total (millón m³/año) periodo 2016-2046*

Parámetros estadísticos	Caudal total sin escenario	Caudal total con escenario
Media	7,075943226	6,610914839
Error típico	0,222385513	0,213554046
Mediana	6,95146	6,47986
Desviación estándar	1,238190134	1,189018608
Varianza de la muestra	1,533114808	1,413765251
Curtosis	0,114127534	0,107313635
Coeficiente de asimetría	0,552575259	0,552758474
Rango	5,27141	5,06373
Mínimo	4,88789	4,50682
Máximo	10,1593	9,57055
Suma	219,35424	204,93836
Cuenta	31	31

Figura 37. Caudal total sin escenario VS con escenario de cambio climático

4.2 Estimación de la Demanda

4.2.1 Estimación de la Demanda Actual

La demanda actual se calculó con base en la información recolectada, registrada en el POMCA, la corporación Autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga del año 2015 y el Censo Nacional de población y vivienda de los años 2005 y 2018, dando como resultado una demanda de 29.179.499,93 (m³/año) *Tabla 42*, teniendo en cuenta los sistemas de riego para los cultivos, las hectáreas de cultivo en cada microcuenca, la demanda por uso bovino y porcino (DUP) y la demanda por uso avícola (DUAV). Obteniendo en la demanda un aumento de 6.04%.

Tabla 42. *Demanda hídrica 2020*

		DUD (M3/año)	DUA (M3/año)	DUAV (M3/año)	DUP (M3/año)		TOTAL (M3/año)
					BOVINOS	PORCINO	
						S	
SUB							
CUE	Lebrija	2.514.930,30	19.934.677,75	4.350.242,55	383.283,51	12.999,41	27.196.133,51
NCA	Alto						
	Lebrija						
	Alto	628.732,58	5.985.991,22	1.384.839,91	121.179,01	4.021,52	8.124.764,24
MIC	Directo						
ROC	La Angula	1.433.510,27	14.056.146,65	390.103,76	39.499,82	1.200,69	15.920.461,19
UEN	Lajas			2.471.370,03	136.714,25	6.620,46	2.614.704,75
CA	Aburrido	201.194,42	1.164.777,30	63.605,50	11.167,41	964,10	1.441.708,72
	La Honda	251.493,03	711.129,01	40.323,35	74.723,01	192,63	1.077.861,03
	TOTAL	2.514.930,30	21.918.044,17	4.350.242,55	383.283,51	12.999,41	29.179.499,93

4.2.2 Proyección de la Demanda 2030 y 2040

A partir de la demanda actual y utilizando los datos de población con los censos correspondientes al 2005 y 2018 del DANE se realizó la proyección de la población para la demanda doméstica, en el caso de los datos de demanda agrícola se obtuvo la rotación de los cultivos de la cámara de comercio de Bucaramanga, para el crecimiento bovino anual se dedujo la tasa de crecimiento de acuerdo al instituto colombiano agropecuario, de igual forma gracias a la asociación de porcicultores de Colombia se midió la tasa de crecimiento anual de porcinos y por último el sector avícola se calculó de acuerdo a la tasa promedio de crecimiento PIB, dando como resultado una demanda para 2030 de 34,821,343.81 m3/año con un aumento de 16,2% de demanda hídrica *Tabla 43*.

Tabla 43. *Demanda hídrica 2030*

		DUD	DUA	DUAV	DUP (M3/año)		TOTAL
		(M3/año)	(M3/año)	(M3/año)	BOVINOS	PORCINOS	(M3/año)
SUB	Lebrija						
CUE	Alto	2.895.727,50	24.592.639,09	4.684.876,59	401.980,26	12.999,41	32.588.222,84
NCA	Lebrija						
	Alto	723.931,88	7.298.175,44	1.491.366,06	127.090,18	4.021,52	9.644.585,08
MIC	Directo						
ROC	La Angula			420.111,74	41.426,64	1.200,69	19.356.943,71
UEN	Lajas	1.650.564,68	17.243.639,97	2.661.475,42	143.383,24	6.620,46	2.811.479,13
CA	Aburrído	231.658,20	1.418.836,16	68.498,23	11.712,16	964,10	1.731.668,84
	La Honda	289.572,75	865.108,49	43.425,15	78.368,04	192,63	1.276.667,06
TOTAL		2.895.727,50	26.825.760,05	4.684.876,59	401.980,26	12.999,41	34.821.343,81

Para concluir con la proyección de la demanda hídrica, se evaluó para el año 2040 con un total de 37.801.177,18 m3/año con un amento al año 2030 de 7,88%. (Tabla 44). Para observar el cálculo de la oferta y demanda ver *Apéndice D. Calculo oferta y demanda hídrica.*

Tabla 44. *Demanda hídrica 2040*

		DUD	DUA	DUAV	DUP (M3/año)		TOTAL
		(M3/año)	(M3/año)	(M3/año)	BOVINOS	PORCINOS	(M3/año)
SUB	Lebrija						
CUE	Alto	3.334.209,30	26.521.440,51	5.019.510,63	420.677,02	12.999,41	35.308.836,86
NCA	Lebrija						
	Alto	833.552,33	7.904.609,95	1.597.892,21	133.001,36	4.021,52	10.473.077,36
MIC	Directo						
ROC	La Angula			450.119,72	43.353,46	1.200,69	21.029.352,26
UEN	Lajas	1.900.499,30	18.634.179,09	2.851.580,81	150.052,23	6.620,46	3.008.253,50
CA	Aburrído	266.736,74	1.537.238,94	73.390,96	12.256,91	964,10	1.890.587,65
	La Honda	333.420,93	937.752,84	46.526,94	82.013,06	192,63	1.399.906,41
TOTAL		3.334.209,30	29.013.780,82	5.019.510,63	420.677,02	12.999,41	37.801.177,18

4.3 Análisis Relación Oferta-Demanda

Teniendo en cuenta la ecuación para poder obtener la oferta hídrica de la subcuenca la cual la compone los resultados obtenidos del Hydro-BID de la precipitación proyectada y la respectiva área de la subcuenca, se obtuvo una oferta hídrica neta de 117.078.475 (m³/año) para el año 2020 *Tabla 45*, de 90,323,360 (m³/año) para el año 2030 *Tabla 46*, disminuyendo en un 22,85% respecto al año 2020 aproximadamente un 2.85% por año y 74,282,218 (m³/año) para el año 2040 *Tabla 47*, reduciendo un 17,75% al año 1,7% al año.

Tabla 45. *Oferta hídrica de la subcuenca Lebrija Alto 2020*

Oferta hídrica de la subcuenca Lebrija Alto 2020			
Precipitación [m]	Área [m ²]	Oferta hídrica total [m ³ /año]	Oferta hídrica neta [m ³ /año]
2,945	79510000	234.156.950	117.078.475

Tabla 46. *Oferta hídrica de la subcuenca Lebrija Alto 2030*

Oferta hídrica de la subcuenca Lebrija Alto 2030			
Precipitación [m]	Área [m ²]	Oferta hídrica total [m ³ /año]	Oferta hídrica neta [m ³ /año]
2,272	79510000	180.646.720	90.323.360

Tabla 47. *Oferta hídrica de la subcuenca Lebrija Alto 2040*

Oferta hídrica de la subcuenca Lebrija Alto 2040			
Precipitación [m]	Área [m ²]	Oferta hídrica total [m ³ /año]	Oferta hídrica neta [m ³ /año]
1,8685	79510000	148.564.435	74.282.218

4.3.1 Índice de Escasez

Posteriormente al resultado de la oferta hídrica neta de cada año proyectado y el de la demanda proyectada para los años correspondientes de la investigación, se procedió al cálculo del índice de escasez por medio de la *Figura 26* que es la ecuación mencionada en la metodología, la cual da un índice de escasez para cada año como se puede observar en la *Tabla 48*, cabe resaltar que los datos proporcionados de la oferta hídrica son con un escenario de cambio climático con un aumento de temperatura de 2°C y una disminución en la precipitación del 4%.

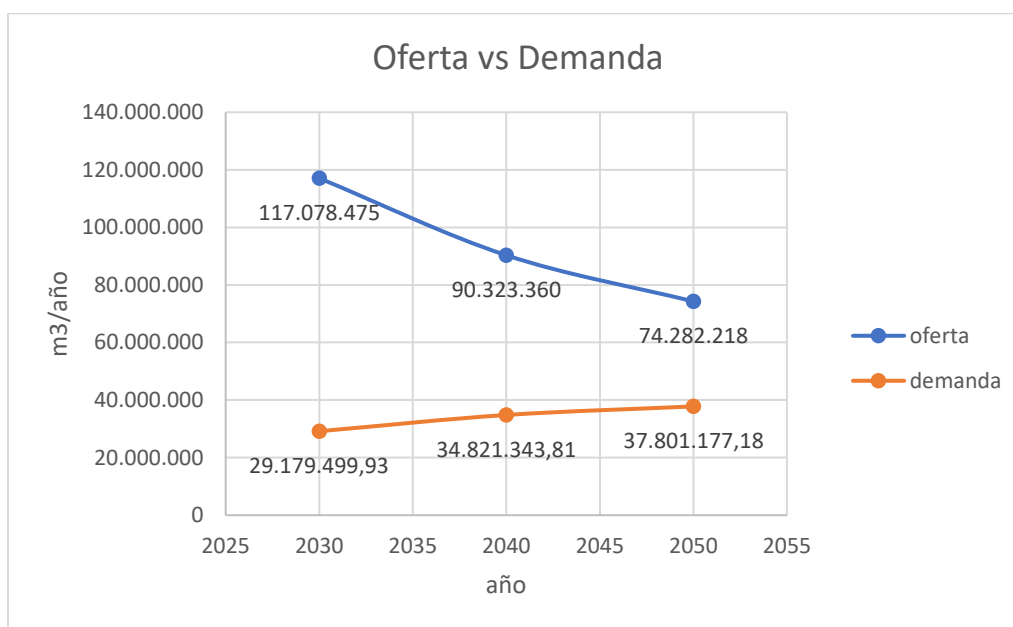
Tabla 48. Índice de escasez subcuenca Lebrija Alto

Año	Oferta hídrica total [m3/año]	Oferta hídrica neta [m3/año]	Demanda hídrica [m3/año]	Índice de escasez [%]	Categoría
2020	234.156.950	117.078.475	29.179.499,93	25%	Demanda apreciable
2030	180.646.720	90.323.360	34.821.343,81	39%	Demanda apreciable
2040	148.564.435	74.282.218	37.801.177,18	51%	Demanda alta

Los resultados de la *Tabla 48* reflejan un índice de escasez para el año actual y para el año 2030 con una demanda apreciable, es decir se encuentra en la categoría medio alto, lo que indica que para suplir la demanda con la oferta hídrica neta de la Subcuenca se hace necesario la implementación de medidas del recurso hídrico con el fin de garantizar el suministro de agua para todos los usuarios y todas las actividades que lo requieran. Del mismo modo se encuentra el porcentaje para el año 2040 donde el índice de escasez supera el 50% por lo tanto es un año seco, esto no quiere decir que la subcuenca del río Lebrija Alto que es la fuente abastecedora está seca, significa que la demanda representa una parte importante de la oferta hídrica neta de un año que hidrológicamente es crítico.

Al comparar los resultados de la oferta y la demanda para la subcuenca de Lebrija alto se encuentra que teniendo en cuenta la proyección de los escenarios, la oferta hídrica tiende a disminuir resultado del crecimiento poblacional, industrial y agrícola, *Figura 38* lo cual provoca un aumento acelerado de la demanda, por lo que a pesar que la cuenca tenga una alta oferta hídrica neta se producirá un nivel de escasez alto, ahora si la precipitación disminuye más de lo planteado, si se consideran las captaciones no registradas, se podrán alcanzar condiciones aún más críticas para la región de la subcuenca poniendo en riesgo la seguridad hídrica.

Figura 38. *Proyección oferta vs demanda hídrica*



5. Conclusiones

A partir de la investigación realizada se puede concluir que la plataforma Qgis permite obtener las condiciones reales de la zona de estudio, esto se evidencia en los resultados de los datos morfométricos de la subcuenca y al suministrar el identificador de COMID 300688900 en la base de datos LAC-AHD con el cual se realiza la calibración del modelo.

Los datos de las estaciones hidrometereológicas que se analizaron para el periodo comprendido entre 1986 y 2016 dieron como resultado para las estaciones de precipitación 4200 datos ausentes para lo cual se utilizó como método de relleno el promedio aritmético simple puesto que permitió utilizar los datos de las estaciones adyacentes y para las estaciones de temperatura la cantidad de datos faltantes fueron 5783 empleando como método de relleno la interpolación lineal ya que se hacia uso de los datos pertenecientes a la misma estación.

La calibración del modelo en Hydro-BID se desarrolló de manera manual, es decir por ensayo y error dando como resultado los parámetros obtenidos para la Subcuenca los cuales son número de curva, CDA, Coeficiente r, Coeficiente s, Factor ET en temporada cultivo, Factor ET en temporada latente, Umbral de temperatura, Factor de fusión , gracias a los cuales se obtuvo la métrica de desempeño del modelo para el escenario actual obteniendo valores para el coeficiente de Nash-sutcliffe diario de 0.41 y mensual de 0.56 y para un escenario de cambio climático diario de 0.4 y mensual de 0.54, lo que quiere decir que el proceso de calibración es aceptable en el tiempo diario y mensual para realizar una simulación confiable. Cabe destacar que los valores utilizados para el escenario de cambio climático se hicieron por medio de la plataforma climate wizard, la cual proporciona un modelo de circulación global para los años 2046-2065, en el caso de estudio de esta investigación se especificó la región a la cual pertenece la Subcuenca de Lebrija

Alto que es Lebrija, Santander proyectando el aumento de la temperatura en 2°C y la disminución de la precipitación en un 4%.

Uno de los resultados extraídos del Software Hydro-BID es el hidrograma el cual representa el caudal observado contra la precipitación. En esta gráfica de resultados diarios se puede observar como el caudal en el escenario base actual presenta un caudal pico alrededor de los 450-500 m³/s con unos picos de precipitación que varían entre 3.5 cm/día y 4 cm/día y con escenario de cambio climático los caudales máximos varían entre 200-225 m³/s y su precipitación entre 2,80 y 3,20 cm/día, disminuyendo los caudales en un 46 % y la precipitación en un 20%.

Con base al balance de agua extraído de Hydro-BID para el escenario base y el escenario de cambio climático la precipitación varía en 4% disminuyendo en el escenario de cambio climático, la evapotranspiración varía en un 10,8% aumentado en el escenario de cambio climático y finalmente el caudal total varía un 6,57% siendo los valores mayores para el escenario base. De igual manera con la información suministrada del software se halló la oferta hídrica de la Subcuenca para el año actual, y los años 2030 y 2040 la cual del año actual al 2030 se redujo en un 22,85 % y del 2030 al 2040 en un 17,75%.

Las condiciones atmosféricas de la Subcuenca Lebrija Alto presentan unas características de clima tropical, con temperaturas altas durante el día alcanzando los 26°C y temperaturas bajas durante la noche y madrugada con valores de 17°C y una media superior a los 21°C y una precipitación promedio anual de 1500 mm, distribuida en dos temporadas secas y dos temporadas lluviosas. La temporada seca en los meses de diciembre a febrero y junio a agosto y las temporadas de lluvia de marzo a junio y septiembre a diciembre. En los años de estudio 2030 y 2040 se presenta clima tropical seco con una variación de aumento de temperatura y disminución de precipitación.

La demanda hídrica de la subcuenca actual calculada fue de 29.179.499,93 m³/año, con la cual se proyectó la demanda hídrica para los años 2030 y 2040 dando como resultado 34.821.343,81 m³/año y 37.801.177,18 m³/año respectivamente, elevando su valor del año actual al año 2030 en un 16,7% y del 2030 al 2040 en un 7,88%.

En el índice de escasez para el año 2020 es del 25% es decir una demanda apreciable encontrándose en la categoría medio alto, manteniendo esta categoría para el año 2030 con un valor de 39% y para el año 2040 el índice de escasez aumenta a un 51% generando una categoría de demanda alta.

Las proyecciones que se obtuvieron para la oferta hídrica en los años 2030 y 2040 indican una disminución en la Subcuenca al contrario de la demanda, la cual va aumentando progresivamente con los años gracias a la expansión que se puede tener en la zona, es por esta razón que el índice de escasez juega un papel tan importante en la comparación de las dos variables, ya que es una forma cuantitativa de ver la relación entre la oferta y la demanda, dándonos a conocer que desde la actualidad la Subcuenca ya se encuentra con una demanda apreciable, es decir se hace necesario la implementación de medidas para garantizar el suministro de agua para todos los usuarios ya que si la proyección para el 2040 se cumple el índice de escasez presentaría un valor mayor al 50% dando como resultado un año hidrológicamente crítico sin tener en cuenta que se podría llegar a un estrés hídrico.

Referencias

- [1] Magrin, G., García, C., Cruz, D., Giménez, J., Moreno, A., Nagy, G., ... Villamizar, A. Latin América. Climate Change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. En M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden & C. E. Hanson (Eds.), Contribution of Working Group ii to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 581-615). Cambridge: Cambridge University Press. 2007.
- [2] IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2014. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>.
- [3] IPCC. grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Informe de síntesis cambio climático. 2014. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- [4] FAO. “afrontar la escasez de agua”. organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>
- [5] Alcaldía de Lebrija Santander. “Escasez de agua Lebrija Santander”. 2015.
- [6] Alcaldía de Lebrija. “plan de desarrollo territorial 2016-2019”. 2016. Disponible en: <https://www.lebrija-santander.gov.co/>
- [7] Sabas, C., Paredes, D., “Estudio de oferta y demanda hídrica en la cuenca del río barbas”. Scientia Et Technica, vol. XV, núm. 42, pp. 405-410. Universidad Tecnológica de Pereira Pereira, Colombia. Agosto, 2009.
- [8] Pimiento, M., Restrepo, L., “Análisis de la relación oferta-demanda hídrica en la cuenca del río Gualí bajo escenarios de cambio climático”. 2018.
- [9] Diaz, P., Suarez, V., “Modelación hidrológica para el pronóstico de sequías en la cuenca del río Pamplonita bajo escenarios de cambio climático”. 2019. Disponible en:

http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvylac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000204196

- [10] Martín, L., Rivera, J., Castizo, Rosa., “Cambio Climático y Desarrollo Sostenible”. Disponible en: <https://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2019/06/SEGIB-Informe-La-Ra%CC%81bida-2018-completo.pdf>
- [11] departamento nacional de planeación. “Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico”. 2018. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Presentaci%C3%B3n_Pol%C3%ADtica_Nacional_-_Gesti%C3%B3n/libro_pol_nal_rec_hidrico.pdf
- [12] Viceministerio de Ambiente. “Política Nacional para la gestión Integral Recurso Hídrico”. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010.
- [13] POMCA. “Plan de ordenamiento y manejo ambiental de la cuenca hidrografica del rio alto lebrija”. Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. 2015. Disponible en: <http://www.cdmb.gov.co/web/ciudadano/centro-de-descargas/1183-pomca-subcuenca-lebrija-alto>.
- [14] Monzon_s, M. “A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management”. Journal of Hydrology, pages 482-493. 2015.
- [15] Safavi, H. “Expert knowledge-based modeling for integrated water resources planning and management in the zayandehrud river basin”. Journal of Hydrology, pages 773-789. 2015.
- [16] GWP. “Manual para la gestión integrada de los recursos hídricos en cuencas”. Report, Global Water Partnership. 2009.

- [17] Schreider, M. “La gestión integrada de los recursos hídricos: el aporte de la Universidad a su proceso de construcción”, pages 67-71. Centro de estudios y tecnología del agua. Universidad Nacional de Córdoba., Córdoba, Argentina. 2011.
- [18] Dinar, S. Climate change, conflict, and cooperation: Global analysis of the effectiveness of international river treaties in addressing water variability. *Political Geography*, pages 55 - 66. 2015.
- [19] Moreda, F., Miralles, W., Muñoz, R., Coli, P. “Estudio de caso de Hydro-BID No. 2: Modelando el impacto del cambio climático en los flujos del río Piura usando Hydro-BID”. Hydro-BID. 2014.
- [20] Moreda, F., Coli, P. “Estudio de caso de Hydro-BID No. 5: Impacto del cambio climático en las inversiones de agua propuestas en la cuenca de Chalpi, Ecuador”. Inter-American Development Bank. 2017. Disponible en: <https://publications.iadb.org/en/hydro-bid-case-study-no-5-impact-climate-change-proposed-water-investments-chalpi-basin-ecuador>.
- [21] Inter-American Development Bank. Disponible en: <https://publications.iadb.org/en/hydro-bid-case-study-no-2-modeling-impact-climate-change-flows-rio-piura-using-hydro-bid>
- [22] Diaz, L., Alarcón, J. “Estudio hidrológico y balance hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua de la cuenca de la quebrada Niscota para un acueducto interveredal en Nunchía, Casanare”. Universidad Católica de Colombia. Bogotá, 2018.
- [23] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. “Título B. Sistema de acueducto”. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. 2010, Pag 27. Disponible en: <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulob-030714.pdf>

Apéndices

Apéndice B. Datos faltantes estaciones Hidrometereológicas

Datos faltantes precipitación estación Cachiri 1986-1996

Estación: Cachiri												
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
Enero	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
Julio	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Septiembre	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
N° datos rellenados	3	1	0	0	0	0	0	5	1	1	3	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 14 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Cachiri 1997-2006

Estación: Cachiri											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	4	0	7	0	2	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	
Noviembre	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	
N° datos rellenados	1	0	3	0	7	2	21	1	2	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron 37 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Cachiri 2007-2016

Estación: Cachiri											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	0	0	7	0	0	0	1	
Febrero	0	0	0	0	0	4	0	0	1	1	
Marzo	0	0	0	0	0	4	0	1	0	2	
Abril	0	0	0	1	2	1	0	6	1	0	
Mayo	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1	
Junio	0	1	0	0	0	2	0	4	2	3	
Julio	0	0	0	2	0	0	4	0	1	7	
Agosto	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	
Septiembre	0	2	0	0	1	3	1	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	3	0	1	4	0	
Noviembre	0	0	30	3	0	2	0	1	3	9	
Diciembre	0	0	0	0	0	3	0	2	6	2	
N° datos rellenados	0	3	30	6	5	31	5	16	19	26	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraron 141 datos faltantes. Se registraron un total de 192 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Floresta La 1986-1996

Estación: Floresta La											
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Enero	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° datos rellenados	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 31 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Floresta La 1997-2006

Estación: Floresta La											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron completos los datos en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Floresta La 2007-2016

Estación: Floresta La											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	7	3	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraron 10 datos faltantes. Se registraron un total de 41 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Galvicia La 1986-1996

Estación: Galvicia La												
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 2 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Galvicia La 1997-2006

Estación: Galvicia La											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontró 1 dato faltante en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Galvicia La 2007-2016

Estación: Galvicia La											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraban completos los datos. Se registraron un total de 3 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Laguna La 1986-1996

Estación: Laguna La											
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Enero	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° datos rellenados	61	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 83 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Laguna La 1997-2006

Estación: Laguna La											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	31	213	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron 244 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Laguna La 2007-2016

Estación: Laguna La											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraron 30 datos faltantes. Se registraron un total de 357 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Llano de Palmas 1986-1996

Estación: Llano de Palmas												
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
N° datos rellenados	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 2 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Llano de Palmas 1997-2006

Estación: Llano de Palmas											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	61	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron 61 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Llano de Palmas 1986-1996

Estación: Llano de Palmas											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	
N° datos rellenados	0	31	0	0	0	0	0	0	0	31	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraron 62 datos faltantes. Se registraron un total de 125 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Llano Grande 1986-1996

Estación: Llano Grande											
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0
Julio	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° datos rellenados	0	0	0	33	0	0	0	0	0	30	0

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 63 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Llano Grande 1997-2006

Estación: Llano Grande											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Octubre	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
N° datos rellenados	214	0	0	0	0	0	0	1	0	1	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron 216 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Llano Grande 2007-2016

Estación: Llano Grande											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	0	0	31	31	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	29	28	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	31	31	1	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	30	30	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	31	31	0	1	0	
Junio	0	0	0	0	0	30	30	0	1	0	
Julio	0	0	0	0	0	31	13	0	31	0	
Agosto	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	30	0	0	30	0	0	0	1	
Octubre	0	0	0	0	31	31	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	30	30	0	1	0	1	
Diciembre	0	0	0	0	31	31	1	0	0	1	
N° datos rellenados	0	0	30	0	92	366	195	2	33	3	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraron 721 datos faltantes. Se registraron un total de 1000 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Matajira 1986-1996

Estación: Matajira												
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontró 1 dato faltante en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Matajira 1997-2006

Estación: Matajira											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron completos los datos en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Matajira 2007-2016

Estación: Matajira											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraban completos los datos. Se registro un total de 1 dato faltante en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Naranjo El 1986-1996

Estación: Naranjo El											
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraban completos los datos en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Naranjo El 1997-2006

Estación: Naranjo El											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	31	31	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	28	29	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	31	31	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	30	8	30	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	31	0	0	0	0	0	31	
Agosto	0	0	0	31	0	0	0	0	0	31	
Septiembre	0	0	0	30	0	0	9	0	0	30	
Octubre	0	0	0	31	0	1	0	31	0	31	
Noviembre	0	0	0	30	0	0	0	0	0	15	
Diciembre	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	30	98	366	0	1	9	31	0	138	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron 673 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Naranjo El 2007-2016

Estación: Naranjo El											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	214	142	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraron 356 datos faltantes. Se registraron un total de 1029 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Palmas 1986-1996

Estación: Palmas												
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 63 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Palmas 1997-2006

Estación: Palmas											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	31	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	2	0	0	48	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron 50 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Palmas 2007-2016

Estación: Palmas											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraban completos los datos. Se registraron un total de 113 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Palo Gordo 1986-1996

Estación: Palo Gordo											
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° datos rellenados	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 30 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Palo Gordo 1997-2006

Estación: Palo Gordo											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron 17 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Palo Gordo 2007-2016

Estación: Palo Gordo											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	31	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraron 59 datos faltantes. Se registraron un total de 106 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Pantano El 1986-1996

Estación: Pantano El												
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 3 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Pantano El 1997-2006

Estación: Pantano El											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	21	10	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron 31 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Pantano El 2007-2016

Estación: Pantano El											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	6	0	31	31	0	0	0	
Agosto	0	0	0	31	0	31	31	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	30	1	30	30	0	0	0	
Octubre	0	0	0	7	0	31	31	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	74	0	153	137	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraron 364 datos faltantes. Se registraron un total de 398 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Picacho El 1986-1996

Estación: Picacho El											
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 13 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Picacho El 1997-2006

Estación: Picacho El											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° datos rellenados	0	0	0	31	0	0	0	0	30	0	0

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron 61 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Picacho El 2007-2016

Estación: Picacho El											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraban completos los datos. Se registraron un total de 74 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Piedecuesta Granjas 1986-1996

Estación: Piedecuesta Granjas												
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 2 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Piedecuesta Granjas 1997-2006

Estación: Piedecuesta Granjas											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraban completos los datos en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Piedecuesta Granjas 2007-2016

Estación: Piedecuesta Granjas											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraban completos los datos. Se registraron un total de 2 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Portachuelo 1986-1996

Estación: Portachuelo											
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraban completos los datos en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Portachuelo 1997-2006

Estación: Portachuelo											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraban completos los datos en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Portachuelo 2007-2016

Estación: Portachuelo											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraban completos los datos. Se registraron un total de cero datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Tona 1986-1996

Estación: Tona												
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	11	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	30	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	6	0	30	0	0	41	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 77 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Tona 1997-2006

Estación: Tona											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron 30 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Tona 2007-2016

Estación: Tona											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraron 2 datos faltantes. Se registraron un total de 109 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Vetás - El Pozo 1986-1996

Estación: Vetás - El Pozo											
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	31	0	0	0	31	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° datos rellenados	1	31	0	1	0	31	0	0	0	0	0

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 64 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Vetás - El Pozo 1997-2006

Estación: Vetás - El Pozo											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron 31 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Vetás - El Pozo 2007-2016

Estación: Vetás - El Pozo											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraron 31 datos faltantes. Se registraron un total de 126 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Vivero Surata 1986-1996

Estación: Vivero Surata												
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 4 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Vivero Surata 1997-2006

Estación: Vivero Surata											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Octubre	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
N° datos rellenados	0	0	4	11	0	0	0	3	15	0	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron 33 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes precipitación estación Vivero Surata 2007-2016

Estación: Vivero Surata											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	31	0	0	0	0	31	4	
Febrero	0	0	0	28	0	0	0	0	3	0	
Marzo	0	0	0	31	1	0	5	0	0	0	
Abril	0	0	0	30	0	0	30	0	1	0	
Mayo	0	0	0	31	0	6	0	2	7	4	
Junio	0	0	0	30	0	0	0	3	0	0	
Julio	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
Agosto	0	0	31	0	0	0	2	4	0	0	
Septiembre	0	0	30	0	1	0	0	0	0	1	
Octubre	0	0	31	0	1	0	0	1	31	0	
Noviembre	0	0	30	0	0	1	0	1	0	2	
Diciembre	0	0	31	0	0	0	3	1	2	2	
N° datos rellenados	0	0	153	181	3	7	40	15	75	13	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraron 487 datos faltantes. Se registraron un total de 524 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes temperatura estación Cachiri 1986-1996

Estación: Cachiri											
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Enero	27	3	5	5	14	11	7	11	11	14	10
Febrero	27	0	3	10	11	9	7	15	12	11	12
Marzo	29	4	9	13	14	7	7	11	21	15	13
Abril	14	0	9	10	18	7	5	16	27	11	14
Mayo	14	0	10	18	11	4	9	13	13	8	14
Junio	15	0	9	12	9	3	4	19	13	8	14
Julio	19	0	9	6	14	15	6	14	14	14	15
Agosto	15	3	14	10	11	5	8	16	13	16	15
Septiembre	17	0	23	7	3	7	7	19	12	14	17
Octubre	5	3	22	5	6	4	6	20	18	12	12
Noviembre	7	7	17	2	4	8	9	19	18	6	8
Diciembre	3	6	14	7	17	8	8	15	31	15	15
N° datos rellenados	192	26	144	105	132	88	83	188	203	144	159

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 1464 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes temperatura estación Cachiri 1997-2006

Estación: Cachiri											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	9	6	12	26	25	22	10	7	12	7	
Febrero	7	11	14	19	21	21	12	3	12	7	
Marzo	10	11	18	12	19	26	9	11	14	10	
Abril	9	2	17	21	16	20	19	6	15	8	
Mayo	12	9	14	15	16	25	12	10	19	7	
Junio	11	8	16	15	15	17	16	11	9	0	
Julio	5	13	16	15	23	22	16	7	13	11	
Agosto	9	15	11	13	24	20	14	9	13	4	
Septiembre	10	30	8	18	23	25	14	7	9	3	
Octubre	8	31	12	20	26	20	25	6	7	4	
Noviembre	9	12	9	24	28	16	18	5	12	5	
Diciembre	6	31	16	26	25	19	23	11	8	11	
N° datos rellenados	105	179	163	224	261	253	188	93	143	77	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron 1686 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes temperatura estación Cachiri 2007-2016

Estación: Cachiri											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	3	3	1	2	0	7	2	4	31	2	
Febrero	5	2	2	0	0	6	1	5	3	2	
Marzo	4	3	2	6	4	8	3	2	3	5	
Abril	2	2	5	4	6	4	0	10	3	4	
Mayo	5	0	5	1	7	3	3	3	2	4	
Junio	2	2	6	2	8	7	5	4	4	3	
Julio	4	1	1	3	12	0	7	4	3	9	
Agosto	11	4	2	4	2	5	3	5	7	0	
Septiembre	4	4	1	10	6	5	3	3	0	1	
Octubre	9	5	1	0	0	6	3	2	16	3	
Noviembre	7	5	30	2	1	2	3	7	7	11	
Diciembre	12	5	7	0	4	5	1	9	31	4	
N° datos rellenados	68	36	63	34	50	58	34	58	110	48	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraron 559 datos faltantes. Se registraron un total de 3709 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes temperatura estación Llano Grande 1986-1996

Estación: Llano Grande												
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
Enero	2	4	4	5	2	0	2	0	2	0	0	
Febrero	2	1	3	5	3	0	3	1	0	0	0	
Marzo	1	6	4	4	4	0	3	0	0	0	0	
Abril	1	2	0	8	3	0	5	0	0	0	0	
Mayo	0	4	0	13	1	0	0	0	4	0	0	
Junio	0	6	0	16	0	0	0	1	0	3	1	
Julio	1	8	0	16	11	0	0	0	0	3	1	
Agosto	5	5	3	13	31	0	0	3	0	1	0	
Septiembre	2	2	7	22	7	0	0	1	1	1	0	
Octubre	4	1	5	12	12	1	0	1	0	0	0	
Noviembre	8	1	5	9	11	0	0	1	1	8	0	
Diciembre	3	2	8	15	12	0	1	0	2	1	0	
N° datos rellenados	29	42	39	138	97	1	14	8	10	17	2	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 397 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes temperatura estación Llano Grande 1997-2006

Estación: Llano Grande											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	0	0	0	4	0	3	1	2	5	8	
Febrero	0	1	0	0	2	2	0	3	6	8	
Marzo	0	0	0	4	0	5	1	1	10	12	
Abril	0	1	3	0	0	2	0	2	14	12	
Mayo	0	0	0	0	0	6	0	8	15	10	
Junio	0	0	0	0	1	3	0	5	8	14	
Julio	0	1	0	0	2	4	2	3	7	10	
Agosto	0	0	0	0	0	6	0	6	11	16	
Septiembre	0	0	1	0	0	4	0	7	11	11	
Octubre	0	0	0	0	4	2	0	9	14	13	
Noviembre	4	0	3	0	2	2	0	12	8	24	
Diciembre	1	0	9	0	2	1	1	7	12	18	
N° datos rellenados	5	3	16	8	13	40	5	65	121	156	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron 432 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes temperatura estación Llano Grande 2007-2016

Estación: Llano Grande											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	15	14	0	7	5	0	0	0	0	0	
Febrero	9	11	0	8	10	0	0	0	0	0	
Marzo	12	14	0	4	12	0	0	0	0	0	
Abril	19	13	0	2	9	0	0	0	0	0	
Mayo	14	14	0	4	10	0	0	0	0	0	
Junio	13	0	3	2	10	0	0	0	0	0	
Julio	15	0	2	3	9	0	0	0	0	0	
Agosto	13	0	3	4	24	0	0	0	0	1	
Septiembre	16	0	30	4	16	0	0	0	10	0	
Octubre	19	0	4	6	0	0	0	0	31	0	
Noviembre	10	1	2	6	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	14	3	4	6	0	0	0	0	0	0	
N° datos rellenados	169	70	48	56	105	0	0	0	41	1	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraron 490 datos faltantes. Se registraron un total de 1319 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes temperatura estación Vivero Surata 1986-1996

Estación: Vivero Surata											
MESES \ AÑOS	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Enero	1	12	6	0	0	2	2	0	2	5	1
Febrero	2	12	2	0	0	0	1	2	1	4	0
Marzo	5	13	3	1	1	0	1	3	0	2	0
Abril	4	11	8	0	0	0	2	0	0	3	0
Mayo	3	10	8	0	0	3	2	0	0	1	0
Junio	1	11	6	0	0	0	2	1	1	0	4
Julio	3	9	5	1	0	0	0	1	1	1	2
Agosto	7	10	5	0	0	0	0	3	3	0	2
Septiembre	10	11	8	0	1	0	0	3	6	1	3
Octubre	7	12	5	0	0	0	0	1	4	0	0
Noviembre	7	10	2	0	0	0	3	0	5	0	0
Diciembre	7	8	1	1	0	0	1	2	2	0	0
N° datos rellenados	57	129	59	3	2	5	14	16	25	17	12

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1986 y 1996 se encontraron 339 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes temperatura estación Vivero Surata 1997-2006

Estación: Vivero Surata											
MESES \ AÑOS	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Enero	1	4	0	1	0	0	0	5	1	1	
Febrero	0	4	0	0	5	2	0	10	3	4	
Marzo	0	5	2	0	2	0	0	7	9	4	
Abril	0	6	1	11	2	0	0	2	1	6	
Mayo	0	9	0	0	0	0	0	6	4	7	
Junio	0	8	0	0	0	0	0	4	18	0	
Julio	0	0	0	0	2	0	0	5	3	0	
Agosto	1	0	1	2	0	0	0	2	1	0	
Septiembre	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
Octubre	1	0	4	0	0	0	0	1	0	0	
Noviembre	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
Diciembre	2	0	0	0	0	0	0	5	0	0	
N° datos rellenados	5	36	8	15	11	4	0	48	40	22	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 se encontraron 189 datos faltantes en la estación.

Datos faltantes temperatura estación Vivero Surata 2007-2016

Estación: Vivero Surata											
MESES \ AÑOS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Enero	0	0	0	0	3	0	0	7	31	5	
Febrero	2	0	0	0	0	0	0	0	5	4	
Marzo	0	0	0	0	3	0	4	0	0	1	
Abril	9	0	0	0	2	0	30	0	2	0	
Mayo	0	0	0	0	2	2	0	2	7	5	
Junio	0	0	0	0	3	2	2	3	0	0	
Julio	0	0	1	0	3	0	3	3	1	0	
Agosto	0	0	1	3	3	0	2	5	0	1	
Septiembre	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
Noviembre	0	1	0	0	0	2	30	2	0	3	
Diciembre	0	0	0	6	0	3	3	2	2	4	
N° datos rellenados	11	1	2	9	21	9	74	26	48	26	

Nota. En el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016 se encontraron 227 datos faltantes. Se registraron un total de 755 datos faltantes en la estación.