

**IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA RELACION
OFERTA-DEMANDA EN LA CUENCA DEL RÍO BALSILLAS - DEPARTAMENTO DE
CUNDINAMARCA.**

AUTORES

**Natalia Laverde Alarcón
Nicole Fernanda Moyano Martínez**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTA D.C.
2019**

**IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA RELACION
OFERTA-DEMANDA EN LA CUENCA DEL RÍO BALSILLAS - DEPARTAMENTO DE
CUNDINAMARCA.**

**NATALIA LAVERDE ALARCÓN
NICOLE FERNANDA MOYANO MARTÍNEZ**

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERIA AMBIENTAL

**DIRECTOR
Darwin Mena Rentería
Ingeniero Ambiental y Sanitario
MSc en Evaluación de Recursos Hídricos**

**CO-DIRECTOR
Miguel Angel Cañon Ramos
Ingeniero Ambiental
MSc (c) Hidrosistemas**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTA D.C.
2019**

Nota de aceptación

Firma director trabajo de grado

Firma del jurado

Firma del jurado

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por ser nuestro guía a lo largo de nuestra carrera, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad, por brindarnos paciencia y sabiduría para culminar con éxito nuestras metas propuestas

Gracias a nuestros padres: Liliana Alarcón, Stanly Laverde, Gilma Martínez y Anatolio Moyano, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado y ante todo por su apoyo incondicional.

Agradecemos de manera especial, al Docente Darwin Mena Rentería Director de nuestro proyecto de investigación quien con su experiencia, conocimiento y motivación nos ha orientado, así mismo por su paciencia y por la confianza que depositó en nosotras para culminar satisfactoriamente este proyecto.

Agradecemos a nuestros docentes de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomas, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, especialmente a Miguel Cañón, como Codirector y cuyo papel fue de vital importancia en el desarrollo de este proyecto de investigación

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|-----------|---|----|
| 1. | RESUMEN..... | 11 |
| 2. | ABSTRACT | 12 |
| 3. | INTRODUCCIÓN | 13 |
| 4. | OBJETIVOS | 14 |
| 4.1. | Objetivo general | 14 |
| 4.2. | Objetivos específicos | 14 |
| 5. | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 15 |
| 6. | JUSTIFICACIÓN | 16 |
| 7. | MARCO TEÓRICO | 17 |
| 7.1. | Descripción general de la cuenca..... | 17 |
| 7.2. | Topografía y morfometría..... | 19 |
| 7.3. | Climatología | 21 |
| 7.4. | Recursos hídricos e hidrología..... | 30 |
| 7.5. | Cambio climático | 30 |
| 7.6. | Escenarios de cambio climático | 31 |
| 7.7. | Modelos de recirculación global (GCM) | 33 |
| 7.8. | Reducción a escala..... | 34 |
| 7.8.1. | Reducción a escala basada en la teoría del caos | 35 |
| 7.9. | Experimento regional coordinado de reducción climática (CORDEX) | 37 |
| 7.10. | Sistema de indicadores hídricos..... | 38 |
| 7.10.1. | Índice de retención y regulación hídrica (IRH) | 39 |
| 7.10.2. | Índice de uso del agua superficial (IUA) | 39 |
| 7.10.3. | Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH) | 39 |
| 7.11. | Modelación hidrológica | 39 |
| 7.11.1. | Hydro-BID..... | 40 |
| 7.11.1.1. | Calibración del modelo con el software Hydro-BID | 41 |
| 8. | METODOLOGÍA..... | 43 |
| 9. | RESULTADOS | 44 |
| 9.1. | Estimación de la oferta | 44 |
| 9.1.1. | Definición y procesamiento de la cuenca..... | 44 |
| 9.2. | Obtención y tratamiento de los datos de entrada..... | 45 |
| 9.3. | Calibración y validación con el software Hydro-BID | 48 |
| 9.4. | Análisis cambio climático..... | 52 |
| 9.4.1. | Modelo de circulación global (GCM)..... | 52 |
| 9.4.2. | Reducción de escala basada en la teoría del Caos..... | 57 |
| 10. | OBTENCIÓN DE LA DEMANDA..... | 64 |
| 10.1. | Obtención de la demanda actual y futura..... | 64 |
| 10.1.1. | Sector agrícola | 66 |
| 10.1.2. | Sector pecuario | 67 |
| 10.1.3. | Sector industrial | 68 |
| 10.1.4. | Sector domestico | 69 |
| 11. | ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE OFERTA HÍDRICA NATURAL | 70 |
| 11.1. | Curva de duración de caudales..... | 70 |
| 11.2. | Índice de retención y regulación hídrica (IRH)..... | 72 |
| 11.2.1. | Caudal ambiental..... | 74 |

| | |
|--|-----|
| 11.3. Índice de uso de agua (IUA) | 74 |
| 11.3.1. Demanda hídrica..... | 75 |
| 11.3.2. Oferta hídrica..... | 76 |
| 11.4. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH)..... | 77 |
| 12. IMPACTO SOCIAL..... | 78 |
| 13. CONCLUSIONES..... | 79 |
| 14. RECOMENDACIONES..... | 81 |
| 15. BIBLIOGRAFÍA..... | 82 |
| 16. ANEXOS..... | 87 |
| ANEXO A. Comparación de datos históricos y datos futuros para el modelo CORDEX MPI-ESM-MR para la variable de precipitación..... | 87 |
| ANEXO B. Comparación de datos históricos y datos futuros para el modelo GCM MPI-ESM-MR para la variable de temperatura | 90 |
| ANEXO C. Puntos de demanda en la cuenca por municipios y sectores según registros de la CAR | 93 |
| ANEXO D. Calculo de la demanda por sectores económicos | 133 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Distribución territorial dentro de la subcuenca..... | 18 |
| Tabla 2 Porcentaje de población que se ubica en la Cuenca del Rio Balsillas | 18 |
| Tabla 3 Coberturas y especies forestales en la Cuenca del Rio Balsillas | 19 |
| Tabla 4 Características del suelo de la Cuenca del Rio Balsillas..... | 19 |
| Tabla 5 Distribución de los diferentes rangos de pendiente de la Cuenca del Rio Balsillas..... | 20 |
| Tabla 6 Características morfométricas de la Cuenca del Rio Balsillas..... | 20 |
| Tabla 7 Comparación de ventajas y desventajas de cada tipo de técnica | 35 |
| Tabla 8 Parámetros de calibración del software Hydro-BID..... | 41 |
| Tabla 9 Métricas de desempeño para la calibración del software Hydro-BID | 42 |
| Tabla 10 Datos de entrada del modelo en el software Hydro-BID..... | 45 |
| Tabla 11 Parámetros de calibración para el modelo en Hydro-BID..... | 48 |
| Tabla 12 Métricas de desempeño para la calibración del modelo en Hydro-BID..... | 48 |
| Tabla 13 Métricas de desempeño para la validación del modelo en Hydro-BID..... | 51 |
| Tabla 14. Resultados criterios de comparación MPI-ESMMR –CORDEX..... | 53 |
| Tabla 15. Resultados criterios de comparación MPI-ESM-MR | 55 |
| Tabla 16 Variación de la precipitación bajo la reducción de escala. | 58 |
| Tabla 17. Variación de la temperatura bajo la reducción de escala | 61 |
| Tabla 18 Calculo de la población proyectada hasta el 2020 por Municipios..... | 65 |
| Tabla 19 Clasificación de demanda hasta el año 2020 por sectores en litro/año..... | 65 |
| Tabla 20 Demanda de agua en m ³ /s del sector agrícola para cada municipio | 66 |
| Tabla 21 Demanda de agua en m ³ /s del sector pecuario para cada municipio | 67 |
| Tabla 22 Demanda de agua en m ³ /s del sector industrial para cada municipio | 68 |
| Tabla 23 Determinación de dotación neta..... | 69 |
| Tabla 24 Demanda de agua en m ³ /s del sector doméstico para cada municipio | 69 |

| | |
|--|----|
| Tabla 25 Rangos y categorías del Índice de Retención y Regulación Hídrica | 73 |
| Tabla 26 Índice de retención y regulación hídrica para la cuenca del Rio Balsillas | 73 |
| Tabla 27 Caudal ambiental en m ³ /s para cada periodo de tiempo en la Cuenca del Rio Balsillas..... | 74 |
| Tabla 28 Demanda total de agua en m ³ /s para cada periodo de tiempo | 75 |
| Tabla 29 Oferta hídrica para cada periodo de tiempo en la Cuenca del Rio Balsillas | 76 |
| Tabla 30 Rangos y categorías del Índice del Uso del Agua..... | 76 |
| Tabla 31 Índice de uso de agua para la cuenca del Rio Balsillas..... | 77 |
| Tabla 32 Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico IVH..... | 77 |
| Tabla 33 Índice de uso de agua extremo..... | 78 |
| Tabla 34 Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento del Rio Balsillas..... | 78 |

LISTA DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1 Descripción de los escenarios de cambio climático | 32 |
| Ilustración 2 Evolución de la resolución espacial de los GCM a través del tiempo.. | 33 |
| Ilustración 3 Esquema del concepto downscaling espacial | 34 |
| Ilustración 4 Comparación del espacio de fase de la serie de tiempo de precipitación | 36 |
| Ilustración 5 Relación entre los puntos de los atractores | 37 |
| Ilustración 6 Sistema Hydro-BID y sus componentes..... | 41 |
| Ilustración 7 Esquema metodológico..... | 43 |
| Ilustración 8 Datos observados de precipitación Vs caudales observados y simulados | 50 |

LISTA DE MAPAS

| | |
|--|----|
| Mapa 1 Localización de la Cuenca del Rio Balsillas | 17 |
| Mapa 2 Elevación medio de la Cuenca del Rio Balsillas..... | 21 |
| Mapa 3 Temperatura media en °C de la Cuenca del Rio Balsillas..... | 23 |
| Mapa 4 Precipitación media en mm de la Cuenca del Rio Balsillas..... | 24 |
| Mapa 5 Humedad Relativa en % de la Cuenca del Rio Balsillas..... | 26 |
| Mapa 6 Brillo solar en horas de la Cuenca del Rio Balsillas | 28 |
| Mapa 7 Delimitación de la Cuenca del Rio Balsillas con el software QGIS | 45 |
| Mapa 8 Ubicación de las estaciones de temperatura dentro de la Cuenca del Rio Balsillas..... | 46 |
| Mapa 9 Ubicación de las estaciones de precipitación dentro de la Cuenca del Rio Balsillas..... | 47 |
| Mapa 10 Ubicación de las estaciones de caudal dentro de la Cuenca del Rio Balsillas | 47 |

| | |
|---|-----------|
| Mapa 11 Interpolación de precipitación bajo el escenario RCP 2.6 | 59 |
| Mapa 12 Interpolación de precipitación bajo el escenario RCP 4.5 | 60 |
| Mapa 13 Interpolación de precipitación bajo el escenario RCP 8.5 | 60 |
| Mapa 14 Interpolación de temperatura bajo el escenario RCP 2.6..... | 63 |
| Mapa 15 Interpolación de temperatura bajo el escenario RCP 4.5..... | 63 |
| Mapa 16 Interpolación de temperatura bajo el escenario RCP 8.5..... | 64 |

LISTA DE GRAFICAS

| | |
|---|-----------|
| Grafica 1 Temperatura media en °C de la Cuenca del Rio Balsillas..... | 23 |
| Grafica 2 Precipitación media en mm de la Cuenca del Rio Balsillas..... | 25 |
| Grafica 3 Diagrama de cajas de precipitación de la Cuenca del Rio Balsillas | 25 |
| Grafica 4 Promedio mensual de Humedad relativa de la Cuenca del Rio Balsillas .. | 27 |
| Grafica 5 Diagrama de cajas de Humedad relativa de la Cuenca del Rio Balsillas... | 27 |
| Grafica 6 Promedio mensual de Brillo solar de la Cuenca del Rio Balsillas | 29 |
| Grafica 7 Diagrama de cajas de Brillo Solar de la Cuenca del Rio Balsillas | 29 |
| Grafica 8 Curva de duración de caudales de la calibración del modelo..... | 49 |
| Grafica 9 Curva de duración de caudales de la validación del modelo | 51 |
| Grafica 10 Comportamiento mensual multianual GCM vs datos históricos de precipitación de la estación 301388800 | 53 |
| Grafica 11 Comportamiento mensual multianual GCM vs datos históricos de precipitación de la estación 301388900 | 54 |
| Grafica 12 Comportamiento mensual multianual GCM vs datos históricos de precipitación de la estación 301413300 | 54 |
| Grafica 13 Comportamiento mensual multianual GCM vs datos históricos de temperatura de la estación 301388800..... | 55 |
| Grafica 14 Comportamiento mensual multianual GCM vs datos históricos de temperatura de la estación 301388900..... | 56 |
| Grafica 15 Comportamiento mensual multianual GCM vs datos históricos de temperatura de la estación 301413300..... | 56 |
| Grafica 16 Precipitación promedio - Datos históricos VS series de escala reducida | 58 |
| Grafica 17 Temperatura promedio - Datos históricos VS series de escala reducida | 62 |
| Grafica 18 Curva de duración de caudales medios diarios del año 2015 a 2040 | 71 |
| Grafica 19 Curva de duración de caudales medios diarios del año 2041 a 2070 | 71 |
| Grafica 20 Curva de duración de caudales medios diarios del año 2071 a 2100 | 72 |

LISTA DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 1 Balance hídrico. | 30 |
| Ecuación 2 Cálculo de μ | 36 |
| Ecuación 3 Cálculo de la demanda doméstica. | 66 |
| Ecuación 4 Cálculo de probabilidad de excedencia..... | 71 |
| Ecuación 5 Cálculo del índice de retención hídrica. | 73 |
| Ecuación 6 Cálculo de índice de uso de agua. | 74 |
| Ecuación 7 Cálculo de demanda hídrica sectorial. | 75 |
| Ecuación 8 Cálculo de oferta hídrica superficial disponible. | 76 |

ABREVIATURAS

AHD: Base de Datos de Hidrología Analítica
ALC: América Latina y El Caribe
BID: Banco Interamericano de Desarrollo
CMIP: Proyecto de comparación de modelos acoplados
CMNUCC: Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística
ENA: Estudio Nacional del Agua
ENSO: Oscilación del Niño Sur
GCM: Modelo de Circulación Global
GEI: Gases de Efecto Invernadero
IA: Índice de aridez
IARC: Índice de agua no retornada a la cuenca
IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IIASA: Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados
IVH: Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico
IUA: Índice de uso del agua
IPCC: Panel Intergubernamental de Cambio Climático
IRH: Índice de retención hídrica
IPH: Índice de presión hídrica a los ecosistemas
JGCRI: Joint Global Change Research Institute
m.s.n.m: Metros sobre el nivel del mar
mm: Milímetros de precipitación
OMM: Organización meteorológica mundial
PIB: Producto Interno Bruto
PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
POMCA: Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas
RCM: Modelo de Circulación Regional
USGS: Registros del servicio geológico de los Estados Unidos
°C: Grados centígrados

1. RESUMEN

En este trabajo de investigación se efectuó un análisis de la relación entre la oferta y la demanda de la cuenca del río Balsillas ubicado en la Sabana de Bogotá, incluyendo las variaciones de precipitación y temperatura asociados a los escenarios de cambio climático planteados para Colombia; las cuencas andinas como la del río Balsillas son vulnerables a los cambios del clima, por lo que la probabilidad a no satisfacer las demandas de los diferentes sectores hidrodépendientes (como, los sistemas de abastecimiento domésticos e industriales y la agricultura), tiende a acentuarse, por efecto de la posible reducción en la oferta y por una mayor demanda de agua debido al crecimiento de la población y de las actividades económicas.

Para dichos efectos de no abastecimiento se estimó el régimen hidrológico futuro a partir de la herramienta de modelación Hydro-BID, la cual permite estimar la disponibilidad de agua, así como incorporar las variaciones del clima futuro de una zona, con el fin de identificar los impactos de los escenarios de cambio climático sobre los recursos hídricos a nivel de cuenca.

Para los análisis de la relación oferta-demanda de agua y de la demanda insatisfecha obtenida de dicha modelación, se realizó el análisis de balances hídricos mensuales en los nodos de demanda y oferta utilizando modelos de gestión del agua, los cuales permiten el análisis de una serie de escenarios e incertidumbres definidas por el usuario, incluyendo las relacionadas con el clima, las condiciones de las cuencas, las demandas proyectadas, las necesidades de los ecosistemas, cambios en los usos del suelo, y las necesidades de infraestructura.

Palabras clave: Hydro-BID, oferta-demanda hídrica, Río Balsillas, cambio climático, recurso hídrico

2. ABSTRACT

In this research work an analysis was made of the relationship between supply and demand of the Balsillas river basin located in the Sabana of Bogota, including precipitation and temperature variations associated with climate change scenarios in Colombia; Andean basins such as the Balsillas River are vulnerable to climate change, the probability of not meeting the demands of the different hydro-dependent sectors (such as domestic and industrial supply systems and agriculture) tends to increase, the effect of a possible reduction in supply and increased demand for water due to population growth and economic activities.

For these effects of no supply, the future hydrological regime was estimated from the Hydro-BID modelling tool, which allows to estimate the availability of water, as well as to incorporate the variations of the future climate of an area, in order to identify the impacts of climate change scenarios on water resources at the basin level.

For the analysis of the supply-demand ratio of water and the unsatisfied demand obtained from such modelling, the analysis of monthly water balances at demand and supply nodes was carried out using water management models, which allow the analysis of a number of user-defined scenarios and uncertainties, including those related to climate, watershed conditions, projected demands, ecosystem needs, land use changes, and infrastructure needs.

Keywords: Hydro-BID, water supply - demand, Balsillas river, climate change, hydric resource.

3. INTRODUCCIÓN

El agua contribuye a la estabilidad del funcionamiento del entorno y de los seres y organismos que en él habitan, es, por tanto, un elemento indispensable para la subsistencia de la vida animal y vegetal del planeta. "El agua es un bien de primera necesidad para los seres vivos y un elemento natural imprescindible en la configuración de los sistemas medioambientales" [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.], por ende la contaminación del agua y su escasez plantean amenazas para la salud humana y la calidad de vida; razón por la cual, se ha convertido en un tema de interés para el sostenimiento de los ecosistemas tanto húmedo como terrestre, sometiendo a una presión todavía mayor a la flora y la fauna, que padecen ya las repercusiones de la urbanización y el cambio climático [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Teniendo en cuenta que Colombia se ubica entre los países con mayor riqueza en recursos hídricos en el mundo, se han realizado estimaciones por medio del IDEAM, mediante las cuales se afirma que la demanda de uso de agua para el desarrollo de las actividades socioeconómicas en el país se representa principalmente mediante los siguientes usos: agrícola, doméstico, industrial, pecuario y servicios; 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, en las cuales existen necesidades hídricas insatisfechas de los ecosistemas y que cada vez es mayor el número de impactos de origen antrópico sobre el agua, por lo que la disponibilidad del recurso es cada vez menor [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Con base a esta información y estudios realizados a nivel nacional para los diferentes sectores económicos esta investigación emplea herramientas de modelación hidrológica y de planificación del recurso hídrico, con el fin de evaluar el impacto del cambio climático sobre la disponibilidad hídrica y su repercusión en la demanda de la cuenca del río Balsillas. Se implementó la herramienta Hydro-BID para generar las series de tiempo de caudales bajo el clima actual y bajo las proyecciones climáticas futuras, así como la información planteada en el documento titulado Estudio Nacional del Agua (ENA).

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Analizar la relación oferta-demanda de agua en la cuenca del río Balsillas bajo escenarios de cambio climático a partir de indicadores.

4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la disponibilidad de agua de la cuenca del río Balsillas bajo escenarios de cambio climático implementando la herramienta Hydro-BID.
- Estimar la demanda actual y futura de agua en la cuenca del río Balsillas para los diferentes sectores económicos.
- Estimar los indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico para la cuenca del Río Balsillas.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Millones de personas sufren ya los efectos catastróficos de desastres naturales extremos debido al cambio climático que no sólo conlleva un aumento de las temperaturas, sino también fenómenos meteorológicos extremos, la elevación del nivel del mar y cambios en las poblaciones y los hábitats de flora y fauna silvestres, entre otros efectos **[¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]**.

Actuar frente al cambio climático requiere la acción inmediata de todos los países del mundo, Colombia ha sido uno de los 195 países que firmó el primer acuerdo mundial vinculante sobre el clima “Acuerdo de París”, el cual plantea que de aquí a 2030 debemos reducir las emisiones de gases con efecto invernadero a la mitad de su nivel en 2010 para no alcanzar el aumento de 1,5 °C. Por tanto, nuestros gobiernos deben tomar medidas de forma inmediata para dar un cambio de rumbo **[¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]**. En cuanto a la gestión del recurso hídrico Colombia desarrollo medidas de protección en respuesta a una creciente necesidad de lograr la conservación y el uso sostenible del agua. Bajo esta premisa, es evidente como en los últimos años se han intensificado los esfuerzos por el planteamiento de políticas encaminadas al manejo del agua en el país. Sin embargo, existen limitantes como la falta de conocimiento y caracterización del ciclo hidrológico en las diferentes cuencas y la variación del régimen hidrológico como consecuencia de los inminentes cambios del clima **[¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]**.

Como respuesta a la falta de información identificada se han desarrollado herramientas, como la modelación hidrológica mediante el software Hydro-BID, que contribuye a obtener un mayor conocimiento sobre los cuerpos hídricos **[¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]**. Este software “Hydro-BID” presenta varias ventajas como conocer las condiciones actuales y futuras del recurso, evaluar el impacto del cambio climático sobre la disponibilidad hídrica su grado de vulnerabilidad, prevención y reducción del riesgo ambiental y social en las diferentes zonas, esto según la Ley 1523 de 2012 la cual rige mediante el artículo 3 por el principio de protección donde especifica que los residentes de Colombia deben ser protegidos por las autoridades competentes frente a posibles desastres o fenómenos peligrosos que amenacen o infieran a la integridad física y mental de la persona. En adición a esto, también facilita la caracterización en cuencas con escasez de información o sin información como condiciones de difícil acceso o demasiado extensas de una forma más eficiente y sencilla; con menor inversión de dinero y tiempo. De esta manera es posible lograr una mejor gestión del recurso cumpliendo los objetivos planteados en la Política Nacional para la gestión del Recurso Hídrico **[¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]**.

6. JUSTIFICACIÓN

El análisis del cambio climático y sus repercusiones representan una preocupación persistente a nivel global que ha llevado a los organismos gubernamentales a realizar un esfuerzo por hacer frente a los efectos adversos; planteando acciones de mitigación y adaptación y fortaleciendo el desarrollo de investigación **[¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]**. En el caso particular de Colombia, a pesar de ser una nación con economía en desarrollo, que no genera grandes aportaciones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, se ha determinado que hace parte de un conjunto de naciones que se consideran más vulnerables a los efectos del cambio climático **[¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]**.

Según estudios realizados por parte del grupo de modelamiento de tiempo, clima y escenarios de cambio climático perteneciente al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) la precipitación actual presenta un aumento de entre el 10% y el 40% comparado con las décadas anteriores, además la temperatura presenta un comportamiento acorde a la región, con anomalías entre 0.5 y 1.5 **[¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]**. Adicionalmente, este instituto ha estimado que para los escenarios de cambio climático planteados en el periodo 2011-2040 se prevé un aumento de la precipitación que varía entre el 10% y el 30% **[¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]**.

Debido a la heterogeneidad del territorio colombiano, es necesario el desarrollo de investigaciones que impliquen análisis a nivel regional y local, para poder determinar de manera más concisa la vulnerabilidad, reducir los posibles riesgos por sequías o inundaciones y asegurar la disponibilidad de agua para abastecimiento **[¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]**.

El efecto de estas modificaciones en el comportamiento de la precipitación y la temperatura en el recurso hídrico se ha estudiado a escala nacional y de manera muy general, para el caso de la cuenca del río Balsillas ubicada en la Sabana de Bogotá, el Plan de Ordenación y Manejo Integral de Cuencas (POMCA) estableció los Índices de vulnerabilidad y desabastecimiento hídrico (IVH) que mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en el abastecimiento de agua, índice de uso del agua (IUA) el cual determina la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios y el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) que mide la cantidad de humedad que pueden retener las cuencas. Según el estudio nacional del agua el cual mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en el abastecimiento de agua, que ante amenazas como periodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno cálido del Pacífico podría generar riesgos de desabastecimiento **[¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]**. Sin embargo, no se determinó la vulnerabilidad con respecto a los escenarios de cambio climático, por lo cual es muy difícil la aplicación de estrategias de gestión, adaptación y mitigación, esto basado en la política nacional de cambio climático y el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, los cuales establecen que la mitigación es la intervención que realiza el hombre para reducir los impactos o mejorar las condiciones de calidad ambientales y condiciones de vida a las comunidades **[¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]**.

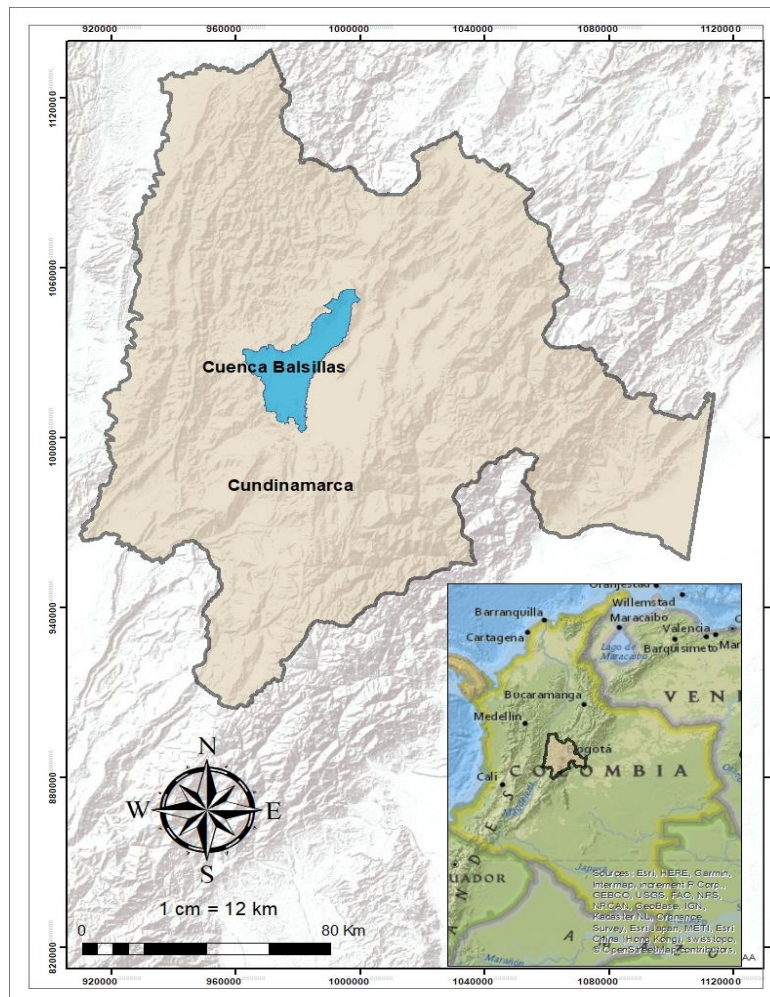
El planteamiento de medidas para la reducción de los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos requieren tener el conocimiento del comportamiento futuro de los sistemas de recursos hídricos, por lo tanto los resultados obtenidos de este proyecto servirán de base para que las autoridades encargadas del manejo y administración del recurso hídrico, así como los usuarios cuenten con las herramientas técnico-científicas para afrontar los impactos que se puedan presentar en un futuro, debido al cambio en las condiciones climáticas de la zona.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Descripción general de la cuenca

La cuenca del río Balsillas se encuentra ubicada al este de la Sabana y en la zona centro occidental de la cuenca media del Río Bogotá, en el departamento de Cundinamarca en los municipios de Albán, Anolaima, Bojaca, El Rosal, Facatativá, Funza, La Vega, Madrid, Mosquera, Pacho, San Francisco, Sasaima, Soacha, Subachoque, Tabio, Tenjo, Zipaquirá; a una altura 2730 msnm con una temperatura de 13°C aproximadamente lo cual permite la presencia de climas fríos, húmedos y secos [**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**]. Posee un área de 62441,6 Ha, con un cauce principal de 68,1 Km de longitud abarcando una población cercana a los 197486 habitantes. Tiene como tributarios importantes el río Subachoque, el río Bojacá, las quebradas San Joaquín, Yerbabuena, Pozo Amarillo y Los Curubitos [**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

Mapa 1 Localización de la Cuenca del Río Balsillas



Fuente Autores

La cuenca del Rio Balsillas hace parte de la Cuenca del Rio Bogotá, a continuación, se presentan los municipios que hacen parte de esta cuenca y así mismo se especifican las áreas en hectáreas (Ha) que están dentro esta:

Tabla 1 Distribución territorial dentro de la subcuenca

| MUNICIPIO | ÁREA (Ha) | | |
|------------|-----------|----------|----------|
| | Urbana | Rural | Total |
| Albán | | 147.46 | 147.46 |
| Anolaima | | 8.29 | 8.29 |
| Bojaca | 203.91 | 5241.53 | 5445.44 |
| El Rosal | 68.84 | 8422.96 | 8491.8 |
| Facatativá | 1156.01 | 13926.71 | 15082.72 |
| Funza | | 633.08 | 633.08 |
| La Vega | | 16.51 | 16.51 |

| | | | |
|----------------------|--------|----------|----------|
| Madrid | 602.48 | 10724.81 | 11327.29 |
| Mosquera | 45.21 | 3244.94 | 3290.15 |
| Pacho | | 65.4 | 65.4 |
| San Francisco | | 147.96 | 147.96 |
| Sasaima | | 75.13 | 75.13 |
| Soacha | | 119.33 | 119.33 |
| Subachoque | 81.37 | 16840.91 | 16922.28 |
| Tabio | | 129.56 | 129.56 |
| Tenjo | | 31.28 | 31.28 |
| Zipacon | | 446.07 | 446.07 |
| Zipaquirá | | 61.87 | 61.87 |

Fuente Autores

En la **Tabla 2** se presenta la información más precisa de la población que se encuentra ubicada en la cuenca, en la **Tabla 3** y **Tabla 4** se presenta información característica de la cuenca como lo es el paisaje, especies de mayor peso ecológico, y datos específicos del suelo por el cual se encuentra rodeada la cuenca.

Tabla 2 Porcentaje de población que se ubica en la Cuenca del Rio Balsillas

| POBLACION | | | | | | |
|----------------------|---------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| SUBCUENCA | Urbana | % | Rural | % | Total | % |
| RIO BALSILLAS | 125593 | 13.39 | 19491 | 5.92 | 145084 | 11.42 |

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Tabla 3 Coberturas y especies forestales en la Cuenca del Rio Balsillas

| SUBCUENCA | Coberturas vegetales | Especies de mayor peso ecológico |
|----------------------|-----------------------------|---|
| RIO BALSILLAS | Bosque Primario | <i>Hyeronima rufa</i> <i>Oreopanax bogotensis</i> |
| | Rastrojo - Matorral | <i>Diplostephium rosmarinifolium</i> <i>Weinmannia tomentosa</i> <i>Myrsine guianensis</i> <i>Miconia squamulosa</i> |
| | Vegetación de Paramo | <i>Pernettya prostata</i> <i>Hypericum thuyoides</i> <i>Miconia salicifolia</i> <i>Blechunum sp.</i> <i>Paepalanthus columbiensis</i> |

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Tabla 4 Características del suelo de la Cuenca del Rio Balsillas

| SUBCUENCA | RIO BALSILLAS |
|---------------------------------|---|
| Paisaje | Plano en una condición climática fría mayormente seca. |
| Características químicas | pH ligeramente ácidos, moderada saturación de aluminio, moderada a alta saturación de bases, moderados contenidos de carbón orgánico, moderados contenidos de fosforo, potasio y calcio. En general, los suelos son de fertilidad moderada a alta. |
| Características físicas | Texturas moderadamente finas, estructuras moderadas, densidades aparentes medias en suelos originados a partir de rocas y bajas en aquellos que son producto de la evolución de cenizas volcánicas y una alta susceptibilidad a la erosión hídrica cuando son desprovistos de vegetación. |
| Taxonomía | Dominancia equilibrada de los suelos de los órdenes andisol e inceptisol |

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

7.2. Topografía y morfometría

La Cuenca del Rio Balsillas cuenta con altitudes que oscilan entre los 2600 y 3500 msnm, se caracteriza por relieves montañosos en su parte nort-oriental con predominio en relieves ondulados fuertemente ondulados a fuertemente quebrados y escarpados constituyendo 42.5% del área total [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

En la zona centro-sur de la subcuenca se localizan la planicie lacustre aluvial a lo largo del Rio Subachoque – Balsillas con predominio de relieves planos a ligeramente ondulados. Las zonas de relieve plano a ligeramente inclinado constituyen el 43.2% del área total [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Sobre las zonas planas y ligeramente inclinadas se asientan las cabeceras municipales de Facatativá, Madrid, El Rosal y Subachoque. Las zonas con predominio de relieve ondulado a inclinado se asientan sobre el piedemonte limitado con la planicie aluvial y constituyen el 14.2% del área. En la **Tabla 5** se presenta información de la distribución de los rangos de pendiente para la Cuenca del Rio Balsillas [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Tabla 5 Distribución de los diferentes rangos de pendiente de la Cuenca del Rio Balsillas.

| GRADO | Relieve | Símbolo | Área (ha) | Porcentaje |
|-------|---------|---------|-----------|------------|
|-------|---------|---------|-----------|------------|

| | | | | |
|---------|---|---|----------|-------|
| 0-3 % | Plano, plano cóncavo y ligeramente plano | a | 12733.6 | 20.39 |
| 3-7 % | Ligeramente inclinado, ligeramente ondulado | b | 14256.05 | 22.83 |
| 7-12 % | Ondulado, inclinado | c | 8856.67 | 14.18 |
| 12-25 % | Fuertemente ondulado, fuertemente inclinado | d | 15005.67 | 24.03 |
| 25-50 % | Fuertemente quebrado | e | 9846.25 | 15.77 |
| 50-75 % | Escarpado | f | 1574.73 | 2.52 |
| > 75 % | Muy escarpado | g | 168.63 | 0.27 |

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

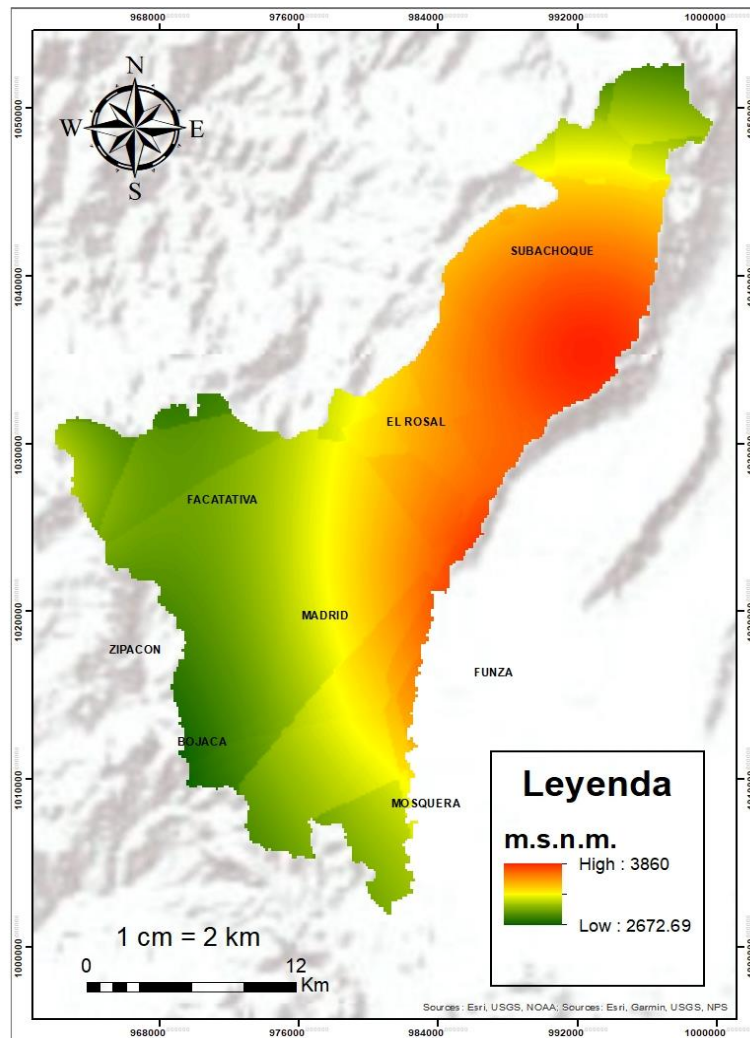
En la **Tabla 6** se presenta información de las características morfométricas de la cuenca, la cual cuenta un área total de 644 km² y una longitud de 68 km, es de tipo triangular, su cabecera se ubica sobre la cota 3700 msnm y su cota más baja sobre los 2500 msnm, presentando un drenaje superficial rápido de tipo sinuoso [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Tabla 6 Características morfométricas de la Cuenca del Rio Balsillas

| CUENCA | Rio Balsillas |
|--------------------------------------|----------------------|
| Cota mayor (m) | 3,700 |
| Cota menor (m) | 2,500 |
| Pendiente media (m) | 0.02 |
| Altitud media | 2730 msnm |
| Área (km²) | 644 |
| Perímetro (km) | 173 |
| Longitud cauce principal (km) | 68 |
| Ancho cuenca (m) | 14,302 |

Fuente Autores

Mapa 2 Elevación medio de la Cuenca del Rio Balsillas



Fuente Autores

7.3. Climatología

Como es bien sabido el clima es el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan el tiempo atmosférico y la evolución de una determinada región. Esto se determina bajo el análisis espacio temporal de los elementos que lo definen como lo es la precipitación, la temperatura, la humedad relativa, el brillo solar, entre otros, y factores que lo afectan como las pendientes, la altitud, el relieve o cobertura vegetal.

Así mismo, el BoxPlot es un instrumento gráfico de la estadística descriptiva que permite realizar un análisis más detallado y conciso respecto a la distribución de los datos en la muestra. Esto se complementa, de manera cualitativa, con los resultados cuantitativos obtenidos a través de los estadísticos de la muestra. Adicionalmente un Diagrama de Cajas permite determinar si la muestra tiene elementos “outliers” y si presenta un sesgo a la izquierda a la derecha o izquierda.

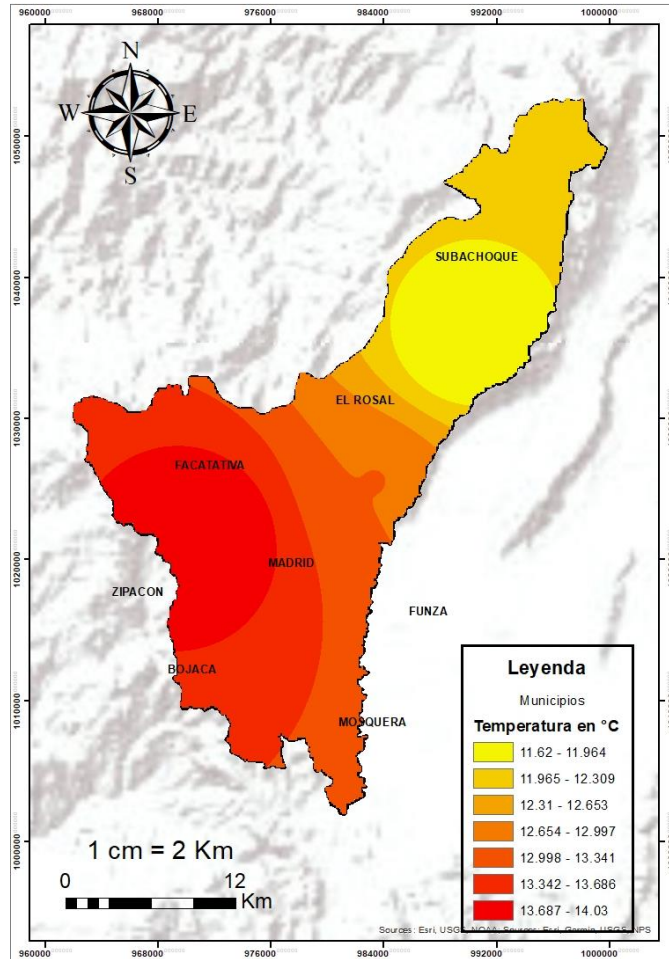
El gráfico de caja es una buena alternativa a la presentación tradicional de datos medidos con escala cuantitativa: el histograma. En éste algunas características de la distribución pueden quedar enmascaradas por la construcción de los intervalos de clase; como, por ejemplo: los valores de la escala que corresponden al 50% de las observaciones centrales y al 25% de las observaciones de cada lado, el valor de la mediana, los valores de observaciones muy apartadas de las posiciones centrales, etc. Es decir, es una presentación que agrega a las ventajas de los gráficos (rápida comprensión visual) algunas referencias estadísticas. Por otra parte, permite cotejar varias series de datos medidas con la misma escala y ubicadas en posiciones parecidas de ésta; siendo, en tal sentido, más claro y de mayor información que el polígono de frecuencias (utilizado para comparar dos o más histogramas) [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

La Cuenca del Río Balsillas se caracteriza por la presencia de climas fríos, húmedos y secos debido a su topografía y sus variaciones altimétricas, estas características están condicionadas como anteriormente se mencionaba por las variaciones de temperatura la cual oscila generalmente entre los 10 °C y los 15 °C, teniendo como temperatura media aproximada 13 °C, esta distribución de temperatura se debe a su vez a la elevación a la que se encuentra la cuenca ya que su altitud varía de los 2672 m.s.n.m. a los 3860 m.s.n.m.

De acuerdo a lo anterior se puede decir que la temperatura varía inversamente con la altura, teniendo una variación de 1 °C por cada 100 m de altura [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**]. A continuación, se presentan los mapas de interpolación de las variables climatológicas como lo son temperatura, precipitación, brillo solar y humedad relativa, las cuales se realizaron bajo el método de interpolación de distancia inversa ponderada (IDW) el cual fue seleccionado por su amplio uso en el campo climatológico y meteorológico además de su precisión en los resultados arrojados con el fin de adaptarse a los requerimientos de quien lo utilice.

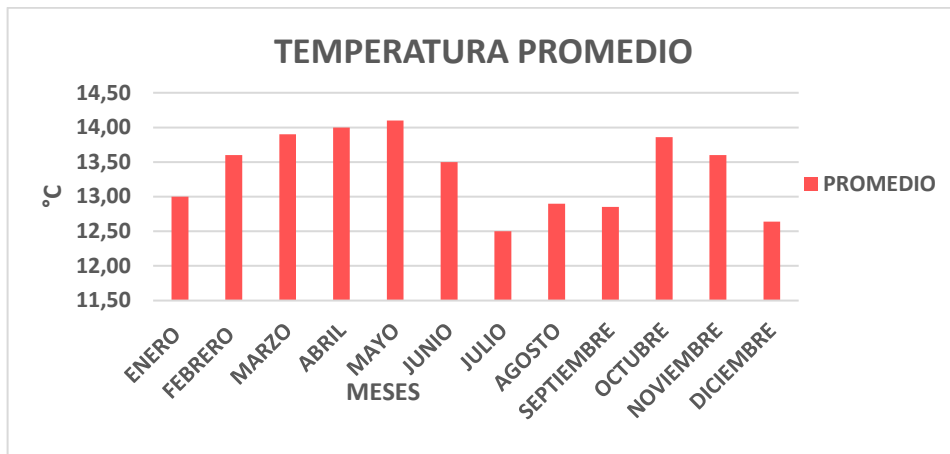
En el **Mapa 3** se observa que para la variable de temperatura dentro de la cuenca se presentan los valores más bajos en la parte alta de esta, en las zonas con elevaciones bajas se observan temperaturas de 13.60°C a 14 °C bajo las cotas 2600 m.s.n.m. a 2800 m.s.n.m. Las partes altas de la cuenca, presentan temperaturas inferiores a los 13 °C entre las cotas 3000 m.s.n.m. y 3300 m.s.n.m. aproximadamente. En la **Grafica 1 Temperatura media en °C de la Cuenca del Río Balsillas. Grafica 1** de temperatura promedio de la cuenca, se observa un comportamiento bimodal registrando los valores más bajos en los meses de julio, agosto y septiembre, siendo julio el que presente la temperatura más baja con un valor de 12.5 °C. los valores más altos se presentan en los meses de abril y mayo para el primer semestre del año con un valor de 14 °C y 14.10 °C respectivamente y el mes de octubre con un valor de 13.86 °C, en general se puede decir que la variación de temperatura a lo largo del año no supera los 3°C.

Mapa 3 Temperatura media en °C de la Cuenca del Rio Balsillas



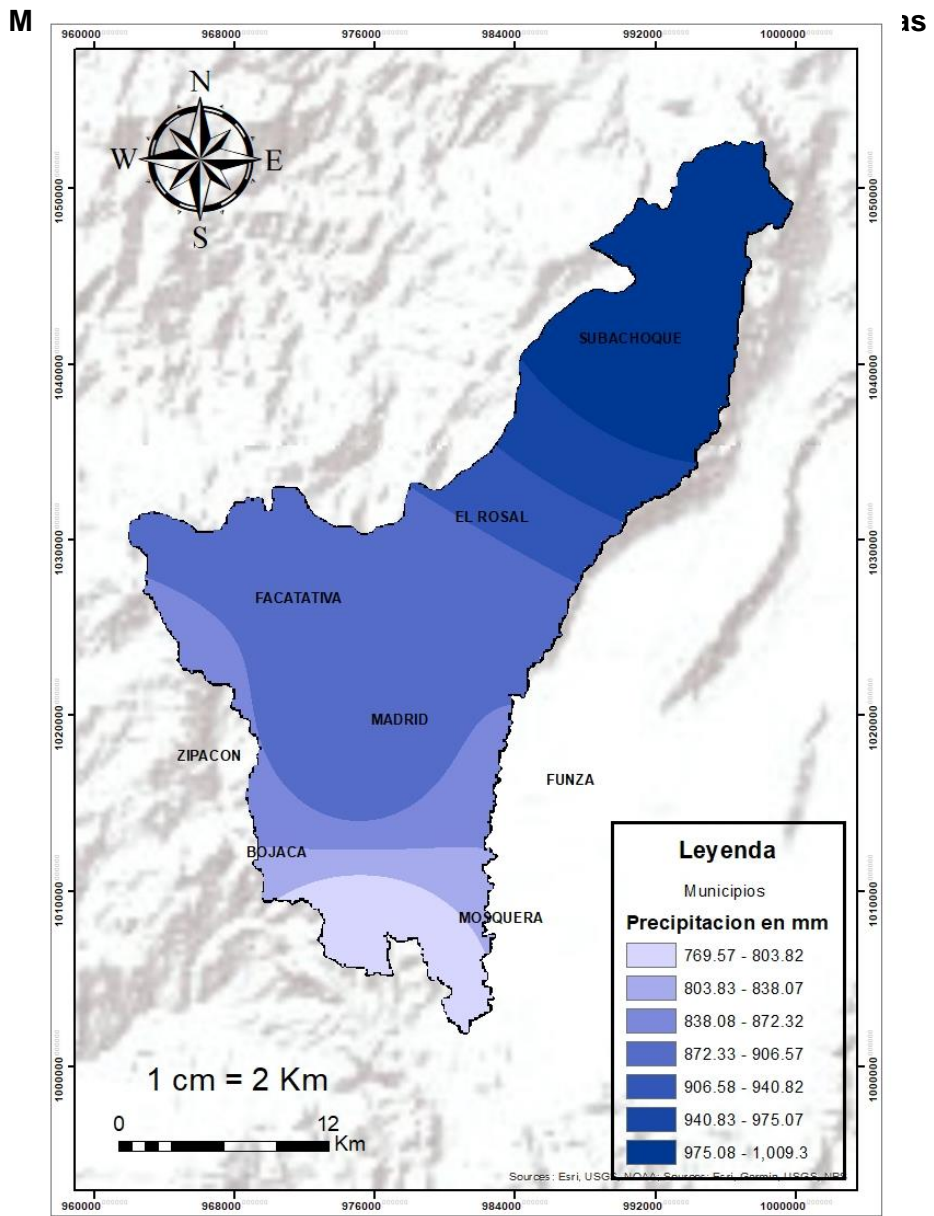
Fuente Autores

Gráfica 1 Temperatura media en °C de la Cuenca del Rio Balsillas.



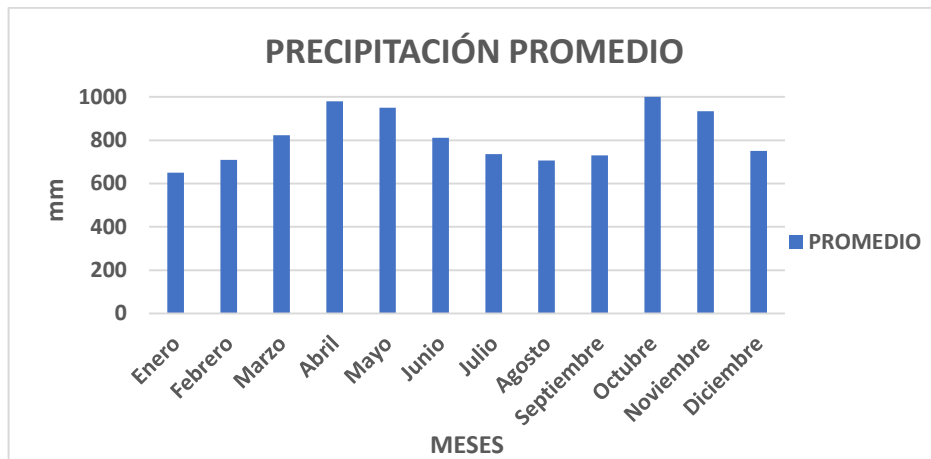
Fuente Autores

En el **Mapa 4** se puede observar que la precipitación varía de 769.57 mm a 1039.3 mm, se presentan los valores máximos en la parte norte de la cuenca con variaciones de 940.83 mm a 1039.3 mm, y los valores mínimos en la parte sur con variaciones de 769.57 mm a 838.07 mm. En la **Grafica 2** de precipitación media se puede observar un comportamiento bimodal registrando los valores más bajos en los meses de enero y febrero con 650 mm y 710 mm para el primer semestre del año y los meses de agosto y septiembre con 705.96 mm y 730 mm para el segundo semestre del año. El mes que presenta el valor máximo es octubre con un registro de 1000 mm.



Fuente Autores

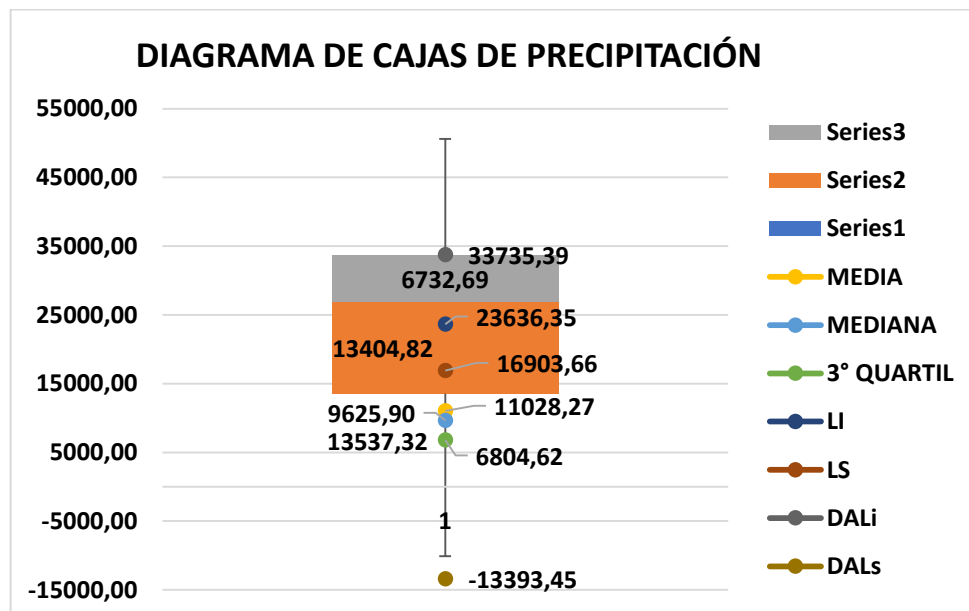
Grafica 2 Precipitación media en mm de la Cuenca del Rio Balsillas.



Fuente Autores

En la **Grafica 3** se observa el diagrama de cajas para la variable de precipitación que a diferencia de la humedad relativa y el brillo solar, presenta una distribución asimétrica, es decir, tiene un sesgo negativo donde la mediana está más cerca de la zona superior lo que implica que el 25% de las observaciones comprendidas entre el segundo y el tercer cuartil ocupa un menor tramo en la escala, así mismo, se observa gran variación y distancia entre el LI (límite inferior) y el dato atípico que se presenta además de que este dato es negativo con un valor de -133.45, este dato negativo se puede asociar a que posiblemente se presentó un error en la toma de datos o se puede asociar a sucesos naturales presentados como el fenómeno del niño dentro de la cuenca del Rio Balsillas.

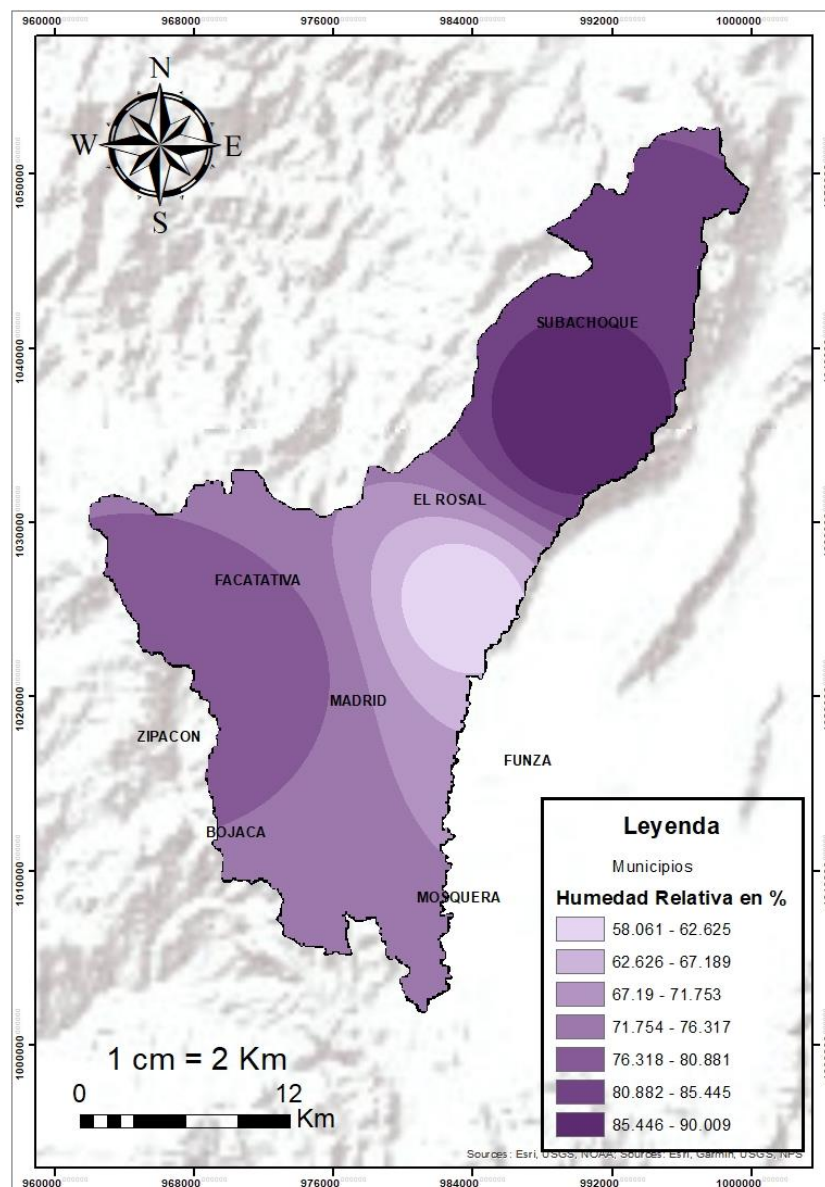
Grafica 3 Diagrama de cajas de precipitación de la Cuenca del Rio Balsillas



Fuente Autores

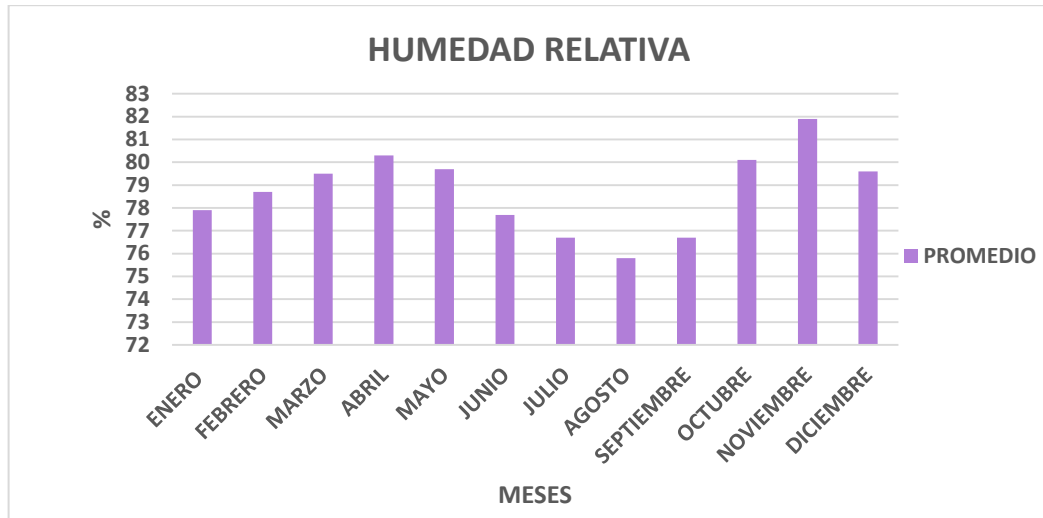
En el **Mapa 5** se presenta la distribución de humedad relativa dentro de la cuenca del Río Balsillas. El comportamiento de la humedad relativa es de tipo bimodal compartiendo algunos patrones de comportamiento con la variable de la precipitación, en la **Grafica 4** se observa el registro de valores de humedad relativa más altos en los meses de abril y mayo con 80.30% y 79.70% respectivamente, para el primer semestre del año y en los meses de octubre y noviembre con valores de 80.10% y 81.90% respectivamente, para el segundo semestre del año. La humedad más baja se registra en los meses de julio, agosto y septiembre con valores de 76.70%, 75.80% y 76.70%. El porcentaje promedio anual de humedad relativa es de 78.7% para la cuenca del Río Balsillas.

Mapa 5 Humedad Relativa en % de la Cuenca del Río Balsillas



Fuente Autores

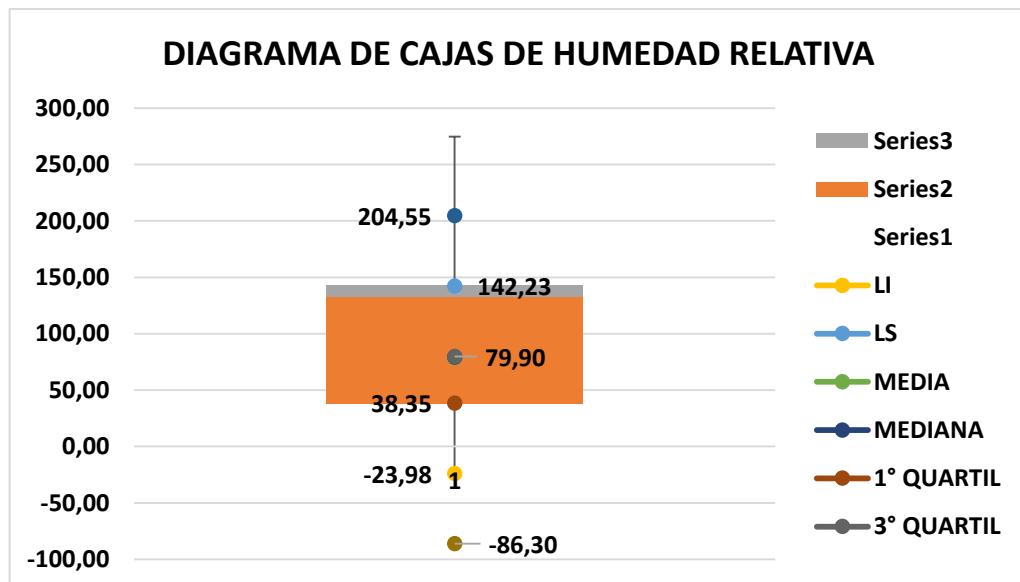
Grafica 4 Promedio mensual de Humedad relativa de la Cuenca del Rio Balsillas



Fuente Autores

En la **Grafica 5** se observa el diagrama de cajas para la variable de humedad relativa el cual presenta una distribución asimétrica, es decir, tiene un sesgo positivo donde la mediana está más cerca de la zona inferior lo que implica que el 25% de las observaciones comprendidas entre el segundo y primer cuartil ocupa un menor tramo en la escala, se observa un que el LI (límite inferior) es un dato negativo con un valor de -23.98, al igual que el atípico con un valor de -86.30 que se encuentra por fuera de la caja y los bigotes que la componen, estos datos negativos se pueden asociar a que posiblemente se presentó un error en la toma de datos o se puede asociar a sucesos naturales presentados como el fenómeno del niño dentro de la cuenca del Rio Balsillas.

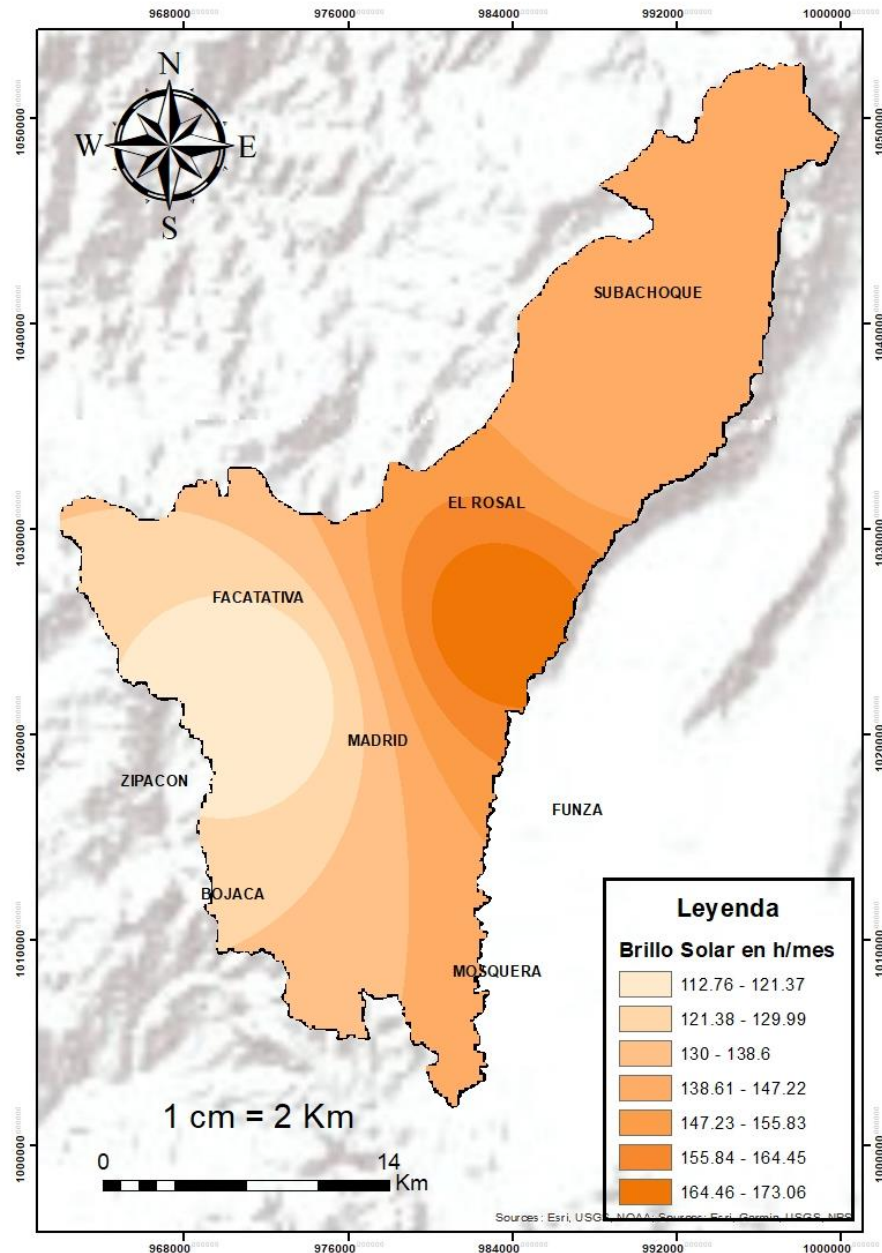
Grafica 5 Diagrama de cajas de Humedad relativa de la Cuenca del Rio Balsillas



Fuente Autores

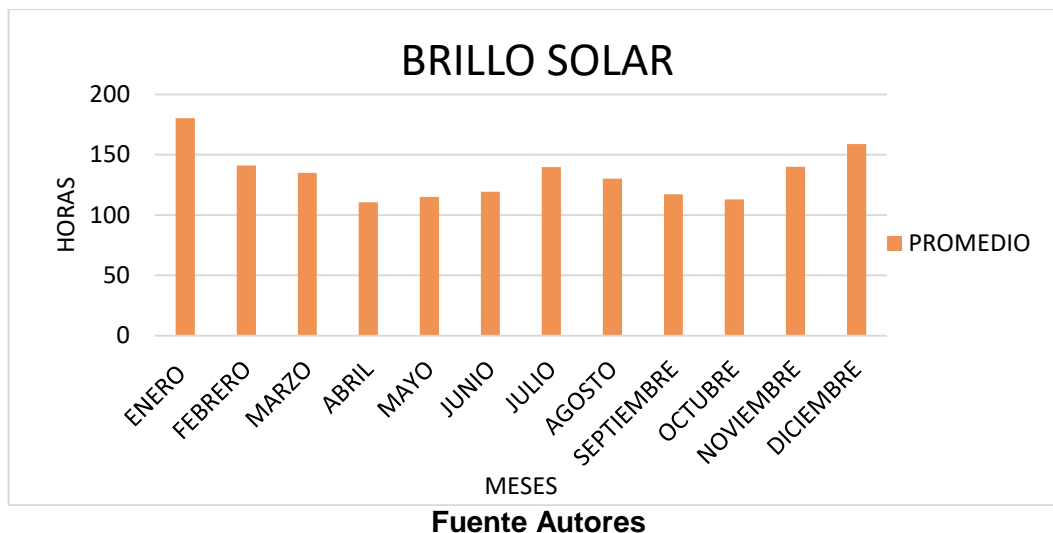
En el **Mapa 6** se presenta la distribución de brillo solar para la Cuenca del Rio Balsillas. En la **Grafica 6** se observa que esta variable presenta un comportamiento bimodal, para el mes de enero y de diciembre se presentan valores máximos de 180.4 horas y 158.8 horas respectivamente, para el mes de abril y octubre se presentan valores mínimos de 110.60 horas y 112.9 horas respectivamente, esta variable tiene una relación inversa con respecto a la precipitación y a la humedad relativa.

Mapa 6 Brillo solar en horas de la Cuenca del Rio Balsillas



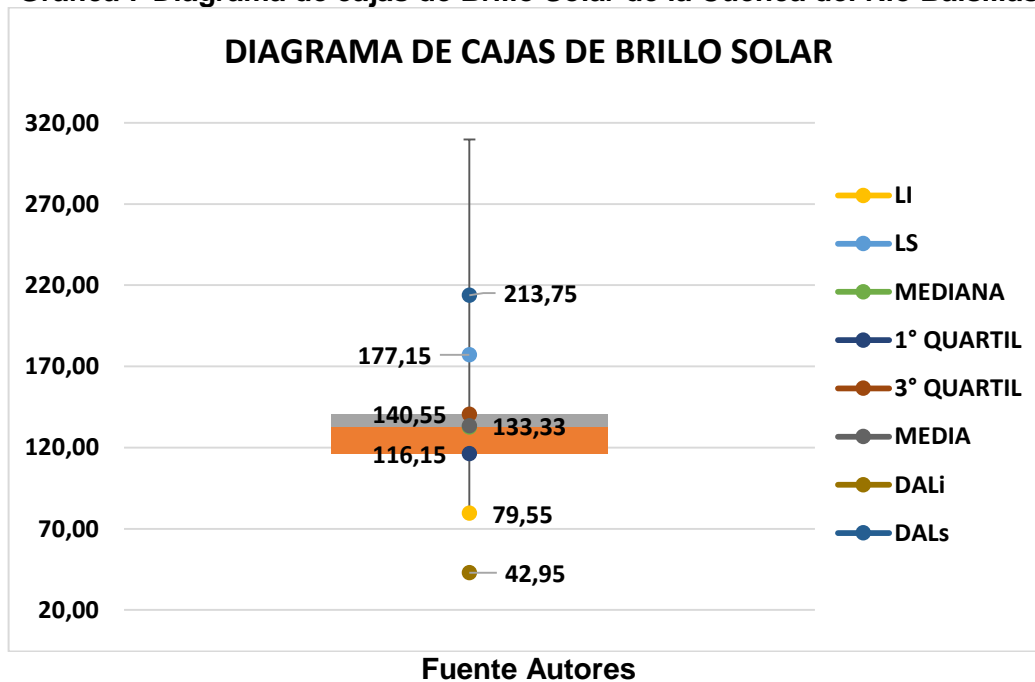
Fuente Autores

Grafica 6 Promedio mensual de Brillo solar de la Cuenca del Rio Balsillas



En la **Grafica 7** se observa el diagrama de cajas para la variable de brillo solar el cual presenta una distribución asimétrica, es decir, tiene un sesgo positivo donde la mediana está más cerca de la zona inferior lo que implica que el 25% de las observaciones comprendidas entre el segundo y primer cuartil ocupa un menor tramo en la escala, se observa un dato atípico ya que se encuentra por fuera de la caja y los bigotes que la componen, este dato atípico podemos asociarlo a que posiblemente se presentó un error en la toma de datos o se puede asociar a sucesos naturales presentados dentro de la cuenca del Rio Balsillas.

Grafica 7 Diagrama de cajas de Brillo Solar de la Cuenca del Rio Balsillas



7.4. Recursos hídricos e hidrología

Para efectos de este trabajo, es necesario analizar los procesos hidrológicos que componen el ciclo del agua. En primer lugar, debe determinarse el balance hídrico, que es una herramienta que implementa el principio de conservación de masa en el cual el agua almacenada será determinada por la diferencia entre los flujos de agua de entrada y salida [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

En la **Ecuación 1**, $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ es el almacenamiento en el tiempo, las entradas consideradas son la precipitación, el aporte de aguas subterráneas y el aporte de aguas superficiales y las salidas son la infiltración, la evapotranspiración y en algunos casos se consideran las captaciones [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Ecuación 1 Balance hídrico.

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = \Sigma \text{entradas} \pm \Sigma \text{salidas}$$

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Por otro lado, al calcular el balance hídrico se obtiene la oferta hídrica, esta es la porción de agua precipitada que no sufre el proceso de infiltración ni de evapotranspiración y que escurre a los cauces de los ríos para posteriormente depositarse en un área mayor llamada cuenca; otras interpretaciones de la oferta hídrica indican que es el agua disponible para satisfacer la demanda [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]. Sin embargo, esta afirmación no es del todo cierta pues a la oferta hídrica superficial debe restarse el caudal ecológico, es decir la cantidad suficiente de agua para mantener el funcionamiento y la composición de los ecosistemas hídricos y sus funciones ecológicas [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Por otro lado, después de asegurar el caudal ecológico, es posible acceder al recurso hídrico para suplir los requerimientos de la demanda, es decir la cantidad de agua necesaria para cubrir las necesidades producto de las actividades sociales y económicas del hombre [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]. Cabe denotar que el cálculo de esta variable incluye la sumatoria de las demandas por sector. Finalmente, las relaciones entre la oferta y la demanda pueden establecer el índice de escasez de agua superficial, como será detallado posteriormente.

7.5. Cambio climático

Para poder abarcar el concepto de cambio climático, se debe comprender el clima como la medida de la media estadística de las variables que componen al sistema climático durante una serie temporal de mínimo 30 años y el estado del tiempo como “el conjunto de fenómenos atmosféricos en un momento determinado”, por lo que se puede decir que el clima es la estadística del estado del tiempo según la Organización meteorológica mundial [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]. Y la variabilidad climática como las fluctuaciones de los componentes del sistema climático en periodos relativamente cortos respecto a una media determinada por una serie climatológica. Teniendo en cuenta lo anterior, el cambio climático se define como la alteración de la composición de la atmósfera

que puede ser atribuida a acciones antrópicas y que sumada a la variabilidad climática puede conllevar a cambios en las condiciones predominantes del clima [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

El IPCC es un organismo creado en el año 1988 en conjunto con la OMM y el PNUMA que proporciona obras de referencia para los responsables de políticas los cuales son informes de evaluación y documentos técnicos que proveen una herramienta científica para ser usada en la elaboración de información y servicios climáticos que ayuden a afrontar las consecuencias del cambio climático [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]. El IPCC se constituye entonces como el referente científico y técnico en lo que a cambio climático se refiere.

Según esa organización se ha demostrado con un 95% de seguridad que el ser humano y sus actividades son la principal causa del calentamiento evidenciado desde hace más de cinco décadas. Fenómeno que ha provocado efectos visibles como el calentamiento de la atmósfera y el océano, la disminución de los volúmenes de nieve y hielo, la elevación del nivel del mar y el aumento en las concentraciones de GEI [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Lo anterior, producirá cambios futuros proyectados en los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, siendo muy probable para finales del siglo XXI que los días y noches fríos sean más cálidos, de igual forma aumentará la temperatura en los días y noches calurosos en relación con la actualidad. Además, se presentarán más episodios de olas de calor, aumento de la intensidad y duración de la sequía, mayor intensidad de actividad de los ciclones tropicales y aumento en la magnitud de los niveles del mar [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Con respecto a lo referente al recurso hídrico se pueden observar disminuciones en la precipitación mundial y un aumento en sus intensidades, debido al cambio progresivo en la temperatura reflejándose en un incremento año a año. Estos fenómenos representan un gran impacto en el ciclo hidrológico y por lo tanto en los flujos de agua disponibles para satisfacer las necesidades socio-económicas de los seres humanos [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

7.6. Escenarios de cambio climático

En las bases físicas del quinto informe de evaluación del IPCC realizadas en el año 2013, se proponen cuatro escenarios que tienen en cuenta las políticas encaminadas a reducir las emisiones de GEI según los objetivos del protocolo de Kyoto. Estos escenarios son función de las Trayectorias de Concentración Representativas más conocidas como RCP 2.6, 4.5, 6.0 y 8.5, respondiendo al forzamiento radiactivo en W/m^2 , de cada uno de dichos valores. El RCP 2,6 es el escenario más optimista, con un incremento de temperatura menor a $1,5^{\circ}C$ para el año 2100 y el RCP 8,5 el caso pesimista, debido a un incremento en la temperatura mayor a los $4^{\circ}C$ para ese mismo año [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

En la **Ilustración 1** se encuentran la descripción de los 4 escenarios de cambio climático según el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales; programas de las naciones unidas para el desarrollo; ministerio de ambiente y desarrollo sostenible;

departamento nacional de planeación y la cancillería [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Ilustración 1 Descripción de los escenarios de cambio climático

| Escenario | Forzamiento Radiante (W/m ²) | CO _{2eq} atmosférico (ppm) | Anomalia de temperatura | Trayectoria |
|-----------|--|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| RCP8.5 | 8.5 | >1370 | 4.9 | 2100, en aumento |
| RCP6.0 | 6.0 | 850 | 3 | Estabilización después de 2100 |
| RCP4.5 | 4.5 | 650 | 2.4 | Estabilización después de 2100 |
| RCP2.6 | 2.6 | 490 | 1.5 | Picos antes de 2100 y después declina |

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Las cuatro trayectorias RCP comprenden un escenario en el que los esfuerzos de mitigación conducen a un nivel de fortalecimiento muy bajo (RPC 2.6), dos escenarios de estabilización (RCP 4.5 y RCP 6.0) y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de GEI (RCP 8.5), a continuación, se explicarán detalladamente cada uno de los escenarios RCP [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]:

- **RCP 2.6:** Es desarrollado por el equipo de modelado IMAGE de la Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos. Es la vía de emisión representativa para los escenarios en la literatura que conducen a niveles de concentración de gases de efecto invernadero muy bajos. Es un escenario denominado "pico" debido a que su nivel de forzamiento radiante alcanza primero un valor de alrededor de 3,1 W/m² a mediados del siglo, volviendo a 2,6 W/m² en 2100. Para alcanzar tales niveles de forzamiento radiante, las emisiones de gases de efecto invernadero se reducen sustancialmente con el tiempo [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].
- **RCP 4.5:** Es desarrollado por el equipo de modelado de MiniCAM en el Instituto de Investigación de Cambio Global Conjunto del Pacífico Noroeste (JGCRI). Es un escenario de estabilización en el que el forzamiento radiante total se estabiliza antes de 2100 mediante el empleo de una gama de tecnologías y estrategias para

reducir las emisiones de gases de efecto invernadero [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

- **RCP 6.0:** Es desarrollado por el equipo de modelado de AIM en el Instituto Nacional de Estudios Ambientales (NIES), Japón. Es un escenario de estabilización en el que el forzamiento radiactivo total se estabiliza después de las 2100 sin excederse por el empleo de una gama de tecnologías y estrategias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].
- **RCP 8.5:** Es desarrollado por el equipo de modelado de MESSAGE y el Marco de Evaluación Integrado de IIASA en el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA), Austria. Este RCP se caracteriza por el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del tiempo, es representativo de los escenarios en la literatura que conducen a altos niveles de concentración de gases de efecto invernadero [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

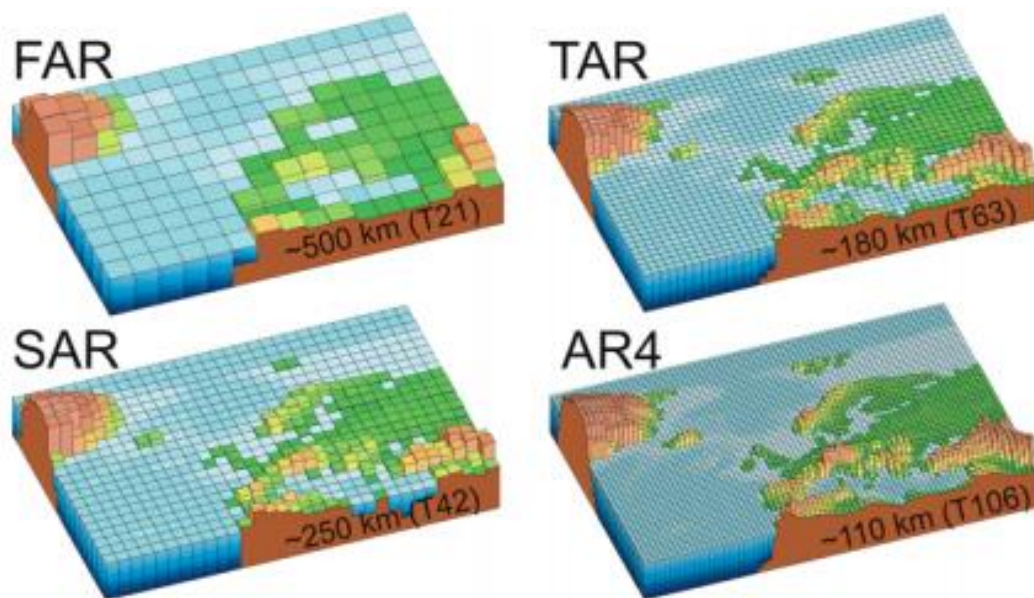
7.7. Modelos de recirculación global (GCM)

Los modelos GCM simulan la respuesta del clima a diferentes forzamientos para proyectar su comportamiento futuro. En su aparición en la década de los 70s solo tenían en cuenta las variables asociadas a la atmósfera, la superficie de la tierra y el océano. En la actualidad tienen en cuenta esas variables y las asociadas con los aerosoles, el ciclo del carbón, la vegetación, y el hielo terrestre. En los reportes del IPCC los modelos son sometidos a una revisión de acuerdo con una serie de simulaciones realizada por el Proyecto de Comparación de Modelos Acoplados (CMIP) que establece su confiabilidad en función de que tan bien reproducen el clima observado. En la actualidad se encuentra vigente el CMIP5 que incluye más de 30 modelos producidos por investigadores de diferentes nacionalidades, destacando Estados Unidos, Japón, China y el Reino Unido [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

Los GCM representan el clima utilizando una cuadrícula tridimensional en todo el mundo como se observa en **Ilustración 2**, generalmente tienen una resolución horizontal de entre 250 km y 600 km, de 10 a 20 capas verticales en la atmósfera y a veces hasta 30 capas en los océanos. Su resolución es grande en relación con la escala necesaria en la mayoría de las evaluaciones de impacto; muchos procesos físicos, como los relacionados con las nubes ocurren a escalas más pequeñas y no pueden modelarse adecuadamente, esta es una fuente de incertidumbre en las simulaciones del clima futuro basadas en GCM [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

Los modelos numéricos no son siempre exactos, por lo cual hay algunos que son mejores para determinadas zonas que para otras, lo que hace necesario que en la evaluación de impactos usando GCM se valore el modelo en la representación del clima actual local [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

Ilustración 2 Evolución de la resolución espacial de los GCM a través del tiempo

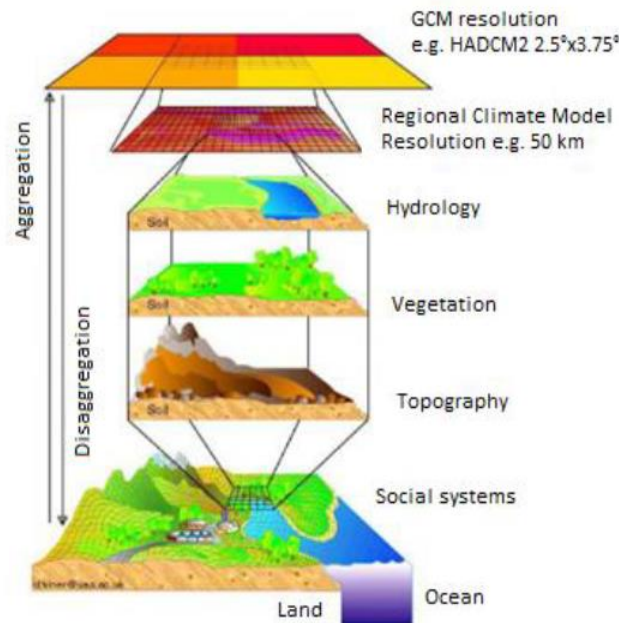


Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

7.8. Reducción a escala

Considerando las dimensiones de las celdas de los GCM, es necesario aplicar la metodología de downscaling, con el fin de utilizar los datos generados por estos modelos, en zonas donde los detalles como la topografía, las coberturas de suelo, los cuerpos de agua, entre otros, deben ser tenidos en cuenta para la toma de decisiones. Esta metodología es efectiva para utilizar los datos de los modelos climáticos globales de una escala de 100 a 500 km, en una escala de 10 a 50 km, espacialmente hablando, como observa en la **Ilustración 3**, de una escala anual o mensual, en una escala diaria o subdiaria, en lo que a escala temporal se refiere [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Ilustración 3 Esquema del concepto downscaling espacial



Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Existen dos tipos de técnicas de reducción de escala; la dinámica y la estadística, cada uno con sus ventajas y desventajas asociadas. Para la reducción de escala dinámica es necesario contar con una gran cantidad de datos a escala más fina la cual se basa en un modelo climático regional (RCM) para representar el proceso atmosférico físico, el RCM toma la información atmosférica suministrada por el GCM en los límites laterales e incorpora topografía más compleja, el contraste océano-superficie, heterogeneidades de superficie y descripciones detalladas de procesos físicos para generar información climática realista a una resolución espacial de aproximadamente 20 a 50 km [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Por otro lado, la reducción de escala estadística se enfoca en establecer relaciones empíricas entre las características históricas a gran escala y las condiciones locales observadas. Una vez que se ha determinado y validado una relación, se utilizan variables atmosféricas futuras que son proyectadas por el GCM y se predicen las variables climáticas locales futuras. El downscaling estadístico puede producir proyecciones climáticas específicas al sitio de interés, mientras que RCM al estar limitadas a una resolución espacial de 20 a 50 km no pueden generar información a este nivel de detalle [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]. En la **Tabla 7** se realiza una comparación de las ventajas y desventajas de cada tipo de técnica

Tabla 7 Comparación de ventajas y desventajas de cada tipo de técnica

| REDUCCION DE ESCALA ESTADISTICA | REDUCCION DE ESCALA DINAMICA |
|---------------------------------|------------------------------|
| VENTAJAS | |

| | |
|---|---|
| Puede proveer variables climáticas en escala puntual a partir de los resultados de GCM | Genera resultados basados en procesos físicos consistentes. |
| Permite incorporar directamente las observaciones locales | Produce información en resolución final de los GCM que puede resolver procesos atmosféricos en escalas más pequeñas |
| DESVENTAJAS | |
| Requiere series históricas para calibración de larga duración y alta confiabilidad. | Calculo computacional intensivo |
| Necesita una alta calidad de datos para calibrar | Número limitado de escenarios disponibles |
| Tamaño del dominio, región climática y la temporada afectan el nivel de la reducción de escala. | Fuertemente dependiente de los límites del GCM |
| Dependiente de los límites del GCM | Altamente demandante de recursos informáticos |

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

7.8.1. Reducción a escala basada en la teoría del caos

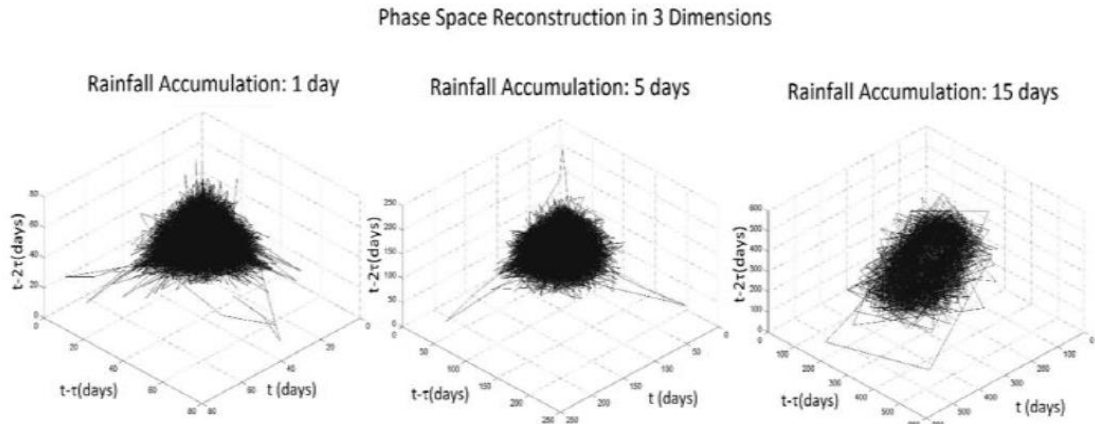
El método de reducción de escala basado en la teoría del caos evalúa la presencia de caos determinístico para diferentes periodos de acumulación, estos sistemas se entienden como aquellos que cuentan con una predictibilidad a corto plazo ya que son especialmente sensibles a las variaciones en las condiciones iniciales. El sistema predictivo caótico se construye con los resultados del tiempo de retardo, la dimensión de embebimiento y los exponentes de Lyapunov encontrados para los sistemas en el intervalo de acumulación de precipitación óptimo de cada sistema dinámico. El modelo predictivo se basa en la sincronización entre las estaciones climáticas y el modelo climático global, dadas por el parámetro μ del método de los vecinos falsos mutuos más próximos [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.], [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

En primer lugar se lleva a cabo evaluación de la presencia del caos determinístico para obtener el menor periodo de acumulación en el cual se presenta caos; es necesario reconstruir el espacio de fase por medio del método del Time Delay para calcular los valores del tiempo de retardo (t) y la dimensión de embebimiento (m) necesarios para obtener los exponentes de Lyapunov [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.], [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.], [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.], [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

El espacio de fase es esencialmente un gráfico, cuyas coordenadas representan las variables necesarias para describir completamente el estado del sistema en cualquier momento, la trayectoria del diagrama de espacio de fase describe la evolución del sistema para un estado inicial. La "región de atracción" de estas trayectorias en el espacio de fase proporciona información cualitativa importante para determinar el grado de complejidad del sistema ", como se muestra en la figura 8 donde el espacio de fase se observa en tres dimensiones para diferentes intervalos de acumulación de precipitación. El conjunto limitante que reúne trayectorias asintóticas cercanas al equilibrio se conoce como "atractor". Los atractores de sistemas caóticos deterministas pueden exhibir un tipo

inusual de auto-similitud y estructuras presentes en todas sus escalas y, por lo tanto, es necesario encontrar una dimensión apropiada del plano de fase, de modo que la estructura del atractor permanezca invariante [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.], [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.], [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Ilustración 4 Comparación del espacio de fase de la serie de tiempo de precipitación



Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Posteriormente, se realiza la sincronización de los sistemas por medio del método del vecino falso más cercano que es una técnica estadística basada en el cálculo del parámetro μ como se observa en la **Ecuación 2**, que evalúa los vecindarios locales entre dos series de tiempo, de modo que μ toma valores del orden de 1 si existe una sincronización general completa, de lo contrario μ tiene que ser un número cuya magnitud sea comparable con el producto del tamaño del atractor dividido por el producto de la distancia entre los vecinos más cercanos en la serie de tiempo [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Ecuación 2 Cálculo de μ

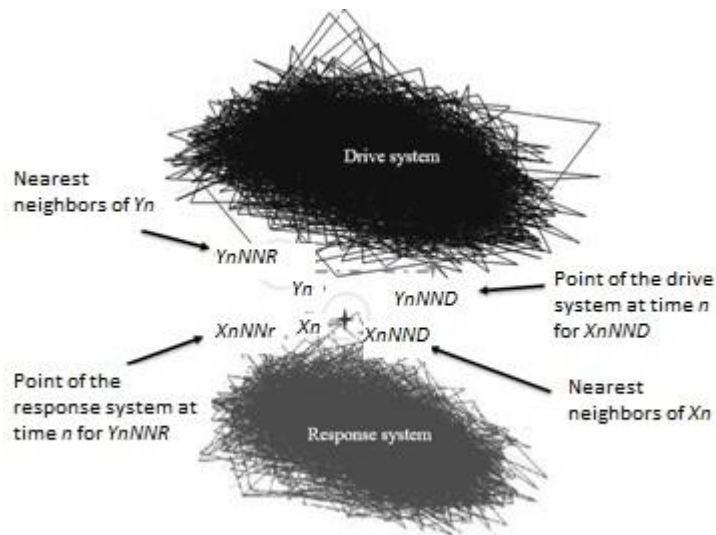
$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{\|y_n - y_{n_{NND}}\| \|x_n - x_{n_{NNR}}\|}{\|x_{n_{NND}}\| \|y_n - y_{n_{NNR}}\|}$$

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Donde:

- x_n y y_n , son puntos de la unidad y el sistema de respuesta en un instante n
- $x_{n_{NND}}$ y $y_{n_{NNR}}$ son los vecinos más cercanos de x_n y y_n en sus respectivos sistemas
- $x_{n_{NNR}}$ y $y_{n_{NND}}$ son puntos del sistema opuesto en el tiempo n para $y_{n_{NNR}}$ y $x_{n_{NND}}$

Ilustración 5 Relación entre los puntos de los atractores



Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

7.9. Experimento regional coordinado de reducción climática (CORDEX)

CODEX es un proyecto mundial promovido por el WCRP (World Climate Research Programme). El WCRP está conformado por miembros de la Organización Meteorológica Mundial, del Consejo Internacional para la Ciencia y de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO.

La misión de CORDEX, es producir un conjunto de escenarios regionales de cambio climático a nivel global, para contribuir con el quinto reporte de evaluación del IPCC y a la vez, crear un espacio para que la comunidad mundial interesada en la realización de escenarios regionales de cambio climático comparta información, resultados, experiencias, tecnología y encuentre soporte técnico. CORDEX busca mejorar la interacción y la comunicación entre modeladores del clima global, los que están calculando escenarios regionales y los que están interesados en realizar estudios de vulnerabilidad, adaptación y mitigación debido al cambio climático [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

La mayoría de la información que existe se ha basado en el uso de modelos de circulación general océano- atmósfera (AOGCMs) que resulta ser una herramienta muy valiosa para comprender los procesos que determinan la respuesta del clima frente a los procesos fuerza antropogénica tales como los aumentos de gases efecto invernadero (GEI), concentraciones atmosféricas y los cambios en el uso del suelo [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.], [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.], [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]. En los últimos años se han tenido grandes avances y mejoras en los modelos con respecto al comportamiento de la atmósfera y de los procesos de la superficie de la tierra además de un avance tecnológico; el modelo AOGCMs aun presenta un desfase de cientos de km en la precisión de los resultados ya que tiene resoluciones más gruesas lo cual dificulta la obtención de la información de los efectos que ocurren a nivel local, impidiendo la descripción precisa de acontecimientos extremos que son fundamentales para entender la variabilidad y el cambio climático a nivel regional y local por lo que existe una gran brecha entre el comportamiento del clima y la

información proporcionada por este modelo [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

Con respecto a la problemática de "regionalización" o "reducción de escala" se han desarrollado varias técnicas para refinar los resultados obtenidos en los modelos GCM en especial en el AOGCMs para reducir o eliminar la brecha que existe entre la información del clima y escala espacial. El downscaling dinámico (DD) es una de las técnicas implementadas la cual hace uso de modelos basados en variables físicas como alta resolución y variables resolución, así mismo, el downscaling estadístico (SD) es otra técnica en donde las relaciones estadísticas son las que desarrollan y predicen a gran escala, a escala regional y local. Por medio de estas herramientas se diseñó el Experimento Regional Coordinado de Reducción del Clima (CORDEX), el cual tiene como objetivo proporcionar información accesible de reducción de escala y del clima para ser aplicada por la ciencia ya que hace uso máximo de sus dominios que cubren toda África, Australia, Sur América, Norte América y Europa, por lo tanto abarcar la mayor parte de las zonas del mundo; de esta forma logra solucionar los problemas de regionalización que se presentan con otros modelos brindando información más precisa a nivel local y regional para entender mejor el comportamiento del cambio climático y lograr formular mejores medidas [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

7.10. Sistema de indicadores hídricos

El índice de escasez ha sido reemplazado por el índice de Uso de agua superficial como un indicador de la intervención antrópica, consignado en el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2015). Estos índices, miden el estado del recurso hídrico ya sea cualitativa o cuantitativamente, para el proceso de toma de decisiones. La evaluación nacional del agua tiene soporte en conceptos y productos temáticos y en un análisis integrado de cambios con respecto a la situación de referencia, que se sintetizan en gran medida en el conjunto de indicadores hídricos. El sistema de indicadores está integrado por dos grandes grupos: los que dan cuenta del régimen del sistema hídrico natural y los indicadores asociados con la intervención antrópica [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

Los indicadores del sistema hídrico se componen de:

- El índice de retención y regulación hídrica (IRH)
- El índice de aridez (IA)

Los indicadores de intervención antrópica se componen de:

- Indicadores de presión por uso de agua que abarca los índices de uso del agua superficial (IUA), índice de presión hídrica al ecosistema (IPHE), índice de agua no retornada a la cuenca (IARC) y el índice de eficiencia en el uso del agua (IEUA).
- Indicadores de estado de calidad y presión por contaminación que abarca el índice de calidad de agua (ICA) y el índice de alteración potencial a la calidad del agua (IACAL)
- Indicador de vulnerabilidad que abarca el índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH)

El grupo de indicadores de intervención antrópica a su vez se aborda desde tres temas fundamentales en la evaluación: la presión por uso de agua, el estado de la calidad hídrica

y la presión por contaminación sobre las condiciones de calidad, y, por último, la vulnerabilidad al desabastecimiento [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

7.10.1. Índice de retención y regulación hídrica (IRH)

El Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH), mide la cantidad de humedad que pueden retener las cuencas. En las áreas del Pacífico, Amazonía y Bajo Cauca, se presenta alta capacidad para retener humedad y mantener condiciones de regulación, mientras que son evidentes las condiciones de baja regulación en sectores de las áreas del Magdalena-Cauca, Orinoco y Caribe [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

Mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios. Evalúa la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del sistema suelo-vegetación con las condiciones climáticas y con las características físicas y morfo métricas de la cuenca; este indicador permite evaluar la capacidad de regulación del sistema en su conjunto. Este índice se calcula con base en la curva de duración de caudales medios diarios, curva de frecuencias que permite reconocer las condiciones de regulación de la cuenca y los valores característicos de caudales medios e interpretar, de manera general, las características del régimen hidrológico de un río y el comportamiento de la retención y la regulación de la humedad en la cuenca [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

7.10.2. Índice de uso del agua superficial (IUA)

El índice del Uso del Agua (IUA), corresponde a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un período determinado (anual, mensual) y por unidad espacial de análisis ya sean áreas, subzonas hidrográficas y cuencas abastecedoras de acueductos en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espaciales [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

Para este índice se tiene en cuenta la categorización de recurso hídrico por presiones de demanda y variabilidad de la oferta hídrica, se emplea como insumo la categorización de variabilidad de la oferta hídrica natural y los usos de agua [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

7.10.3. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH)

Este indicador, mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en el abastecimiento de agua, que ante amenazas –como periodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno cálido del Pacífico (El Niño) podría generar riesgos de desabastecimiento [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

7.11. 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 [**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**].

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 escorrentía superficial [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Para la modelación hidrológica, existen diversas herramientas que se usan a nivel global y local según sea el caso y en condición de los datos que se tengan disponibles y que el modelo a usar requiera como información de entrada, se implementan usualmente los modelos WEAP, SWAT y TETIS que han sido ampliamente desarrollados y aplicados [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Unos de los software más utilizado en Colombia son QGIS, SAGA GIS, HEC HMS, MODFLOW, PYTHON; según estudios realizados estos software tienen un margen de error amplio debido a que las variables que los componen no son suficientes a la hora de realizar la modelación por ende, PepsiCo y el Banco Interamericano de Desarrollo han anunciado que a partir del presente año se espera implementar el software Hydro-BID puesto que, es una herramienta con mayor ventaja en relación a los anteriores ya que tiene más variables como tipo de suelo, uso de la tierra, temperatura, lluvia, caudales, y arroja resultados concisos para determinar un análisis pertinente de riesgo y diseño de infraestructura adaptativa.

7.11.1. Hydro-BID

Hydro-BID es un software diseñado por la fundación de PepsiCo y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el cual fue creado en América Latina y el Caribe (LAC), con el fin de facilitar la modelación de aguas en áreas donde esta sea escasa, este programa se encuentra implementado en Perú desde el 2014 aplicándose al 65% de las cuencas de agua de este país; luego llegó en 2017 a Guatemala, Ecuador y Argentina. Antes del 2025 se cree que Hydro-BID será implementado en al menos tres países de LAC con el objetivo de beneficiar 725.000 personas aproximadamente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Es un programa que permite evaluar el potencial de cambio futuro en la disponibilidad de agua. Este software, cuenta con un apoyo de sistemas de información geográfica que permite la navegación aguas arriba y aguas abajo de las cuencas a estudiar por medio de la herramienta QGIS acompañado de la posibilidad de seleccionar el tiempo a simular, además de trabajar con la base de datos de clima e hidrología analítica diseñada para América Latina y el Caribe, conocida como AHD-LAC. También, ofrece una interfaz en donde se aplican las entradas de datos climatológicos para la obtención de datos de precipitación y temperatura para la zona y periodo de interés con la posibilidad de ingresar la variación en los escenarios de cambio climático, acompañado de los factores que dependen del tipo de suelo como el porcentaje de impermeabilización, el número de curva y el porcentaje de agua que se percola a los cuerpos de agua subterránea [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

El procesamiento anterior arroja resultados con estructuras de serie de datos diarias con los flujos estimados para la zona y tiempo de estudio, lo que facilita la interpretación de los datos, dándole las herramientas necesarias a las agencias de planificación y manejo del recurso hídrico para una toma de decisiones más acertadas que reduzcan la vulnerabilidad de las poblaciones aledañas [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]. Como se observa en la **Ilustración 6**.

Ilustración 6 Sistema Hydro-BID y sus componentes



Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

7.11.1.1. Calibración del modelo con el software Hydro-BID

Hydro-BID incluye una serie de parámetros para realizar la calibración de cualquier modelo los cuales, permiten ajustar la serie de datos observados, equivalentes a los caudales obtenidos de las estaciones limnimétricas, las cuales son asociadas con las series resultantes de la simulación de esta forma, se garantiza el éxito de un modelo confiable. Este proceso tiene unos parámetros de calibración sugeridos, según el modelo o los datos a ingresar al software, la calibración se realiza por el método de ensayo y error ingresando los datos de forma manual. En la **Tabla 8** se describen los parámetros requeridos y los valores sugeridos por el software, en la **Tabla 9** se expresan los valores óptimos correspondientes a las métricas calculadas por el software.

Tabla 8 Parámetros de calibración del software Hydro-BID

| Métrica de desempeño | Descripción | Valor optimo |
|----------------------|-------------|--------------|
|----------------------|-------------|--------------|

| | | |
|---|--|-------|
| Número 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 |
| Coefficiente de Recesión (R) | Evidencia cómo 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 de cultivo | Caracteriza el factor de evapotranspiración de las plantas durante la etapa de cultivo. Se puede ingresar como multiplicador o como un valor directo. | 1 |
| 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 en campo. | 1 |
| Porcentaje de la cobertura impermeable | Porcentaje estimado de la porción impermeable de la cuenca y está disponible en algunas de las versiones del programa. | 2% |

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Tabla 9 Métricas de desempeño para la calibración del software Hydro-BID

| Parámetro | Valor sugerido |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Overall volumen error, ove (%) | Más cercano a 0 |
| Correlation, r (-) | Cercano a 1 |
| Modified correlation, Rmod | Cercano a 1 |

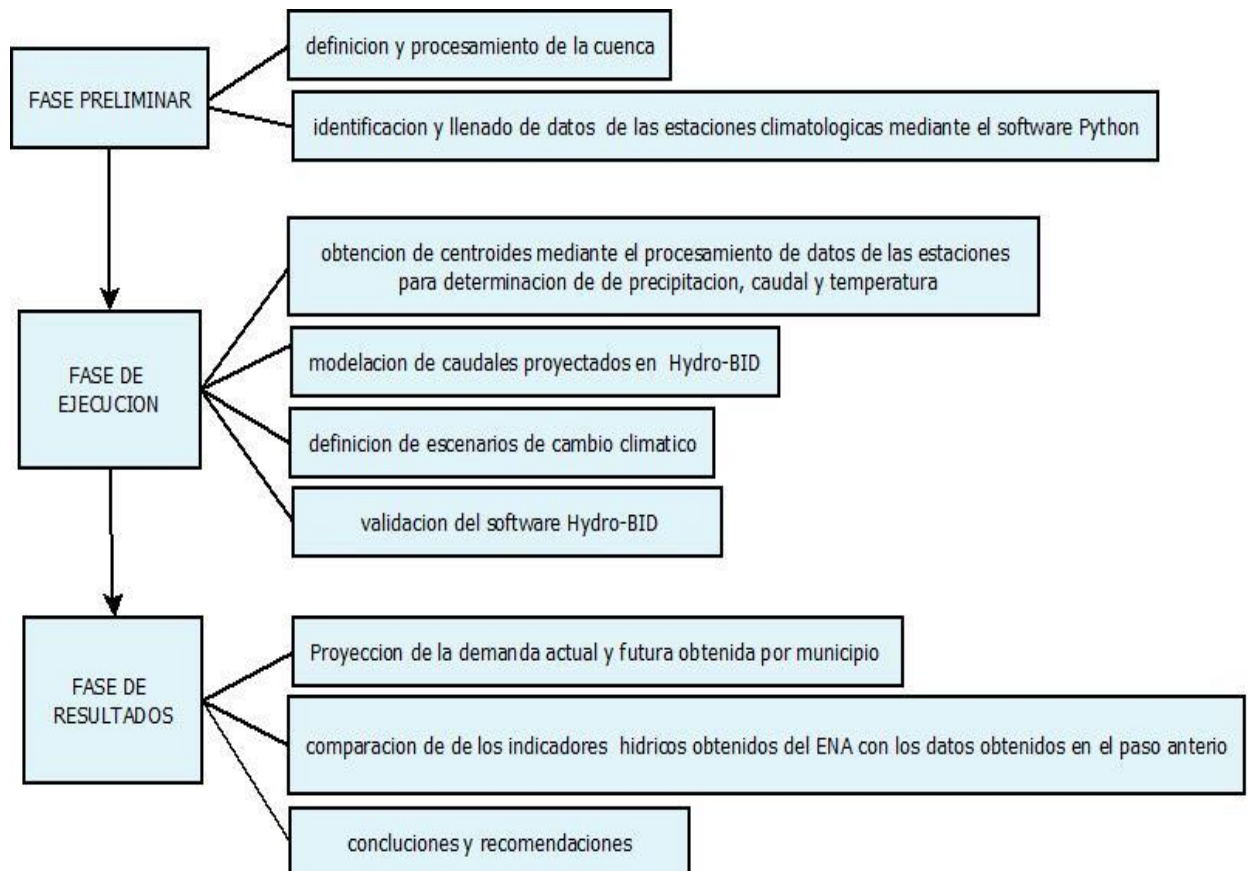
| | |
|---|---|
| Nash-Sutcliffe Efficiency, R² | < 0.2 insuficiente 0.2 – 0.4 satisfecho 0.4 – 0.6 bueno 0.6 – 0.8 muy bueno > 0.8 excelente |
|---|---|

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

8. METODOLOGÍA

La metodología y desarrollo de este proyecto se divide en tres etapas las cuales tienen como finalidad dar cumplimiento a los objetivos planteados inicialmente y la obtención de información apta para recomendaciones pertinentes que sean útiles para la comunidad.

Ilustración 7 Esquema metodológico



Fuente Autores

A continuación, se describen detalladamente cada una de las etapas:

Primera etapa: Fase preliminar

- a. Se inicia con la definición de la cuenca en la que se va a desarrollar el proyecto teniendo en cuenta la disponibilidad de información, en este caso se trata de la Cuenca del Rio Balsillas.
- b. Se identifican las estaciones climatológicas activas ubicadas dentro de la cuenca o en una zona de influencia de 15 metros.
- c. Al tener definidas las estaciones climatológicas con las que se van a trabajar se hace el llenado de datos faltantes con ayuda de un código generado en el software Python el cual nos arroja las series diarias para cada una de ellas

Segunda etapa: Fase de ejecución

- a. Se realiza el procesamiento de los datos de las estaciones para obtener los centroides requeridos por el software Hydro-BID y así, asignar la información de precipitación, caudal y temperatura correspondientes a la calibración del modelo.
- b. Seguido a esto, se ingresan los datos al software para que este nos genere la serie de caudales proyectada hasta el año 2100.
- c. Posteriormente, se definen los escenarios de cambio climático que se van a aplicar, estableciendo las variaciones de precipitación y temperatura con la que se realizará la modelación.
- d. Luego de realizar estas acciones, se procederá a validar el modelo con el fin de corroborar que el procesamiento realizado es exitoso y coherente con las condiciones de la cuenca.

Tercera etapa: Fase de resultados

- a. Al obtener la demanda actual y futura de la cuenca se procede a realizar la proyección para los diferentes sectores económicos en el mismo periodo de tiempo por municipio.
- b. Ya habiendo realizado este paso, se comparan los resultados de oferta y demanda con ayuda del sistema de indicadores hídricos establecidos en el Estudio Nacional del Agua (ENA), donde se contemplan los indicadores que hacen parte del régimen hídrico natural y los asociados con la intervención antrópica.
- c. Finalmente, se plantean las conclusiones y recomendaciones pertinentes a la situación de demanda hídrica de la Cuenca del Rio Balsillas para un futuro.

9. RESULTADOS

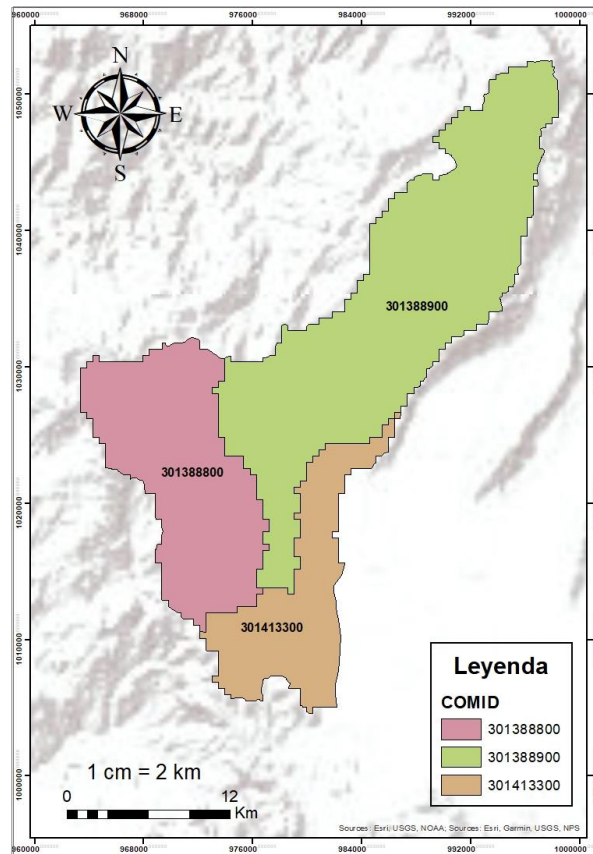
9.1. Estimación de la oferta

9.1.1. Definición y procesamiento de la cuenca

La definición de la cuenca se realizó por medio de la base de datos AHD del software Hydro-BID, adicional a esto la delimitación de la esta se determinó mediante el sistema de información geográfica QGIS y el complemento navegador AHD el cual, arroja las subcuencas presentes en la cuenca y su respectivo COMID (numero identificador) como se observa en el **Mapa 7**, además de los ríos los ríos principales, los datos geométricos como

área, la longitud del cauce principal y el perímetro los cuales fueron de suma importancia para hallar los centroides de cada subcuenca.

Mapa 7 Delimitación de la Cuenca del Rio Balsillas con el software QGIS



Fuente Autores

9.2. Obtención y tratamiento de los datos de entrada

Los datos de entrada necesarios para la modelación se encuentran en la **Tabla 10** en la cual se describe la temporalidad y la escala de estos, así como la fuente de la cual fueron tomados.

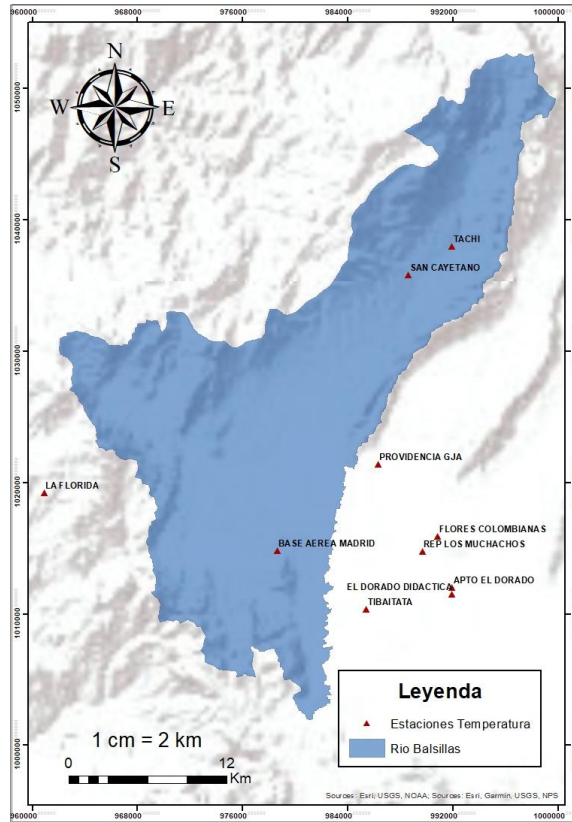
Tabla 10 Datos de entrada del modelo en el software Hydro-BID.

| Datos de entrada | Fuente | Descripción | Número de estaciones | Temporalidad |
|--------------------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|
| Precipitación acumulada diaria en cm | Estaciones climáticas locales | Datos obtenidos del IDEAM. | 26 | 01/01/1983 hasta 31/12/2015 |
| Temperatura media diaria en °C | Estaciones climáticas locales | Datos obtenidos del IDEAM. | 14 | |
| Uso de la tierra | Base de datos AHD | Registros del servicio geológico de los Estados Unidos (USGS). | NA | |

Fuente: Autores

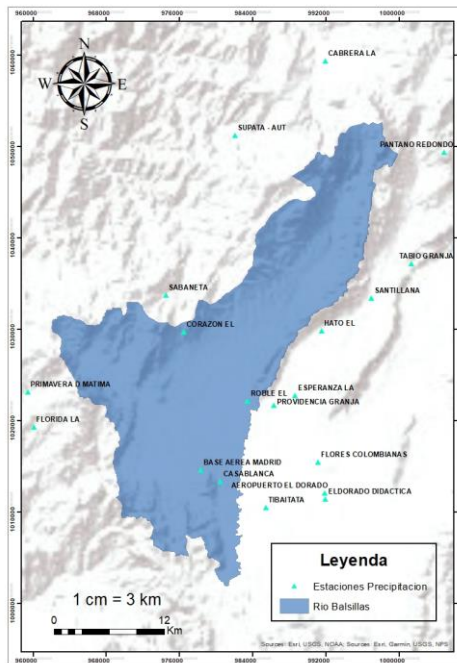
A cada una de las estaciones de precipitación y temperatura se les realizó un análisis estadístico, esto con el fin de determinar la calidad de la información y establecer el porcentaje de datos faltantes. Mediante un código de interpolación del programa Phytton se obtuvieron los datos faltantes con el fin de completar las series de datos desde el 01 de enero de 1983 hasta el 31 de diciembre de 2015. A continuación, se presentan los mapas con la ubicación de las estaciones climatológicas ubicadas dentro de la cuenca del Rio Balsillas o en un área de influencia de 10 km, estas estaciones cuentan con un registro de datos de más de 25 años y un porcentaje mínimo de datos faltantes.

Mapa 8 Ubicación de las estaciones de temperatura dentro de la Cuenca del Rio Balsillas



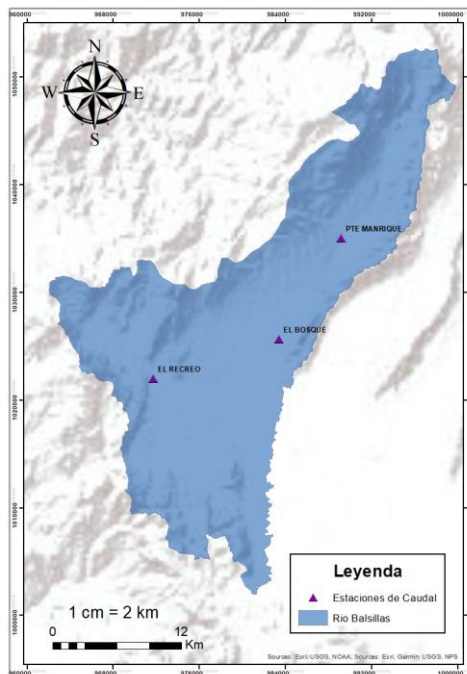
Fuente Autores

Mapa 9 Ubicación de las estaciones de precipitación dentro de la Cuenca del Rio Balsillas



Fuente Autores

Mapa 10 Ubicación de las estaciones de caudal dentro de la Cuenca del Rio Balsillas



Fuente Autores

9.3. Calibración y validación con el software Hydro-BID

Para la calibración de la cuenca del Rio Balsillas se utilizó la estación 2120800 correspondiente a Puente Manrique la cual contiene datos de caudal desde 1983 hasta 2015. Para la calibración en el software Hydro-BID, se tiene influencia de ciertos parámetros del modelo de caudal para ser más exactos en el resultado, como primera medida, se evidenció una relación entre el Seepage y el volumen de caudal ya que estos son inversamente proporcionales, es decir, al reducir el coeficiente de permeabilidad, el volumen de los caudales reflejados en la curva de duración aumentan pues, se presenta menor infiltración de agua superficial a los acuíferos; así mismo, se estableció una relación directamente proporcional entre el coeficiente R y la pendiente de la curva y de igual, forma para el valor del AWC y la pendiente de curva ya que estos parámetros tienen el mismo comportamiento. Adicionalmente, cuando el valor del número de curva se reduce los caudales disminuyen, siendo menos sensibles a los eventos de precipitación. En la **Tabla 11**, se encuentran los valores de los parámetros de calibración del software Hydro-BID para la cuenca del Rio Balsillas.

Tabla 11 Parámetros de calibración para el modelo en Hydro-BID.

| PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN | |
|----------------------------------|----------------|
| COMID | 301413300 |
| ESTACIÓN | 2120800 |
| PARAMETROS | VALORES |
| NC | 0.15 |
| AWC | 1.5 |
| R Coefficient | 0.0047 |
| Seepage | 0.032 |
| Grow Season ET Factor | 1 |
| Dormant Season ET Factor | 1 |
| Impervious Cover Percent | 1 |

Fuente: Autores

Seguido a ingresar los parámetros de calibración al software y correr el modelo se obtienen las métricas de desempeño a nivel diario y mensual para la cuenca, a continuación, en la **Tabla 12** se evidencian los valores arrojados por el software a nivel diario y mensual.

Tabla 12 Métricas de desempeño para la calibración del modelo en Hydro-BID.

| MÉTRICAS DE DESEMPEÑO | | |
|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| COMID | 301413300 | |
| ESTACIÓN | 2120800 | |
| PARAMETROS | VALORES DIARIOS | VALORES MENSUALES |
| Volumen de Error General (%) | 3.77 | 1.66 |
| Correlacion r(-) | 0.24 | 0.3 |
| Correlacion modificada | 0.13 | 0.18 |

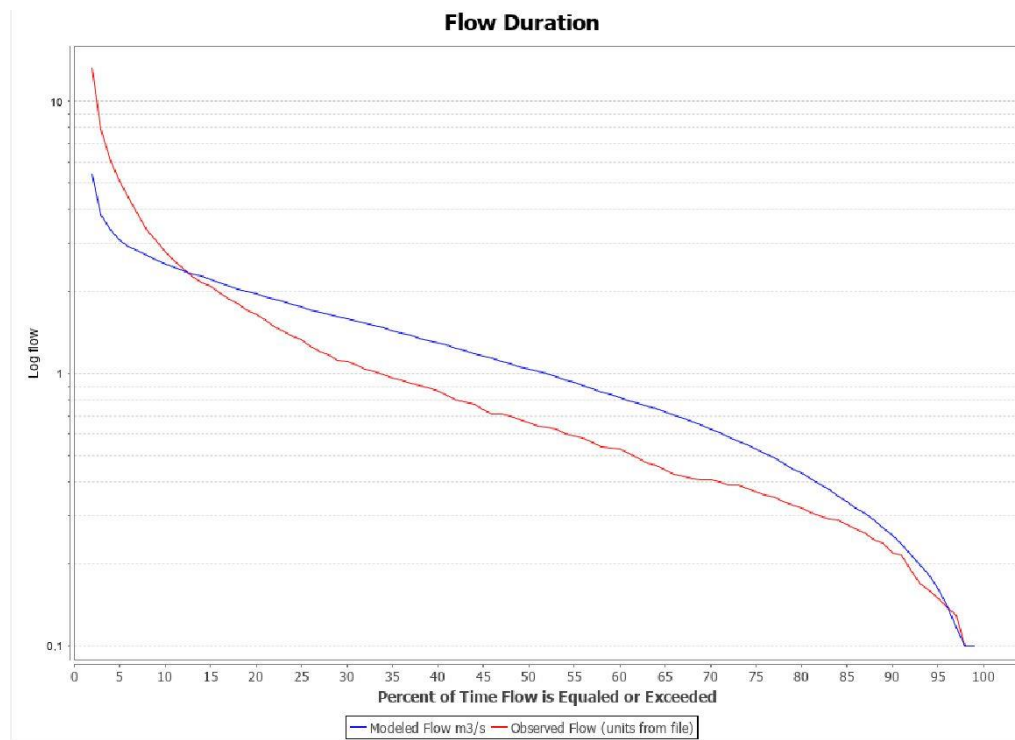
| | | |
|---|------------------------|-----|
| Eficiencia de Nash-Sutcliffe R² | 0.14 _[DIA1] | 0.2 |
|---|------------------------|-----|

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta los datos obtenidos, se observan mejores resultados a nivel mensual, los cuales resultan ser más aceptables para visualizar el comportamiento de las variables en la cuenca. Con la obtención de datos mensuales, menor será la probabilidad de error de ajuste en las métricas debido a que existe un porcentaje menor de datos faltantes, adicional a esto es importante mencionar que el llenado de datos diarios se realizó mediante el programa Python el cual demuestra un margen de error más alto en el llenado debido a que los datos faltantes son mayores que los mensuales, como se observa en la métrica de la Eficiencia de Nash donde se expone un mejor ajuste para los valores mensuales que en los valores diarios

Así mismo, se obtuvo una curva de duración de caudales seguido al proceso de calibración para la cuenca, en la **Grafica 8** se observa una línea de color roja la cual describe el caudal modelado y una línea de color azul la cual describe el caudal observado; allí se evidencia que a medida que se realiza la calibración, la curva de duración simulada se ajusta mejor a las condiciones observadas, además de que los volúmenes de caudal se conservan, validando el modelo.

Grafica 8 Curva de duración de caudales de la calibración del modelo

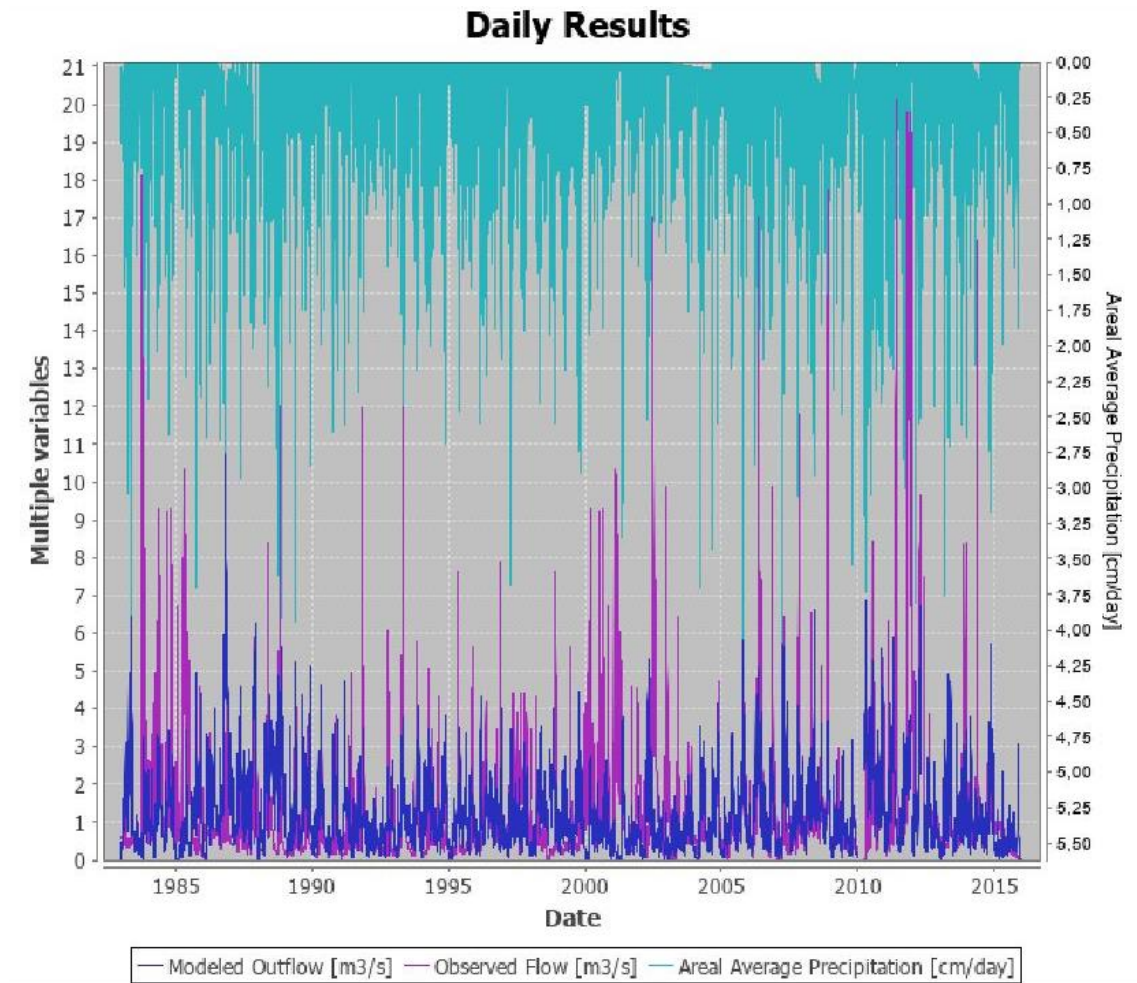


Fuente: Software Hydro-BID.

En la **Ilustración 8**, _[DIA2] se observa con más detalle el comportamiento de los caudales observados (línea morada) y los caudales modelados (línea azul oscura), en semejanza

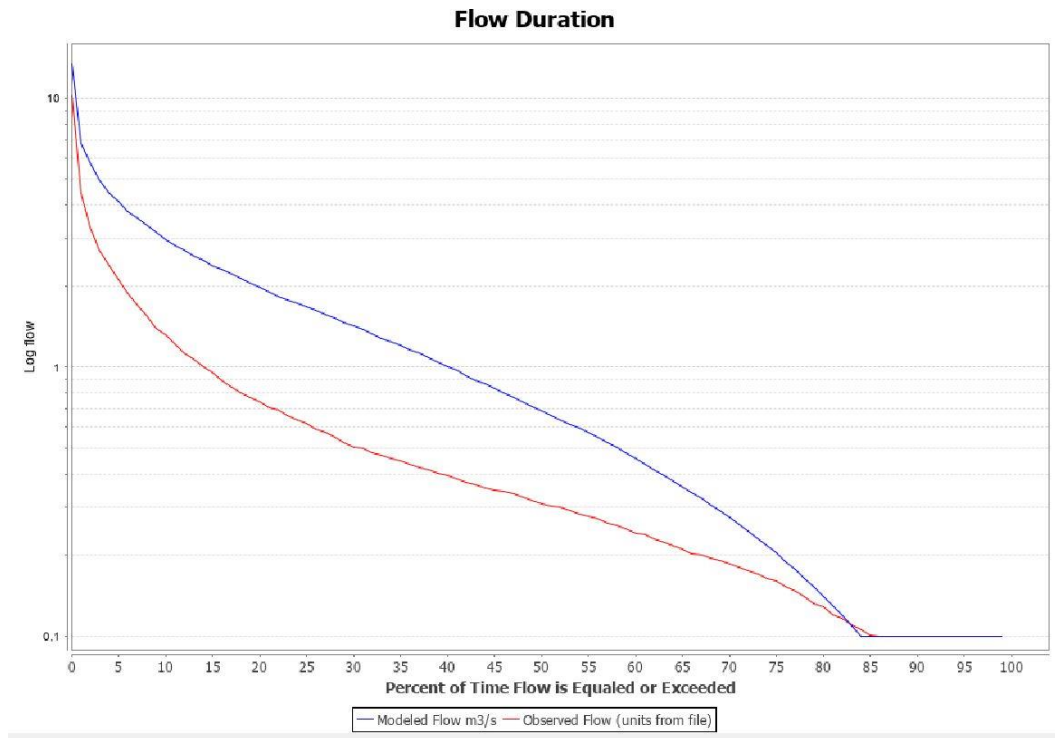
con datos climáticos como lo es en este caso datos de precipitación (línea azul clara), esta comparación se realiza con el fin de evidenciar la relación que tienen las variables ya que a medida que la precipitación aumenta de forma directamente proporcional lo harán los caudales. Para este tipo de gráfica, se debe tener en cuenta que la mayor precisión la tienen los caudales bajos y medios debido a que los caudales observados y simulados se relacionan más fácilmente en estos puntos y no en los picos altos ya que los eventos extremos suceden de manera esporádica dejando claro que el comportamiento de los caudales varía en épocas de sequía y de inundación.

Ilustración 8 Datos observados de precipitación Vs caudales observados y simulados



Seguido a esto se realiza el proceso de validación, al tener los datos de calibración se corre el modelo nuevamente, esta vez el periodo de tiempo será el proyectado que corresponde del 01 de enero de 2016 al 31 de diciembre de 2100, en la **Grafica 9** se observa un comportamiento de curva similar para los datos simulados y observados, cabe resaltar que al igual que en el proceso de calibración se sobrestima en una porción los caudales modelados.

Grafica 9 Curva de duración de caudales de la validación del modelo



Fuente: Software Hydro-BID.

Con respecto a las métricas de desempeño del proceso de calibración del modelo, se observa en la **Tabla 13** que en la validación se obtiene un porcentaje de error más bajo y una mejora en la eficiencia del número de Nash dando, así como resultado una variabilidad de observación de simulación satisfactoria con respecto a los valores mensuales, lo que quiere decir que este proceso es óptimo para fines que involucren valores medios mensuales o anuales logrando así una mejor confiabilidad en sus resultados.

Tabla 13 Métricas de desempeño para la validación del modelo en Hydro-BID.

| MÉTRICAS DE DESEMPEÑO | | |
|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| COMID | 301413300 | |
| ESTACIÓN | 2120800 | |
| PARAMETROS | VALORES DIARIOS | VALORES MENSUALES |
| Volumen de Error General | 1.83 | -0.24 |
| Correlación r(-) | 0.24 | 0.3 |
| Correlación modificada | 0.13 | 0.18 |
| Eficiencia de Nash-Sutcliffe | 0.16 _[DIA3] | 0.25 |

Fuente: Autores

Al comparar las métricas de desempeño para la validación y calibración del software Hidro-BID se concluye que el comportamiento de los parámetros es similar, es decir, al obtener datos mensuales el porcentaje de datos faltantes será menor por esta razón se evidencia un mejor ajuste como en el caso de la eficiencia de Nash.

9.4. Análisis cambio climático

9.4.1. Modelo de circulación global (GCM)

Los escenarios de cambio climático tienen gran influencia sobre el comportamiento de la oferta de la cuenca a futuro, para ello se selecciona un modelo de circulación global (GCM) que se ajuste a los datos climáticos registrados en la zona, para posteriormente aplicar los diferentes escenarios. Por medio un código en el software Spyder se hace la selección de dicho modelo el cual, permite hacer un contraste entre diferentes criterios, para lograr una semejanza entre los datos globales con las series de precipitación y de temperatura generadas.

Con respecto al código de Spyder, se tienen en cuenta las series de datos de las variables de precipitación y temperatura que se encuentran registradas en la cuenca, las coordenadas de los centroides de las subcuencas y los datos históricos del modelo climático global que se va a evaluar para la precipitación y la temperatura, los cuales se obtienen de la página del Centro de Análisis de Datos Ambientales (CEDA). Inicialmente, el código generado en este software lee los datos que se ingresan con el fin de identificar la celda donde se encuentra ubicada la cuenca, básicamente son las coordenadas globales donde se ubica la zona de estudio; seguido a esto se establecen los criterios a evaluar que en este caso son: media, dato máximo, dato mínimo, desviación estándar y coeficiente de correlación.

Con ayuda del software Spyder, se hace una evaluación de cada criterio calculando el porcentaje de error que se obtiene al comparar los datos globales de los modelos y los CORDEX con los datos de las series de las variables de precipitación y temperatura históricos, así mismo, se aplican criterios estadísticos para realizar esta comparación. Se estipularon dos criterios físicos que determinan los días secos/cálidos y los días húmedos/fríos, debido a la relevancia que estos tienen frente al comportamiento del caudal dentro de la cuenca; para la estructuración de dichos parámetros se realiza un algoritmo el cual permite entender de forma más clara los procesos realizados y los resultados que posteriormente se obtendrán.

Finalmente, para seleccionar el GCM se tienen en cuenta cuatro modelos globales y dos experimentos CORDEX, estos últimos se caracterizan por ser de una menor escala, los modelos que se evaluarán son: CanESM2, CNMR-MR5, MPI-ESM, CCSM4, CORDEX CanESM2 y el CORDEX MPI-ESM. Para esto se genera un archivo Excel para realizar la comparación de los porcentajes de error de las variables de media, dato máximo, dato mínimo, desviación estándar, coeficiente de correlación, días húmedos/fríos y días cálidos/secos para cada modelo y experimento CORDEX. Al tener la comparación de esos criterios, se selecciona el modelo que mejor se ajusta y se evalúan las gráficas a nivel anual y mensual multianual, en donde se observará la comparación entre los datos del modelo y los datos de las series de las variables de temperatura y precipitación históricas.

Teniendo en cuenta lo anterior, el modelo que reflejó mejor ajuste para la variable de precipitación es el MPI-ESM-MR CORDEX, en la **Tabla 14** se pueden observar los valores resultantes del código de comparación.

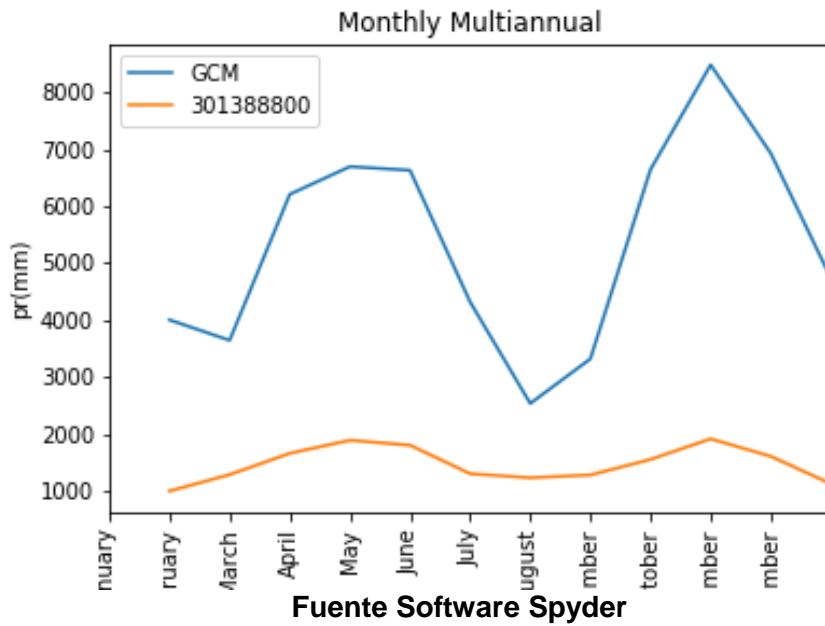
Tabla 14. Resultados criterios de comparación MPI-ESMMR –CORDEX

| Modelo | MPI (CORDEX) | | |
|-------------------------------|---------------------|------------------|------------------|
| | 301388800 | 301388900 | 301143300 |
| Estacion | | | |
| Media | 263.99 | 271.05 | 392.15 |
| Max | 258.65 | 2.75.89 | 404.13 |
| Min | inf | inf | inf |
| Desviacion | 349.31 | 363.5 | 423.76 |
| Correlacion | 0.03 | 0.03 | 0.04 |
| Dias Humedos/Frios | 0.16 | 0.48 | 0 |
| Dias Secos/Calidos | 0.96 | 0.32 | 3.42 |

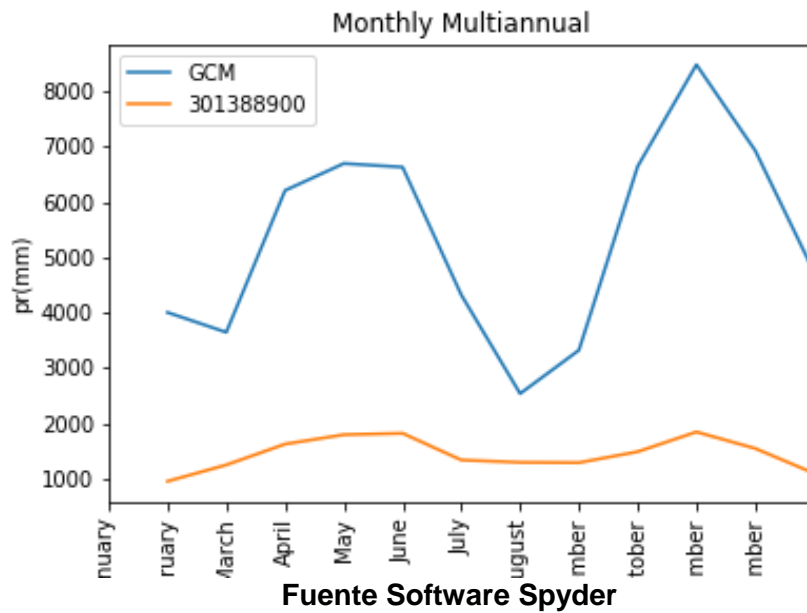
Fuente Autores

Este modelo se eligió, debido a que en las gráficas de comportamiento mensual multianual en donde se compara el GCM y los datos históricos de la variable de precipitación para la estación 301388900 y 301413300, se presenta un comportamiento similar de la curva de datos observados vs los datos del modelo; además, los valores que presenta el GCM son más cercanos a los datos de la precipitación registrados, por otro lado, presenta la mejor correlación de todos los modelos evaluados; en relación a los criterios de días secos y húmedos el porcentaje de error es mínimo lo que indica que hay similitud entre los datos.

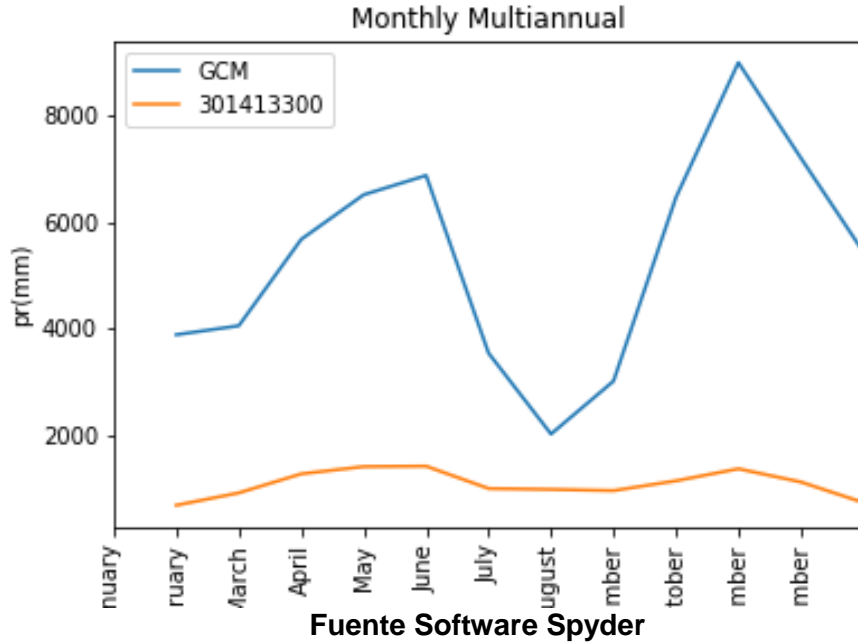
Grafica 10 Comportamiento mensual multianual GCM vs datos históricos de precipitación de la estación 301388800



Grafica 11 Comportamiento mensual multiannual GCM vs datos históricos de precipitación de la estación 301388900



Grafica 12 Comportamiento mensual multiannual GCM vs datos históricos de precipitación de la estación 301413300



Así mismo, para la variable de temperatura el modelo que mejor se ajusto es el GCM MPI-ESM-MR, en la **Tabla 15** se pueden observar los valores resultantes del código de comparación.

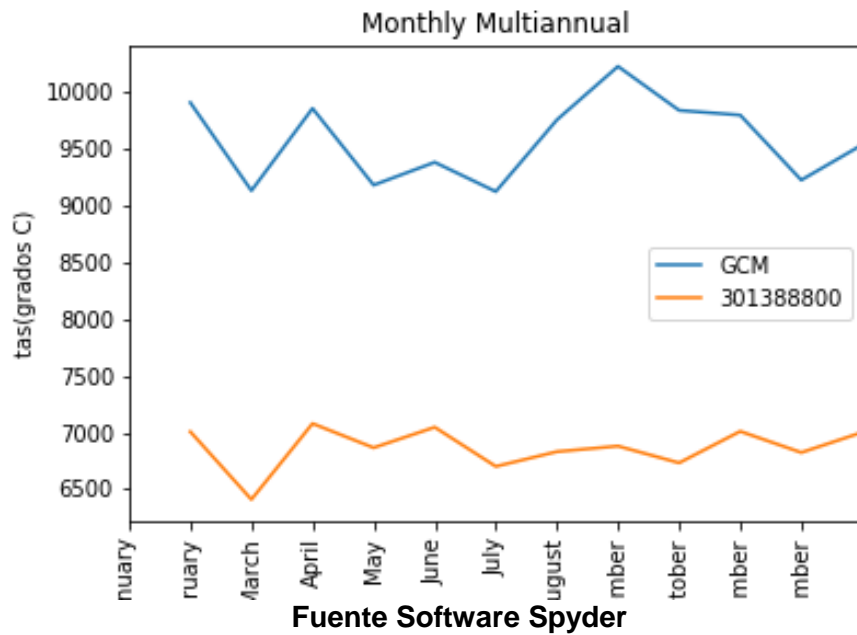
Tabla 15. Resultados criterios de comparación MPI-ESM-MR

| Modelo | MPI | | |
|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 301388800 | 301388900 | 301143300 |
| Media | 39.49 | 48 | 35.43 |
| Max | 42.93 | 49.67 | 40.22 |
| Min | 42.92 | 55.13 | 38.71 |
| Desviacion | 105.19 | 101.52 | 101.86 |
| Correlacion | 0.04 | 0.05 | 0.03 |
| Dias Humedos/Frios | 1.74 | 3.72 | 7.17 |
| Dias Secos/Calidos | 0.64 | 0.16 | 0 |

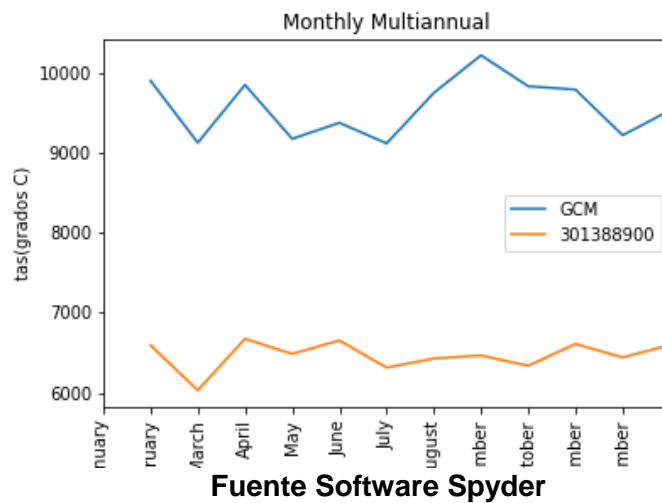
Fuente Autores

Este modelo se eligió, debido a que en las gráficas de comportamiento mensual multianual en donde se compara el GCM y los datos históricos de la variable de temperatura para la estación 301388900 y 301413300, se presenta un comportamiento similar de la curva de datos observados vs los datos del modelo.

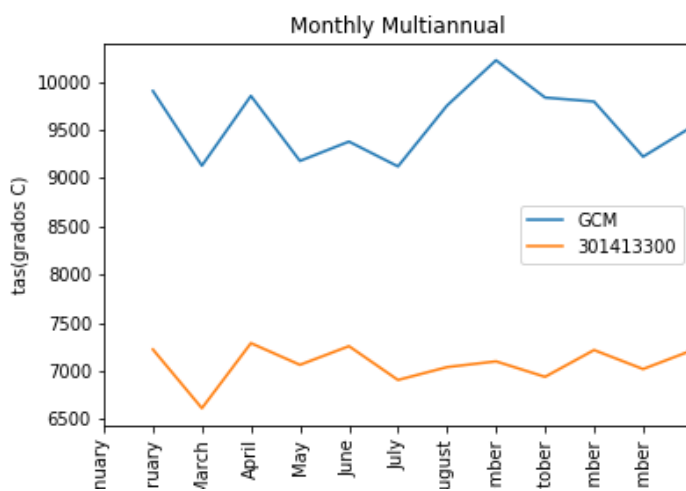
Grafica 13 Comportamiento mensual multianual GCM vs datos históricos de temperatura de la estación 301388800



Grafica 14 Comportamiento mensual multianual GCM vs datos históricos de temperatura de la estación 301388900



Grafica 15 Comportamiento mensual multianual GCM vs datos históricos de temperatura de la estación 301413300



Fuente Software Spyder

A partir de la selección del GCM, se procede a establecer los escenarios de cambio climático, con el fin de analizar el comportamiento del caudal en la zona de estudio para un periodo de tiempo futuro, estos escenarios han sido estipulados en el quinto informe emitido por el IPCC, los cuales se encuentran basados en las emisiones de GEI. El IPCC nombra los escenarios RCP bajo ciertas condiciones de concentración dependiendo del Forzamiento Radiativo (FR) y la concentración de CO₂ para el año 2100. En el caso de GCM MPI-ESM-MR y el CORDEX, se encuentran tres escenarios: RCP 2.6, RCP 4.5 y RCP 8.5; de los cuales se obtuvo información a través del portal del CEDA para los datos correspondientes a los registros históricos para las variables de precipitación y temperatura para cada uno de los RCP.

9.4.2. Reducción de escala basada en la teoría del Caos

Para establecer los escenarios de cambio climático en la zona de estudio, se estructura un código con base al modelo estadístico de la teoría del Caos que tiene en cuenta la climatología global contenida en el GCM elegido y los datos globales con los registros que se tienen en las series históricas de la cuenca, es decir, compara y asemeja los datos globales con los registros de la zona, teniendo en cuenta las condiciones establecidas en cada uno de los RCP. A partir de ello, se generan datos climatológicos futuros para la variable de precipitación y temperatura, para evaluar el comportamiento del caudal bajo diferentes escenarios de cambio climático, que repercuten en la oferta de la cuenca hasta el año 2100. Es importante realizar la reducción de escala, ya que por medio de esta se extrae información a escala local o regional de variables climáticas a partir de modelos de alta resolución que contienen variables atmosféricas, lo que permite disminuir la limitación que existe en la calidad de la información a escalas reducidas y su precisión.

En las gráficas que se presentan en el **Anexo A**, se puede observar que el modelo CORDEX MPI_ESM-MR para los datos de la variable de precipitación, tuvo mejor ajuste con respecto a los datos históricos registrados para cada COMID; también, se presentan los datos del modelo original y en el **Anexo B**, las gráficas en donde se observa que el modelo GCM MPI-ESM-MR para los datos de la variable de temperatura tuvo un mejor ajuste con respecto a los datos históricos registrados para cada COMID. Con estos

resultados, se obtuvieron las series de datos correspondientes a las variables de precipitación y temperatura para cada subcuenca, limitada por las características de cada escenario RCP, de modo que se establezcan tres diferentes escenarios de cambio climático, ya que estos presentan variaciones en diferentes grados debido al cambio en la concentración de GEI.

Como se observa en la **Tabla 16** para cada escenario y cada COMID se presenta un incremento o disminución de las variables de precipitación y temperatura tanto a mediados de siglo (MOC) como a finales de siglo (EOC). En el caso de la variable de precipitación para cada escenario se presenta un incremento de los eventos tanto a mediados de siglo como para finales, en el caso del RCP 2.6 se presenta un incremento promedio del 1.83% para el MOC y 4% para el EOC, para el RCP 4.5 6.53% para MOC y 6.9% para EOC, por ultimo para el escenario RCP 8.5 hay incrementos del 7.43% para MOC y 7.97% para EOC.

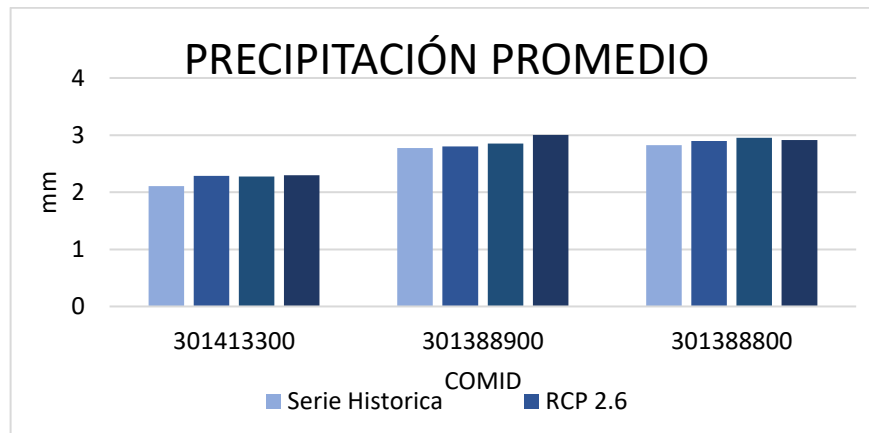
Tabla 16 Variación de la precipitación bajo la reducción de escala.

| ESCENARIO | COMID | PRECIPITACION | |
|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|
| | | INC/DEC MOC (%) | INC/DEC EOC (%) |
| RCP 2.6 | 301388900 | -1.00 | 0.50 |
| | 301388800 | -1.50 | 0.70 |
| | 301413300 | 8.00 | 10.80 |
| PROMEDIO | | 1.83 | 4.00 |
| RCP 4.5 | 301388900 | 2.00 | 6.00 |
| | 301388800 | 7.20 | 3.90 |
| | 301413300 | 10.40 | 10.80 |
| PROMEDIO | | 6.53 | 6.90 |
| RCP 8.5 | 301388900 | 10.40 | 7.60 |
| | 301388800 | 0.10 | 2.70 |
| | 301413300 | 11.80 | 13.60 |
| PROMEDIO | | 7.43 | 7.97 |

Fuente Autores

En la **Grafica 16** se puede observar, la variación de los datos históricos promedio de precipitación en comparación con el promedio de las series de datos, obtenidas a través de la reducción de escala para cada COMID, teniendo en cuenta ello, se evidencia que en periodos futuros el promedio de los datos aumenta, lo que indica un incremento en la precipitación dentro de la zona de estudio.

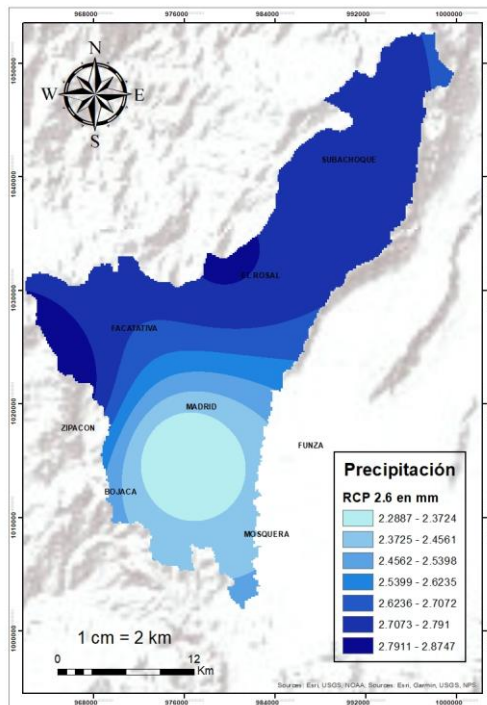
Grafica 16 Precipitación promedio - Datos históricos VS series de escala reducida



Fuente Autores

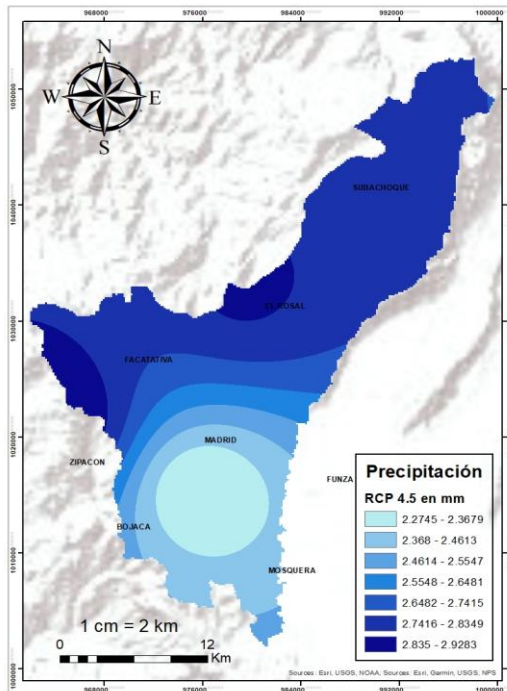
A continuación, se presentan los mapas de interpolación del comportamiento de la precipitación en cada escenario de cambio climático, en el **Mapa 11** para el escenario RCP 2.6, los mayores valores de precipitación se concentran en el COMID 301388800, es decir, que en esa porción de la cuenca se han de presentar eventos de mayor magnitud en periodos futuros que corresponden entre los 3 mm/día a 3.1 mm/día, en comparación con el escenario actual, en el COMID 301388900 la precipitación oscila entre los 2.9 mm/día a 3 mm/día y en el COMID 301413300, se presentan los valores menores de precipitación donde los eventos registran eventos de 2.3 mm/día a 2.4 mm/día. Con respecto al escenario de estabilización, el cual corresponde al RCP 4.5 se observa en el **Mapa 12** que la precipitación se concentra en la parte alta de la cuenca en los COMID 301388900 y 301388800, donde los valores de precipitación oscilan entre los 2.9 mm/día y 3 mm/día, para el COMID 301413300, se presentan valores de precipitación entre los 2.3 mm/día a 2.5 mm/día. Para el escenario RCP 8.5 se observa en el **Mapa 13** que el comportamiento de la precipitación es similar al escenario que se plantea en el RCP 4.5, ya que los valores se aproximan a los 3.1 mm/día en los COMID de la parte alta de la cuenca, sin embargo, el área que se abarca es mayor en comparación con éste, en la subcuenca con COMID 301413300, se presentan las precipitaciones con menor valor oscilando entre los 2.3 mm/día a 2.5 mm/día.

Mapa 11 Interpolación de precipitación bajo el escenario RCP 2.6



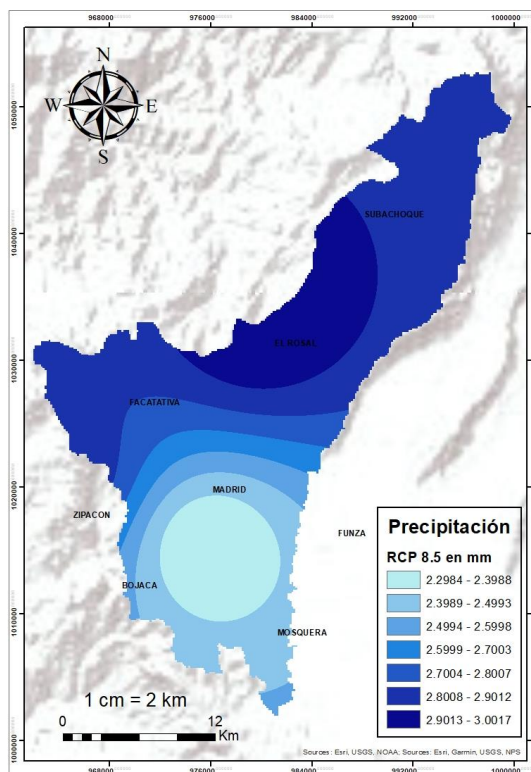
Fuente Autores

Mapa 12 Interpolación de precipitación bajo el escenario RCP 4.5



Fuente Autores

Mapa 13 Interpolación de precipitación bajo el escenario RCP 8.5



Fuente Autores

En la **Tabla 17** para la variable de temperatura, se observa un incremento para los escenarios RCP 2.6 y RCP 4.5, tanto para mediados de siglo como para finales; en promedio 0.17% y 0.23% para el escenario RCP 2.6 y, 0.57% y 0.47% para el escenario RCP 4.5, respecto al escenario RCP 8.5 la temperatura presenta una disminución de -0.43% para el MOC y -0.60% para el EOC.

Tabla 17. Variación de la temperatura bajo la reducción de escala

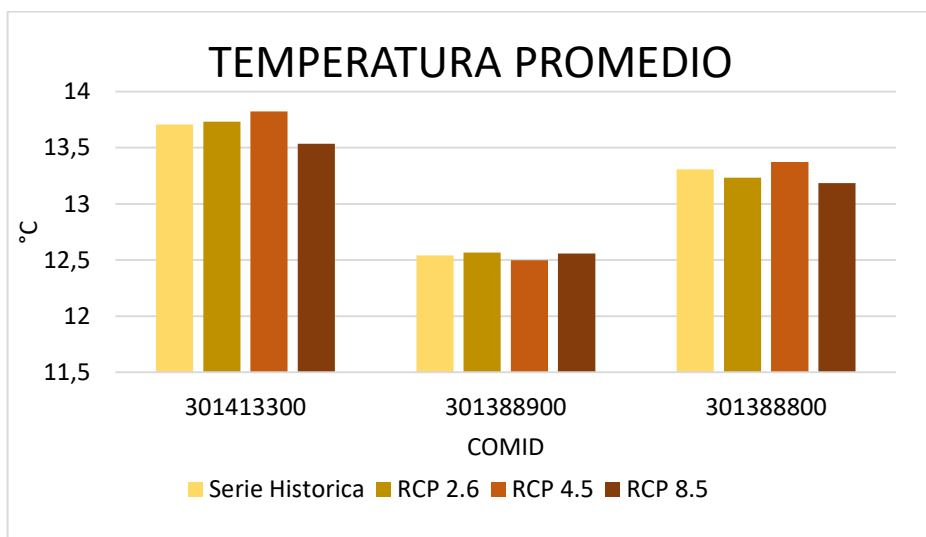
| ESCENARIO | COMID | TEMPERATURA | |
|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|
| | | INC/DEC MOC (%) | INC/DEC EOC (%) |
| RCP 2.6 | 301388900 | 0.4 | 0.4 |
| | 301388800 | -0.3 | -0.2 |
| | 301413300 | 0.4 | 0.5 |
| PROMEDIO | | 0.17 | 0.23 |
| RCP 4.5 | 301388900 | -0.1 | -0.2 |
| | 301388800 | 0.7 | 0.6 |
| | 301413300 | 1.1 | 1 |
| PROMEDIO | | 0.57 | 0.47 |
| RCP 8.5 | 301388900 | 0.5 | 0.2 |
| | 301388800 | -0.7 | -0.9 |

| ESCENARIO | COMID | TEMPERATURA | |
|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|
| | | INC/DEC MOC (%) | INC/DEC EOC (%) |
| | 301413300 | -1.1 | -1.1 |
| PROMEDIO | | -0.43 | -0.60 |

Fuente Autores

En la **Grafica 17** se observa la variación de temperatura promedio histórica en comparación con la temperatura promedio que se presentan en los escenarios futuros, estos datos oscilan entre los 12.5°C y los 13.7°C; como se puede evidenciar para los tres COMID la temperatura tiende a elevarse, sin embargo para el escenario RCP 8.5 los valores disminuyen y se presentan promedios menores a los valores históricos.

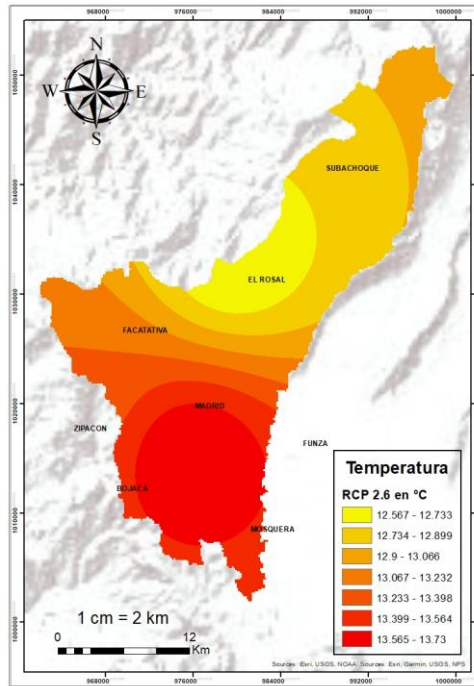
Grafica 17 Temperatura promedio - Datos históricos VS series de escala reducida



Fuente Autores

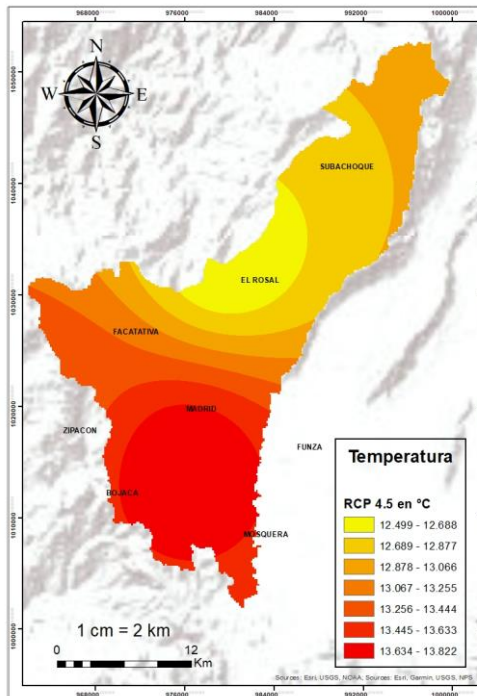
A continuación, se presentan los mapas de interpolación del comportamiento de temperatura en cada escenario de cambio climático, en el **Mapa 14** para el RCP 2.6 en el COMID 301388900, se presentan los datos con menor valor, estos oscilan entre 12.56°C a 12.73°C principalmente, por otro lado, para el COMID 301388800 los datos se aproximan a los 13°C, en el último COMID 301413300, los valores de temperatura se acercan a los 13.73°C. con respecto al escenario de estabilización correspondiente al RCP 4.5 se observa en el **Mapa 15** que la temperatura presenta un incremento significativo en comparación con el escenario anterior ya que se evidencia que para el COMID 301388900 los valores aumentan y éstos fluctúan entre los 13.26°C a los 13.53°C, para el COMID 301388800 la temperatura oscila entre los 12.98°C y los 13.25°C, por último la subcuenca con COMID 301413300 presenta temperaturas de 13.54°C a 13.81°C. Para el escenario RCP 8.5, se observa en el **Mapa 16** que los valores de temperaturas se reducen, presentando un comportamiento similar al del RCP 4.5, para el COMID 301388900 de la parte alta de la cuenca, la temperatura oscila entre los 12.56°C y los 12.7°C, el COMID 301388800 presenta temperaturas de 13°C y el COMID 301413300 valores de hasta 13.56°C.

Mapa 14 Interpolación de temperatura bajo el escenario RCP 2.6



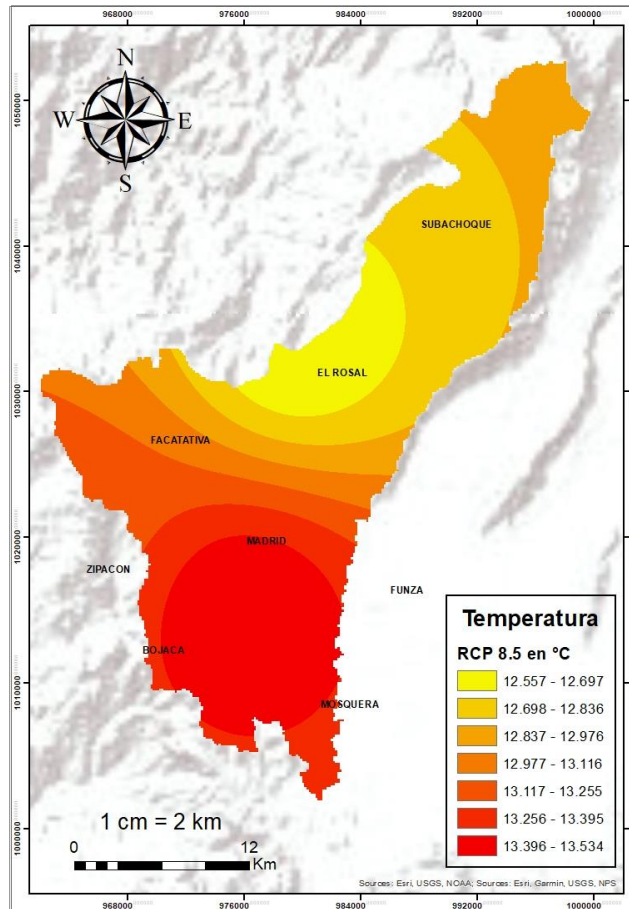
Fuente Autores

Mapa 15 Interpolación de temperatura bajo el escenario RCP 4.5



Fuente Autores

Mapa 16 Interpolación de temperatura bajo el escenario RCP 8.5



Fuente Autores

10. OBTENCIÓN DE LA DEMANDA

10.1. Obtención de la demanda actual y futura

Para la obtención de la demanda actual de la cuenca, fue necesario recurrir a los registros de la Corporación Autónoma Regional (CAR) los cuales se encuentran en el **Anexo D**; esto, con el fin de obtener los valores correspondientes a las concesiones asignadas dentro de la zona de estudio para cada sector económico, en este caso para el sector doméstico, agrícola, pecuario e industrial.

Para la demanda futura se realizó la proyección de las demandas para cada uno de los sectores económicos, teniendo en cuenta los registros históricos del Producto Interno Bruto (PIB), datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE y el Banco de la Republica, en este caso tenemos un porcentaje para las actividades económicas que se realizan en la cuenca del 2%.

| | |
|-----|------|
| PIB | 0.02 |
|-----|------|

Tabla 18 Calculo de la población proyectada hasta el 2020 por Municipios.

| MUNICIPIO | Población Proyectada de 1985 a 2020 (hab) | Población Proyectada de 2021 a 2040 (hab) | Población Proyectada de 2041 a 2070 (hab) | Población Proyectada 2071 a 2100 (hab) |
|------------|---|---|---|--|
| El Rosal | 19253 | 24026 | 31186 | 38346 |
| Facatativá | 144149 | 194906 | 271042 | 347178 |
| Mosquera | 93461 | 137436 | 203398 | 269360 |
| Subachoque | 17712 | 17228 | 16502 | 15776 _[DIA4] |
| Madrid | 85090 | 114401 | 158369 | 202336 |

Fuente Autores

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en la **Tabla 18** se observa que en el municipio de Subachoque la población disminuye a lo largo del periodo de los años, esto se manifiesta por factores externos. Adicional una parte de la población que se encuentra allí realizan únicamente actividades laborales por lo cual se desplazan diariamente a este municipio, cabe destacar que, aunque la población disminuye no se ve afectada la cuenca, es decir, a menor población, menor consumo de agua y mayor oferta hídrica en este sector.

Como se mencionó anteriormente, para obtener la demanda actual se contó con información más precisa y actualizada por parte de la Corporación Autónoma Regional (CAR), para realizar la proyección se tuvo en cuenta el PIB el cual, es una magnitud macroeconómica que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final de un país o región durante un periodo determinado [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.], así mismo, se contó con información de las principales actividades económicas y se unifico por municipios como se observa en la **Tabla 19**.

Adicional se determino que la demanda Industrial se comporta de manera parecida para la mayoría de los municipios con excepción de Mosquera, aunque este presenta presenta mayor numero de industrias se refleja un menor consumo de agua, debido a que las empresas que se encuentran ubicadas en este sector como Itacol S.A., Purina, Arinas Lobo, entre otras tienen un proceso de producción en seco, es decir, no requieren de agua para su producción. Además se evidencia que dichas empresas emplean métodos de reutilización de agua o sistema de aguas lluvias utilizada para el área administrativa lo cual hace que el consumo de agua por parte directa de la cuenca disminuya.

Tabla 19 Clasificación de demanda hasta el año 2020 por sectores en litro/año.

| MUNICIPIO | Demanda Doméstica (litro/año) | Demanda Agrícola (litro/año) | Demanda Pecuario (litro/año) | Demanda Industrial (litro/año) |
|-----------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Bajaca | 2343755520 | 13352610456 | 2557859731 | 110344464 |
| El Rosal | 2350551528 | 13488338246 | 2561707123 | 110344464 |
| Funza | 2192871528 | 13335130051 | 2554706131 | 110344464 |

| | | | | |
|------------|------------|-------------|------------|---------------------|
| Madrid | 2352128328 | 13508521286 | 2563283923 | 110344464 |
| Mosquera | 79921684.8 | 11530324771 | 2277126259 | 0 _[DIA5] |
| Subachoque | 2352759048 | 13594929926 | 2567572819 | 110344464 |

Fuente Autores

El cálculo de la demanda de agua por uso doméstico se realizó con el método aritmético según lo establecido en el artículo B “Sistemas de Acueducto” del Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2017, en el cual se establece que el método de cálculo para la proyección de la población depende del nivel de complejidad del sistema. Se calcula la población utilizando el modelo matemático que mejor se ajuste al comportamiento histórico de la población.

Se inició tomando la población correspondiente al censo inicial del año 1983 y la población proyectada en el censo DANE para 2020.

Ecuación 3 Cálculo de la demanda doméstica.

$$P_f = (P_{uc} + ((P_{uc} - P_{ci}) / (T_{uc} - T_{ci})) * (T_f - T_{uc}))_{[DIA6]}$$

Fuente Autores

Donde:

- **Pf:** población correspondiente al año de la proyección
- **Pci:** población correspondiente al censo inicial
- **Puc:** población correspondiente a la proyección del DANE
- **Tuc:** año correspondiente al último año proyectado por el DANE
- **Tf:** Tasa de crecimiento observado en el período
- **Tci:** año correspondiente al censo inicial con información

10.1.1. Sector agrícola

La demanda para este sector hace referencia a los requerimientos hídricos de los cultivos, que deben ser suplidos de manera natural o artificial. Alrededor de la Cuenca del Río Balsillas, se encuentran cultivos de arroz, papa, hortalizas y frutales los cuales corresponden al 80% del área de cultivo y los cultivos de flores e invernaderos corresponden al 30% del área de cultivo dejando el 10% restante para el área de pastos manejados.

A continuación, se presentan las demandas de agua en m³/s proyectadas del sector agrícola para la Cuenca del Río Balsillas.

Tabla 20 Demanda de agua en m³/s del sector agrícola para cada municipio

| MUNICIPIO | Demanda Agrícola (m ³ /s) | | |
|-----------|--------------------------------------|-------|-------|
| | 2040 | 2070 | 2100 |
| Bojaca | 0.553 | 0.958 | 1.736 |
| El Rosal | 0.559 | 0.968 | 1.753 |
| Funza | 0.553 | 0.957 | 1.733 |

| | | | |
|------------------|--------------|--------------|---------------|
| Madrid | 0.560 | 0.969 | 1.756 |
| Mosquera | 0.478 | 0.827 | 1.499 |
| Subachoque | 0.563 | 0.976 | 1.767 |
| SUMATORIA | 3.266 | 5.655 | 10.243 |

Fuente Autores

Como se puede observar en la **Tabla 20**, el municipio que requiere menor cantidad de agua para suplir las necesidades de riego en sus cultivos es Mosquera, con una demanda de agua de 2.804 m³/s ya que en esta zona se presentan mayores periodos de precipitación lo cual ayuda a suplir esta demanda y su técnica de riego para cultivos de lechuga, zanahoria, apio y arveja (predominan cultivos de verduras en la zona), ha mejorado con la implementación de programas de ahorro y uso eficiente del agua lo que permite un mejor uso del recurso hídrico. El municipio que requiere mayor cantidad de agua para suplir las necesidades de riego en sus cultivos es Madrid, con una demanda de agua de 3.29 m³/s, ya que este es el mayor municipio floricultor de Colombia por ende tiene una demanda de agua más alta en comparación con los demás municipios que hacen parte de la cuenca del Rio Balsillas. Para los municipios de Bojaca, El Rosal, Funza y Subachoque, la demanda de agua es de 3.25 m³/s, 3.28 m³/s, 3.24 m³/s y 3.28 m³/s respectivamente, cuentan con una demandan de agua similar ya que su sistema de riego comparte patrones debido a que sus cultivos principales son de papa, zanahoria, maíz, lechuga, hortalizas y trigo.

10.1.2. Sector pecuario

La demanda para este sector hace referencia a los requerimientos hídricos de la actividad ganadera, consistentes en la crianza de animales para diferentes fines como lo son doméstico, comercialización y aprovechamiento económico. Alrededor de la Cuenca del Rio Balsillas, las especies de mayor producción son los bovinos, porcinos, equinos, conejos y aves correspondientes al 60%, 20%, 10%, 5% y 5% respectivamente.

A continuación, se presentan las demandas de agua en m³/s proyectadas del sector pecuario para la Cuenca del Rio Balsillas.

Tabla 21 Demanda de agua en m³/s del sector pecuario para cada municipio

| MUNICIPIO | Demanda Pecuario (m ³ /s) | | |
|------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| | 2040 | 2070 | 2100 |
| Bojaca | 0.106 | 0.184 | 0.332 |
| El Rosal | 0.106 | 0.184 | 0.333 |
| Funza | 0.106 | 0.183 | 0.332 |
| Madrid | 0.106 | 0.184 | 0.333 |
| Mosquera | 0.094 | 0.163 | 0.296 |
| Subachoque | 0.106 | 0.184 | 0.334 |
| SUMATORIA | 0.625 | 1.082 | 1.960 |

Fuente Autores

Como se puede observar en la **Tabla 21**, la demanda del sector pecuario para el primer periodo de tiempo del año 2015 al 2040 es similar para todos los municipios, exceptuando Mosquera, para el periodo de tiempo del año 2041 a 2070 la demanda aumenta 0.078 m³/s

y para el periodo de tiempo del año 2071 a 2100 se evidencia un aumento de 0.227 m³/s. Para este sector, los municipios que menor cantidad de agua requieren son Mosquera y Funza, equivalentes al 15.1% y 16.9% respectivamente del consumo hídrico. Mosquera tiene una demanda de agua de 0.553 m³/s, este municipio se destaca por contar con grandes haciendas en donde aprovechan la cría y ceba de especies menores como cerdos y pollos, en ganadería se explotan la raza Holstein y Normanda para lechería y carnes, así mismo, se destacan por contar con buenas practicas del recurso hídrico, logrando una disminución en sus consumos. Funza, tiene una demanda de agua de 0.621 m³/s, en este municipio cuenta con un sistema de producción predominante referente a la ganadería de leche explotando la raza Holstein (bovinos), seguidos por los porcinos, equinos y conejos. Adicionalmente estos dos municipios cuentan con una serie de restricciones de consumo de agua lo cual contribuye al bajo porcentaje de demanda hídrica que necesitan con respecto a los demás municipios que hacen parte de la Cuenca del Rio Balsillas.

Para los municipios de Bojaca, El Rosal, Madrid y Subachoque se tiene una demanda de agua de 0.622 m³/s, 0.623 m³/s, 0.623 m³/s y 0.624 m³/s respectivamente lo cual equivale a un 17% de consumo hídrico para cada municipio.

10.1.3. Sector industrial

La demanda para este sector, hace referencia a los requerimientos hídricos de la actividad industrial para cada municipio. Alrededor de la Cuenca del Rio Balsillas, las actividades industriales representan un porcentaje mínimo de consumo de agua.

A continuación, se presentan las demandas de agua en m³/s, proyectadas del sector industrial para la Cuenca del Rio Balsillas.

Tabla 22 Demanda de agua en m³/s del sector industrial para cada municipio

| MUNICIPIO | Demanda Industrial (m ³ /s) | | |
|------------------|--|--------------|-------------------------|
| | 2040 | 2070 | 2100 |
| Bojaca | 0.005 | 0.008 | 0.014 |
| El Rosal | 0.005 | 0.008 | 0.014 |
| Funza | 0.005 | 0.008 | 0.014 |
| Madrid | 0.005 | 0.008 | 0.014 |
| Mosquera | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Subachoque | 0.005 | 0.008 | 0.014 _[DIA7] |
| SUMATORIA | 0.023 | 0.040 | 0.072 |

Fuente Autores

Como se puede observar en la **Tabla 22**, la demanda del sector industrial desde el primer periodo de tiempo equivalente al año 2015 a 2040, hasta el último periodo de tiempo equivalente al año 2071 a 2100, aumenta 0.003 m³/s y 0.009 m³/s, este sector representa el 4% de la demanda hídrica total de la Cuenca del Rio Balsillas. Para las actividades industriales (empresas), se debe tener en cuenta, que este consumo es bajo debido a que la mayoría de las empresas que se encuentran ubicadas en estos municipios, tienen su

propio sistema de tratamiento de agua y de reusó, para actividades no domesticas (sanitarios o riego), o para su mismo proceso productivo, así como el aprovechamiento de las aguas lluvias. Las empresas que predominan son las dedicadas a la producción de alimentos para humanos, alimentos para mascotas y materiales de construcción, aunque algunas no requieren demanda hídrica debido a que sus procesos se realizan en seco, se tiene un consumo mínimo de agua para su proceso productivo, como cuentan con su propio sistema de tratamiento y reusó de agua, se les facilita suplir la necesidad de demanda hídrica lo cual, baja los consumos referentes a fuentes aledañas. Dentro de este sector se cuenta con empresas como Colceramiza S.A., Doria S.A.S, Talcos, Purina Nestle S.A., entre otras.

10.1.4. Sector domestico

La demanda para este sector, hace referencia a los requerimientos hídricos que necesita un habitante para satisfacer sus necesidades básicas, para hallar la dotación máxima por habitante, se revisó el Título B del RAS en donde se obtiene la dotación neta en L/hab*día, adicional, se define el nivel de complejidad del sistema según lo establecido en el Título A del RAS el cual, es determinado según el número de habitantes en una zona. Para determinar el nivel de complejidad se tiene en cuenta la información de la **Tabla 18**, en donde se observa la población proyectada al año 2100 por los municipios que hacen parte de la Cuenca del Rio Balsillas, por lo tanto, los datos poblacionales corresponden de complejidad Alto, asumiendo una dotación neta de 140 L/hab*día para climas templados y fríos.

Tabla 23 Determinación de dotación neta

| | |
|-----------------------------|-------------------------|
| Nivel de complejidad | Alto |
| Clima | Templado y frio |
| Dotación neta | 140 $\frac{L}{hab*día}$ |

Fuente Autores

A continuación, se presentan las demandas de agua en m³/s proyectadas del sector doméstico para la Cuenca del Rio Balsillas.

Tabla 24 Demanda de agua en m³/s del sector doméstico para cada municipio

| MUNICIPIO | Demanda doméstica (m ³ /s) | | |
|------------------|---------------------------------------|--------------|--------------|
| | 2040 | 2070 | 2100 |
| Bojaca | 0.051 | 0.075 | 0.100 |
| El Rosal | 0.399 | 0.587 | 0.775 |
| Funza | 0.291 | 0.474 | 0.656 |
| Madrid | 0.037 | 0.051 | 0.061 |
| Mosquera | 0.296 | 0.316 | 0.158 |
| Subachoque | 0.162 | 0.347 | 0.118 |
| SUMATORIA | 1.236 | 1.849 | 1.868 |

Fuente Autores

Como se puede observar en la **Tabla 24**, la demanda del sector doméstico se incrementa sucesivamente al pasar de los años, desde el primer periodo de tiempo equivalente al año 2015 a 2040, hasta el último periodo de tiempo equivalente al año 2071 a 2100 aumenta 0.188 m³/s y 0.376 m³/s. Se debe tener en cuenta, que el consumo doméstico no solo hace alusión al consumo realizado en las viviendas sino también, al consumo que se realiza en los establecimientos prestadores de servicios para actividades de turismo (restaurantes, hoteles, etc.). Se observa que el mayor requerimiento de demanda hídrica es para el municipio de El Rosal y de Funza equivalente a un 35.5% y un 28.7% respectivamente, en comparación con los demás municipios, esto se debe al consumo que se realiza por parte de los habitantes de la zona y al consumo que realizan los turistas ya que particularmente, estos municipios tienen un alto flujo de visitantes. Los municipios de Bojaca, Mosquera y Subachoque tienen un requerimiento de agua del 4.6%, 15.5% y 12.7% respectivamente. Con respecto al municipio que menor demanda hídrica requiere es Madrid, con un 3% ya que, a pesar de tener una cantidad de habitantes considerable, cuentan con buenas prácticas de uso y ahorro de agua y con ciertas restricciones para no exceder sus consumos.

11. ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE OFERTA HÍDRICA NATURAL

Para el análisis de la variabilidad de oferta hídrica, se tuvo en cuenta la información suministrada por el documento del IDEAM titulado Estudio nacional del agua- ENA 2014 en el cual, se encuentran los indicadores que caracterizan el régimen de agua de una zona determinada. El ENA, estima las categorías para IRH, IUA, IVH, proyectadas hasta el año 2020, en el Anexo 3 “Indicadores cabeceras municipales” se encuentra la información de los rangos para la subzona hidrográfica para el departamento de Cundinamarca el río Bogotá. Según el análisis realizado y estipulado en el documento se tiene un Índice de retención y regulación hídrica (IRH) **bajo**, lo cual indica que la cuenca cuenta con una baja capacidad para retener y regular la humedad dentro de esta, un Índice de uso de agua (IUA) **muy bajo**, lo que indica que la presión de demanda de la cuenca no es significativa con respecto a la oferta disponible y un Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH) medio [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]. Esta información se tuvo en cuenta para la estimación de dichos indicadores aplicados a la cuenca del río Balsillas para tres periodos de tiempo diferentes, los cuales corresponden desde el año 2015 al 2040, 2041 al 2070 y 2071 al 2100.

11.1. Curva de duración de caudales

Las curvas de duración o distribución de frecuencias acumuladas de los caudales medios diarios indican, el porcentaje (%) de tiempo durante el cual los caudales igualan o exceden un valor dado; la forma y pendiente de estas curvas, refleja la capacidad de regulación de la cuenca en la unidad de tiempo considerada, además, generan información sobre el porcentaje del tiempo en el que el río lleva un caudal superior o inferior a un determinado valor, pero no reflejan la distribución o secuencia de dicho periodo ni el momento del año en que se produce [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.].

Al tener la serie de caudales proyectados hasta el año 2100, se dividen estos datos diarios en tres periodos de tiempo, el primer periodo de tiempo es del año 2015 a 2040, el segundo

periodo de tiempo es del año 2041 al 2070 y finalmente el tercer periodo de tiempo es del 2071 al 2100. Posteriormente, para la construcción de la curva de duración de caudales medios diarios se requiere:

- a) Organizar los datos de caudal diario de mayor a menor valor
- b) Enumerar los datos de caudal desde el número uno (1) para identificar su posición en la serie, donde 1 corresponde al caudal de mayor valor. La letra m corresponde al valor total de registros de la serie de caudal
- c) Calcular la probabilidad de excedencia con las siguientes ecuaciones:

Ecuación 4 Cálculo de probabilidad de excedencia.

$$P = \frac{m}{n} * 100 \text{ o } P = \frac{m}{n+1} * 100$$

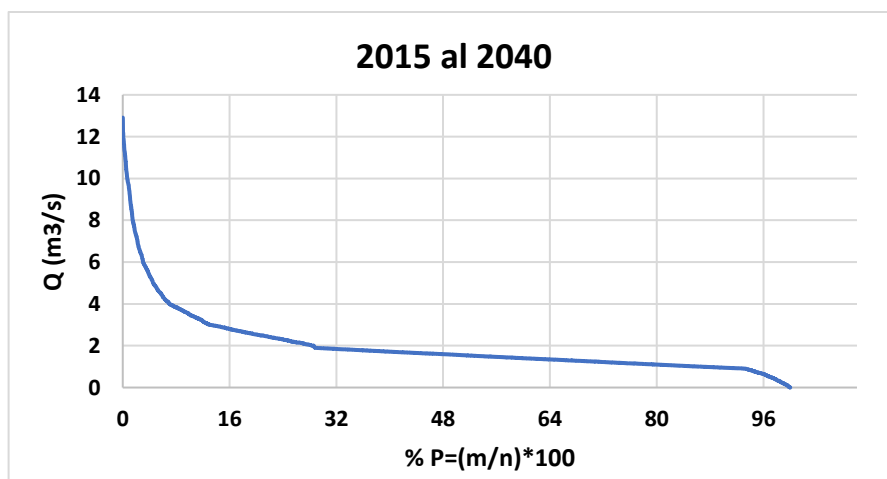
Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Donde:

- **P:** probabilidad de excedencia
- **m:** posición de datos registrados
- **n:** total de datos
- d) Graficar en el eje y los datos de caudal (m³/s) y en el eje x los datos obtenidos por la función de la probabilidad de excedencia

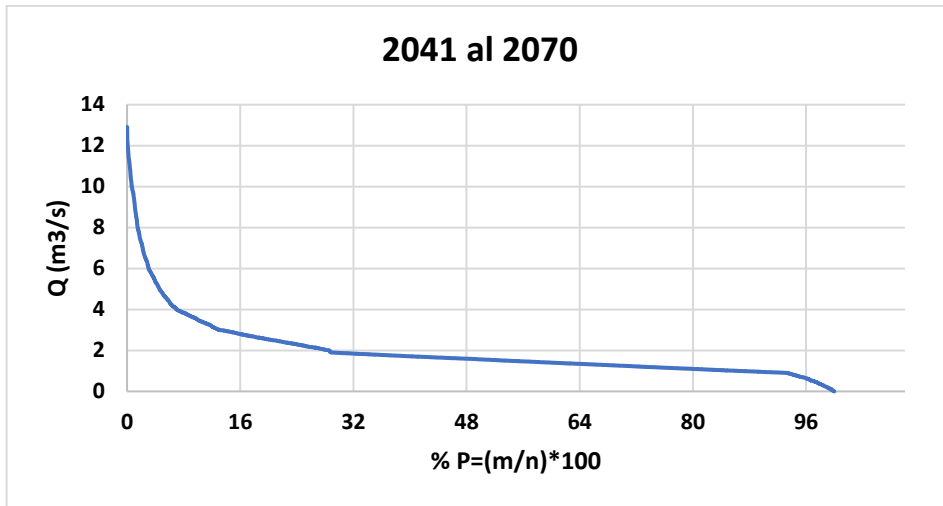
A continuación, se presentan las curvas de duración de caudales para los tres periodos de tiempo de 2015 a 2040, 2041 a 2070 y 2071 a 2100; en estas graficas es posible observar que la curva se desplaza hacia arriba en el eje de las ordenadas del 0% al 30% de tiempo de excedencia, indicando un posible aumento de los eventos extremos como se ha mostrado también en las gráficas de precipitación; a su vez, se presenta una disminución con respecto al valor observado del 45% al 100% del tiempo, dando como resultado una reducción en el caudal.

Grafica 18 Curva de duración de caudales medios diarios del año 2015 a 2040



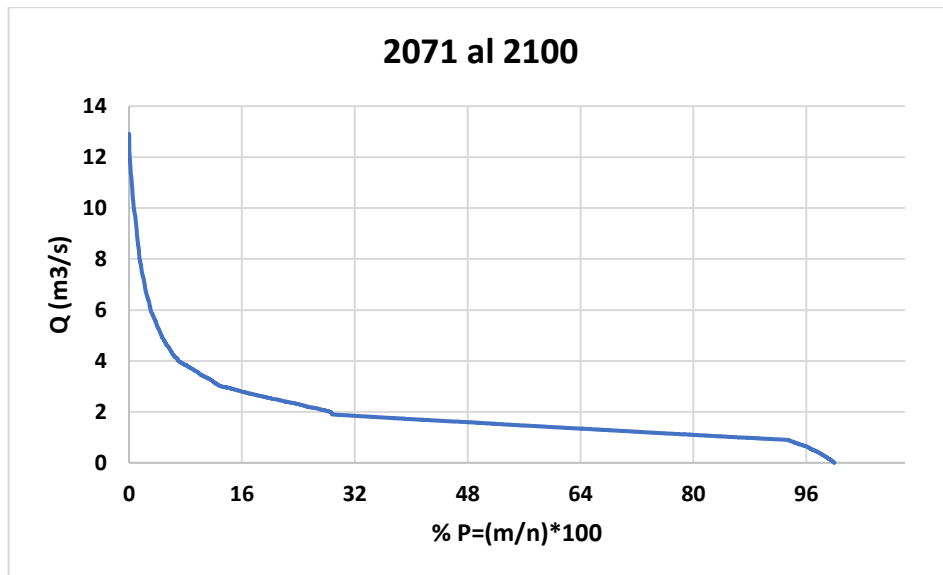
Fuente Autores

Grafica 19 Curva de duración de caudales medios diarios del año 2041 a 2070



Fuente Autores

Grafica 20 Curva de duración de caudales medios diarios del año 2071 a 2100



Fuente Autores

11.2. Índice de retención y regulación hídrica (IRH)

Es un indicador que varía entre 0 y 1, siendo los valores más bajos los que se interpretan como de menor regulación. Para el cálculo de este indicador, se tiene en cuenta la curva de duración de caudales diarios, entre más cercano a 1 sea el valor, indica una mayor regulación, representando una mayor homogeneidad en los caudales, y entre más cercano a 0 sea el valor, indica un mayor contraste entre los caudales más bajos y más altos que genera la cuenca, evidenciando rangos de tiempo con magnitudes características altas y/o bajas y de mayor variabilidad.

Ecuación 5 Cálculo del índice de retención hídrica.

$$IRH = \frac{V_p}{V_t}$$

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Donde:

- **IRH:** índice de retención y regulación hídrica
- **V_p:** volumen presentado por el área que se encuentra por debajo de la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales diarios.
- **V_t:** volumen total representado por el área bajo la curva de duración de caudales diarios

Tabla 25 Rangos y categorías del Índice de Retención y Regulación Hídrica

| Rango de valores IRH | Categoría | Características |
|----------------------|-----------|--|
| > 0.85 | Muy Alto | Capacidad de la cuenca para retener y regular muy alta |
| 0.75-0.85 | Alto | Capacidad de la cuenca para retener y regular alta |
| 0.65-0.75 | Medio | Capacidad de la cuenca para retener y regular media |
| 0.50-0.65 | Bajo | Capacidad de la cuenca para retener y regular baja |
| < 0.5 | Muy Bajo | Capacidad de la cuenca para retener y regular muy baja |

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Con base en los rangos establecidos por el ENA y los datos obtenidos del proyecto se determinó que la cuenca tiene una capacidad de retención de humedad media como se observa en la **Tabla 26**, es decir, que para el periodo de tiempo del año 2015 al 2100 se presentará un comportamiento continuo de retención, con un rango de 0.70 a 0.73 distribuida entre la parte alta, media y baja de la cuenca dando como resultado el equilibrio del recurso hídrico para su disposición en los diferentes sectores económicos como lo son el sector agrícola, pecuario, doméstico e industrial. Sin embargo, se debe tener en cuenta la variación y posibles cambios que pueda sufrir la cuenca y estos cambios se inclinarían hacia una retención hídrica alta, ya que por la ubicación geográfica de esta, se evidencia un equilibrio entre los periodos secos y húmedos presentes.

Tabla 26 Índice de retención y regulación hídrica para la cuenca del Rio Balsillas

| Índice de retención y regulación hídrica (IRH) | | |
|--|-------|-----------|
| PERIODO DE TIEMPO | VALOR | CATEGORIA |
| 2015 A 2040 | 0.71 | Medio |
| 2041 A 2070 | 0.72 | Medio |

| | | |
|-------------|------|-------|
| 2071 A 2100 | 0.72 | Medio |
|-------------|------|-------|

Fuente Autores

11.2.1. Caudal ambiental

El caudal ambiental, se define como el volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente, de la cual dependen los ecosistemas. Los valores de la curva de duración de caudales, fueron empleados adicionalmente para la estimación del caudal ambiental para cada uno de los periodos de tiempo.

Para la determinación del caudal ambiental, debe ponderarse una variada gama de resultados, desde la protección ambiental hasta las necesidades de industrias y de personas, en este caso el caudal ambiental calculado para la cuenca en los tres periodos de tiempo correspondientes al año 2015 a 2040, 2041 a 2070 y 2071 a 2100 es de 1.173 m³/s, 0.013 m³/s y 0.995 m³/s respectivamente. Como se observa en la **Tabla 27**, el periodo de tiempo con menor uso y aprovechamiento del caudal ambiental máximo corresponde a los años del 2041 a 2070 esto debido a factores naturales y antrópicos como crecimiento poblacional, expansión de los sectores económicos entre otros factores; a diferencia de un periodo actual, 2015 a 2040 donde se presenta una demanda de agua equilibrada y con mayor volumen de caudal ambiental aprovechable ya que los municipios aledaños que se abastecen cuenta con un porcentaje de población bajo y un mínimo porcentaje tomado para sector industrial y usos agrícolas. Para el periodo de tiempo correspondiente al 2071 a 2100, es posible que se vuelva aumentar el caudal ambiental, ya que se pueden presentar periodos húmedos más largos debido a su ubicación geográfica, además, se espera hacer uso y aprovechamiento de aguas lluvias por parte de las empresas aledañas que cada vez más, invierten en proyectos para reutilización del agua y control de consumo energético.

Tabla 27 Caudal ambiental en m³/s para cada periodo de tiempo en la Cuenca del Río Balsillas

| Caudal ambiental (m ³ /s) | |
|--------------------------------------|-------|
| 2015 a 2040 | 1.173 |
| 2041 a 2070 | 0.013 |
| 2071 a 2100 | 0.995 |

Fuente Autores

11.3. Índice de uso de agua (IUA)

Se continúa considerando aun solamente la oferta superficial en el cálculo del indicador, para lo cual se emplea la siguiente expresión:

Ecuación 6 Cálculo de índice de uso de agua.

$$IUA = \frac{D_h}{O_h} * 100$$

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Donde:

- **Dh:** demanda hídrica sectorial
- **Oh:** Oferta hídrica superficial disponible (esta última resulta de la cuantificación de la oferta hídrica natural sustrayendo la oferta correspondiente al caudal ambiental).
- **Dh:** Σ (Volumen de agua extraída para usos sectoriales en un periodo determinado)

Ecuación 7 Cálculo de demanda hídrica sectorial.

$$Dh = Ch + Csp + Csm + Ccss + Cea + Ce + Ca + Aenc$$

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Donde:

- **Dh:** Demanda hídrica
- **Ch:** Consumo humano o domestico
- **Csp:** Consumo del sector agrícola
- **Csm:** Consumo del sector industrial
- **Ccss:** Consumo del sector servicios
- **Ce:** Consumo del sector energía
- **Ca:** Consumo del sector acuícola
- **Aenc:** agua extraída no consumida

11.3.1. Demanda hídrica

La demanda de agua estimada, corresponde a la cantidad o volumen de agua usado por los sectores económicos y la población. Considera el volumen de agua extraído o que se almacena de los sistemas hídricos y que limita otros usos; contempla el volumen utilizado como materia prima, como insumo y el retornado a los sistemas hídricos.

El cálculo de la demanda hídrica para la cuenca del rio Balsillas se obtuvo mediante la suma del consumo de cada sector, es decir, la demanda requerida para consumo generado por el sector agrícola, pecuario, industrial y doméstico. En la **Tabla 28** se observan las demandas requeridas para los tres periodos de tiempo correspondientes al año 2015 a 2040, 2041 a 2070 y 2071 a 2100, en donde se obtuvo un valor 5.1496 m³/s, 8.6262 m³/s 14.1434 m³/s, para cada uno de ellos; se evidencia una un aumento con una variación de 3 m³/s a 4 m³/s entre los periodos de tiempo, esto se relaciona al aumento respectivo de fenómenos tanto naturales como factores antrópicos.

Tabla 28 Demanda total de agua en m³/s para cada periodo de tiempo

| Demanda total de la cuenca (m³/s) | |
|---|---------|
| 2015 a 2040 | 5.1496 |
| 2041 a 2070 | 8.6262 |
| 2071 a 2100 | 14.1434 |

Fuente Autores

11.3.2. Oferta hídrica

La oferta hídrica disponible, es el volumen de agua promedio que resulta de sustraer a la oferta hídrica total superficial, el volumen de agua que garantiza el uso para el funcionamiento de los ecosistemas y de los sistemas fluviales, y en alguna medida un caudal mínimo para usuarios que dependen de las fuentes hídricas asociadas a estos sistemas. Esta se determina a partir de la oferta total menos el caudal ambiental.

Ecuación 8 Cálculo de oferta hídrica superficial disponible.

$$Oh = Oh_{total} - OQ_{amb}$$

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Donde:

- **Oh total:** volumen total de agua superficial en una unidad de análisis espacial y temporal determinada
- **Oqamb:** volumen de agua correspondiente al caudal ambiental en la misma unidad de análisis espacial y de tiempo de la oferta total.

Como se observa en la **Tabla 29**, se obtuvieron las ofertas hídricas disponibles en m³/s para cada periodo de tiempo, la menor oferta se da para el año 2015 a 2040; correspondiente al 0.812 m³/s el cual equivale al 21% de la oferta total al año 2100. El periodo de tiempo con mayor oferta es del año 2041 al 2070, correspondiente a 2.019 m³/s equivalente al 52% de la oferta total y finalmente se tiene que para el periodo de tiempo del año 2071 al 2100, la oferta es de 1.033 m³/s equivalente al 27% de la oferta total.

Tabla 29 Oferta hídrica para cada periodo de tiempo en la Cuenca del Rio Balsillas

| Oferta hídrica disponible (m ³ /s) | |
|---|-------|
| 2015 a 2040 | 0.812 |
| 2041 a 2070 | 2.019 |
| 2071 a 2100 | 1.033 |

Fuente Autores

Tabla 30 Rangos y categorías del Índice del Uso del Agua

| Rango (Dh/Oh)*100 IUA | Categoría IUA | Significado |
|-----------------------|---------------|---|
| > 100 | Critico | La presión supera las condiciones de la oferta |
| 50.01-100 | Muy Alto | La presión de demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible |
| 20.01-50 | Alto | La presión de demanda es alta con respecto a la oferta disponible |

| | | |
|----------|-----------------|---|
| 10.01-20 | Moderado | La presión de demanda es moderada con respecto a la oferta disponible |
| 1.0-20 | Bajo | La presión de demanda es baja con respecto a la oferta disponible |
| <1 | Muy Bajo | La presión de demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible |

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Mediante el cálculo del índice del uso del agua (IUA) que se obtiene de la demanda hídrica sobre la oferta hídrica; se presentan los siguientes valores para diferentes periodos de tiempo correspondientes, del año 2015 al 2040 con un valor de 633.881, del 2041 al 2070 con un valor de 427.286 y para el periodo de 2071 al 2100 con un valor de 1369.827; con una clasificación de Crítico, dentro de la categoría del IUA, ya que el rango se encuentra por encima de 100, lo cual significa que la presión supera las condiciones de la oferta, es decir, que la demanda hídrica por los sectores económicos es más alta que la oferta hídrica y por ende, la cuenca no alcanza a suplir las necesidades requeridas.

Tabla 31 Índice de uso de agua para la cuenca del Rio Balsillas

| Índice de uso de agua (IUA) | | |
|-----------------------------|---------|----------------|
| 2015 a 2040 | 633.88 | Critico |
| 2041 a 2070 | 427.28 | Critico |
| 2071 a 2100 | 1369.82 | Critico |

Fuente Autores

11.4. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH)

El IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos del Índice de regulación hídrica (IRH) y el Índice de uso de agua (IUA). Las categorías de este Índice se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 32 Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico IVH

| Vulnerabilidad del recurso hidricorelacion IRH-IUA | | | | | |
|--|-----------------|----------------------|----------|----------|----------|
| IUA Extremo = porcentaje (Oferta/Demanda) | | Índice de regulación | | | |
| Rango | Categoría | Alta | Moderado | Baja | Muy Baja |
| < 1 | Muy Bajo | Muy Baja | Baja | Media | Media |
| 1-10 | Bajo | Baja | Baja | Media | Media |
| 10-20 | Moderado | Media | Media | Alta | Alta |
| 20-50 | Alto | Media | Alta | Alta | Muy Alta |
| 50-100 | Muy Alto | Media | Alta | Alta | Muy Alta |
| > 100 | Critico | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta |

Fuente [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]

Tabla 33 Índice de uso de agua extremo

| IUA Extremo= porcentaje (Demanda/oferta) | | |
|---|-------|-----------------|
| 2015 a 2040 | 6.33 | Bajo |
| 2041 a 2070 | 4.27 | Bajo |
| 2071 a 2100 | 13.69 | Moderado |

Fuente Autores

Tabla 34 Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento del Rio Balsillas

| Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH) | | | | |
|---|---|----------|-----------------------------|--------------|
| Periodo de tiempo | IUA Extremo= porcentaje (Demanda/oferta) | | Índice de regulación | IVH |
| 2015 a 2040 | 6.33 | Bajo | Moderado | Baja |
| 2041 a 2070 | 4.27 | Bajo | Moderado | Media |
| 2071 a 2100 | 13.69 | Moderado | Moderado | Media |

Fuente Autores

Con base en el estudio realizado por el ENA del año 2014, se determinó que la cuenca del Rio Balsillas presento las siguientes características: una demanda hídrica que supera la oferta, factor que incluye en la matriz del índice de vulnerabilidad, donde presenta una categoría de nivel medio; índice del uso del agua y el índice de retención hídrica presentan una categoría baja, al comparar estos resultados con los obtenidos mediante la proyección, se evidencian aspectos similares y se obtiene que la cuenca presentará características similares; es decir, un déficit para suplir las necesidades de abastecimiento requerido por la población y en el transcurso del periodo de tiempo correspondiente al año 2015 a 2040 presentará un índice de vulnerabilidad bajo, debido a que en este periodo se presenta mayor demanda en relación al periodo de tiempo de los años 2041 a 2070 y 2071 a 2100, donde se prevé un índice de vulnerabilidad con un rango medio igual que el estimado en el año 2014.

12. IMPACTO SOCIAL

El clima de la tierra ha tenido un cambio notorio a lo largo de su evolución, ya sea por factores naturales o por factores antrópicos que producen cambios a mediano y largo plazo sobre los ciclos y comportamientos naturales. Es por esto, que las progresivas transformaciones ambientales requieren de estrategias colectivas para afrontar las amenazas y riesgos, que conllevan a las poblaciones humanas y a los ecosistemas a estados críticos de vulnerabilidad y cambio constante.

En Colombia, los impactos y transformaciones ambientales debido al cambio climático son cada vez más evidentes, por lo cual es necesario generar estrategias globales, nacionales y locales para reducirlos como vía hacia la adaptación, es por esto que se hace necesario combatir los efectos del cambio climático a partir del análisis de estrategias ya existentes, tanto a nivel de las comunidades en las que el conocimiento tradicional y ancestral ha sido históricamente determinante en su adaptación al cambio climático, como en el ámbito científico y técnico. En este orden de ideas, se ha podido evidenciar un crecimiento

constante a nivel poblacional el cual genera un alto consumo de recursos, en este caso, el recurso hídrico, volviéndolo vulnerable hasta el punto de estimar un déficit en la oferta producida por este y alteraciones en la calidad de vida de las personas.

En nuestro caso de estudio, la Cuenca del Río Balsillas se tuvo en cuenta la demanda requerida por los sectores económicos a nivel municipal, ya que estos, están directamente asociados a la disponibilidad de agua. Por esta razón, se busca obtener la información adecuada que permita dar un diagnóstico a la comunidad con el fin de que se tomen las medidas preventivas al estado y disponibilidad del recurso hídrico de la zona para un adecuado desarrollo de actividades económicas y sociales sin mayores afectaciones. Es por esto, que este proyecto se convierte en una herramienta de apoyo para las autoridades ambientales competentes beneficiando a la comunidad con la toma de decisiones y actividades que logren mitigar los impactos y logren un equilibrio en relación de oferta y demanda hídrica, así, como la implementación de nuevos modelos y metodologías que sean útiles a la hora de evaluar los diferentes ecosistemas hídricos.

13. CONCLUSIONES

- Para la cuenca río Balsillas el modelo que más se ajustó en relación a la variable de precipitación fue el MPI-ESM-MR CORDEX y para temperatura el GCM MPI-ESM-MR, ya que presentaron los mejores resultados en cuanto a la comparación de las medidas estadísticas y físicas.
- Bajo las condiciones de reducción de escala, para cada escenario la variable de temperatura presentó un cambio respecto a los datos históricos, para el escenario RCP 2.6 la temperatura a mitad de siglo tendrá un incremento promedio de 0.17% y a final de siglo del 0.23%, para el escenario RCP 4.5 el incremento será de 0.57% para mitad de siglo y 0.47% para finales de siglo, finalmente se observará para el escenario RCP 8.5, una disminución del -0.43% para mitad de siglo y -0.60% para final de siglo; para estos escenarios la temperatura oscilará entre 12.5°C y 13.7° C.
- Bajo las condiciones de reducción de escala, para cada escenario la variable de precipitación, se evidenció un cambio mínimo entre los escenarios y los datos históricos. Para cada RCP se evidenció un incremento con comportamiento lineal, para el escenario RCP 2.6 la precipitación a mitad de siglo presentará un aumento promedio de 1.83% y a final de siglo del 4%, para el escenario RCP 4.5 el incremento será de 6.53% para mitad de siglo y 6.9% para finales de siglo, por último las condiciones del escenario RCP 8.5, presentan un incremento de 7.43% para mitad de siglo y 7.97% para final de siglo; para estos escenarios la precipitación oscilará entre 2.3 mm/día a 2.5 mm/día.
- El software Hydro-BID, presentó en el proceso de modelación y calibración condiciones medias y mínimas similares en la Cuenca del Río Balsillas teniendo en cuenta la información suministrada por la estación limnométrica Puente Manrique, esto se evidenció en los resultados de simulación de la escorrentía y el registro histórico de caudales que presentó esta estación. Cabe resaltar que las métricas arrojadas por este software a nivel mensual presentaron de mejor manera las condiciones de la zona en comparación con las métricas a nivel diario tanto en la modelación como en la calibración.

- Con la determinación del caudal ambiental que se presenta en la cuenca para diferentes periodos de tiempo, se concluyó que el caudal disponible para aprovechamiento presentara un déficit a comparación de la demanda requerida, ya que no cumple con dicha función y para el periodo comprendido en los años 2041 a 2070, el caudal ambiental disponible para aprovechamiento es mucho menor a los demás periodos de tiempo, por lo que se estima que se presentarán problemas de oferta hídrica y afectación al sector económico que requiere de este recurso para su funcionamiento
- La demanda y la oferta disponible en la cuenca presentan una relación inversamente proporcional; a medida que aumenta la demanda aproximadamente 4.000 m³/s la oferta disminuye 1.000 m³/s, afirmando el déficit de abastecimiento, razón por la cual, al determinar el índice de uso de agua se encuentra clasificado en una categoría crítica.
- El resultado de la matriz de vulnerabilidad obtenido del cálculo del índice de retención hídrica y de uso del agua, se determina que la cuenca del Río Balsillas no sufre la necesidad de la demanda requerida por la comunidad aledaña que se abastece, ya que la cuenca presentara un grado de fragilidad Muy Alto.
- Teniendo en cuenta los escenarios de cambio climático, para el RCP 2.6 el dato de caudal se espera se presente un incremento del 5.2% que corresponde a un promedio de 1.28 m³/s; para el RCP 4.5 se espera un incremento del 2.1% que corresponde a un promedio de 1.24 m³/s y por último en el RCP 8.5, los datos de caudal presentan una media de 1.29 m³/s, que indica un incremento de aproximadamente del 6%, respecto a los caudales históricos registrados en la cuenca.
- Con respecto a los valores obtenidos para los índices de variabilidad de oferta hídrica, se determina que la demanda en la cuenca del río Balsillas no se satisface completamente, debido a que en los escenarios aplicados se presenta una probabilidad de fallo que genera un déficit en el suministro de agua.
- Según los resultados de los índices proyectados y contrastados a los valores observados en la actualidad, se evidencia un aumento en el riesgo al desabastecimiento dado que la cuenca presenta alta demanda hídrica en comparación con la oferta de la misma; para los tres periodos de tiempo correspondientes al año 2015 a 2040, 2041 a 2070 y 2071 a 2100 se presenta un aumento progresivo con respecto al IRH con una categoría media, para IUA con una categoría Crítica, y para el IVH que es la relación de los índices anteriores una categoría Baja a Media la cual aumenta a lo largo de los años.
- Al realizar la proyección a futuro para el índice de retención y regulación hídrica (IRH) se hace evidente para los tres periodos de tiempo evaluados, una capacidad media de regulación, lo que quiere decir que la cuenca presentara condiciones estables de caudal, sin embargo, se hace evidente la necesidad de implementar medidas de regulación y mitigación que generen una reducción de la demanda para que esta capacidad se mantenga y no sufra un déficit o un cambio que altere en su totalidad el ecosistema.
- Para la matriz de vulnerabilidad la cual se obtiene del cálculo del índice de retención hídrica (IVH) y el índice de uso del agua (IUA) se determina que la cuenca del Río Balsillas no sufre la necesidad de la demanda requerida por la comunidad aledaña que se abastece, ya que la cuenca presentara un grado de fragilidad Muy Alto

14. RECOMENDACIONES

- Para proyectos que se realicen a futuro, se recomienda contar con otros métodos donde se haga una estimación de la demanda hídrica más precisa o con más variables para asegurar un margen de error menor con respecto a las predicciones no solo para los sectores económicos que están presentes en la zona sino también para la estimación de la población.
- Se considera importante la participación activa de la comunidad implicada en los procesos llevados a cabo dentro de la cuenca, con el fin de asegurar un buen uso y manejo del recurso hídrico para diferentes actividades, creando conciencia de la importancia del mismo.
- Se recomienda hacer uso de diferentes software que complementen la información para dar más validez y veracidad de los datos de estimación de la oferta
- La educación como eje central para el fortalecimiento del conocimiento con respecto a la vulnerabilidad y cambio climático del uso del recurso hídrico para evitar, mitigar y reducir los impactos negativos que se puedan generar en la Cuenca del Rio Balsillas.
- Control de las diferentes actividades económicas que se llevan a cabo alrededor de la cuenca en usos dotacionales, definir áreas de conservación del potencial hídrico y recuperación de las áreas de regulación natural.
- Implementar estrategias de reúso del agua generada en diferentes procesos en el sector industrial, con el fin de disminuir el consumo y controlar los consumos que se generan.
- Se recomienda hacer análisis periódicos para controlar el estado del agua y la continuidad del caudal ambiental, con el fin de mantener el caudal ecológico para preservar los ecosistemas dependientes de este

15. BIBLIOGRAFÍA

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Mg. Juana Paredes Díaz, «Universidad de San Martín de Porres,» 04 2013. [En línea]. Available: <https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>. [Último acceso: 15 06 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] PAWD, financiación de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA) en el marco del programa, «Planes de Gestión Integrada del Recurso Hídrico - Manual de Capacitación y Guía Operacional,» 03 2005. [En línea]. Available: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021381/PlanesdeGestion.pdf>. [Último acceso: 05 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Corporación Ambiental Empresarial (CAEM), filial de la Cámara de Comercio de Bogotá y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), «CAEM - Corporación ambiental empresarial,» Seminario Internacional de Gestión del Riesgo Ambiental, 10 06 2019. [En línea]. Available: <http://www.caem.org.co/reducir-el-impacto-ambiental-y-aumentar-la-productividad-es-posible-en-colombia-conozca-el-caso-de-la-caem-2/>. [Último acceso: 07 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Kumi Naidoo, Katharine Hayhoe, Alicia Rivera, Greta Thunberg, Juliana vs United States Government, Chiara Liguori, «Organización Amnistía Internacional,» Amnesty, 02 2019. [En línea]. Available: https://www.amnesty.org/es/what-we-do/climate-change/?utm_source=google&utm_medium=cpc&gclid=EAlaIqobChMluoGPpoTK4wIVDp-fCh1zCwbLEAAYASAAEgJJgfD_BwE. [Último acceso: 06 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Sociedad, Organización Ambiente y, «Sociedad Ambiente y Sociedad,» Justicia Climática, 08 11 2019. [En línea]. Available: <https://www.ambienteysociedad.org.co/justicia-climatica/>. [Último acceso: 08 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Calle, Efraín Antonio Domínguez, «Protocolo Para La Modelación Matemática De Procesos Hidrológicos,» IDEAM, Bogotá, 2000.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial, «Política Nacional para la Gestión Nacional del Recurso Hídrico,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/direccion-integral-de-recurso-hidrico/politica-nacional-para-la-gestion-integral-del-recurso-hidrico>. [Último acceso: 01 03 2018].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] IDEAM, Cambio climático más probables para Colombia a lo largo del siglo XXI respecto al clima presente., «Cambio Climático más probables para Colombia a lo largo del siglo XXI respecto al clima presente,» Grupo de Modelamiento de Tiempo, Clima y Escenarios de Cambio Climático | Subdirección de Meteorología – IDEAM, Bogotá, 2012.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Torres, Blanca Elvira Oviedo, «GENERACIÓN DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO REGIONALES Y LOCALES A PARTIR DE MODELOS GLOBALES - GUÍA PARA TOMADORES DE DECISIONES,» Subdirección de Meteorología, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Bogota, 2010.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] María Claudia García, Andrea Piñeros Botero, Fabio Andrés Bernal Quiroga, Estefanía Ardila Robles, «Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia,» Revista de ingeniería Universidad de los Andes, IDEAM, Bogota , 2012.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] IDEAM, «Estudio Nacional del Agua 2014 - IDEAM (Capitulo 3),» 05 2015. [En línea]. Available: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf. [Último acceso: 01 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] IDEAM, «Estudio Nacional del Agua 2014 - IDEAM (Capitulo 9),» 05 2015. [En línea]. Available: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf. [Último acceso: 01 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Corporacion Autonoma Regional - CAR, «Elaboracion del Diagnostico, Proespectiva y Formulacion de la Cuenca Hidrografica del rio Bogota. Subcuenca rio Alto Bogota,» 2006. [En línea]. Available: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac26116d08ad.pdf>. [Último acceso: 02 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Corporacion Autonoma Regional - CAR, «Elaboracion del Diagnostico, Prospectiva y Formulacion de la Cuenca Hidrografica del rio Bogota. Subcuenca del rio Balsillas,» 2006. [En línea]. Available: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac25b19243a8.pdf>. [Último acceso: 02 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Prof. Alberto C. Palladino , «Grafico de Caja,» ATENCIÓN PRIMARIA DE SALUD, EPIDEMIOLOGÍA E INFORMÁTICA II, Bogota, 2011.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Sokolov, Aleksei Aleksandrovich, Chapman, Thomas Grandin, «Métodos de cálculo del balance hídrico: guia internacional de investigación y métodos,» Version espanola : Rafael Heras, Madrid, 1981.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] C. A. R. - CAR, «Elaboracion del diagnostico, prospectiva y formulacion de la Cuenca Hidrografica del Rio Bogotá,» 2006. [En línea]. Available: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac24aeabc81c.pdf>. [Último acceso: 02 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] I. F. Draghici, G. V. Necco, R. W. Riddaway, J. T. Snow, C. Billard, L. A. Ogallo, «Organizacion meteorologica mundial - directivas de orientacion Volumen I: meteorologia,» Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, Ginebra – Suiza, 2001.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] IDEAM, «Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM,» Sistema Nacional Ambiental, 2010. [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>. [Último acceso: 16 02 2019]

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, Alexander Nauels, Yu Xia, Vincent Bex, Pauline M. Midgley , «Resumen para responsables de políticas, resumen para responsables de políticas "Cambio Climático 2013 - Bases físicas",» IPCC- OMM- PNUMA, Suiza, 2013.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] IPCC, «Afirmaciones principales del Resumen para responsables de políticas * Cambios observados en el sistema climático,» 2014. [En línea]. Available: https://archive.ipcc.ch/news_and_events/docs/ar5/ar5_wg1_headlines_es.pdf. [Último acceso: 2018].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERIA, «Tercera comunicación nacional sobre cambio climático, herramientas científicas para la toma de decisiones,» IDEAM, Bogotá, 2015.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Malte Meinshausen, Keywan Riahi, Steve Smith, Detlef van Vuuren, «RCP Database,» IPCC, 2010. [En línea]. Available: <https://tntcat.iiasa.ac.at/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=welcome>. [Último acceso: 02 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] D. Q. G.-K. P. M. M. T. S. K. A. J. B. A. N. Y. X. V. B. P. M. M. Thomas F. Stocker, «IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,» Cambridge University Press, New York, 2013.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] IPCC, «Data distribution centre- What is a GCM,» 2013. [En línea]. Available: https://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/gcm_guide.html. [Último acceso: 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Rajendra K. Pachauri, Andy Reisinger, Equipo de redacción principal , «Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático,» IPCC, Suiza, 2007.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Georgios Zittis, Prof. Manfred!Lange, Prof. Jos Lelieveld, Dr. Panos Hadjinicolaou, Prof. Zev Levin, Dr. Christos Giannakopoulos, «REGIONAL CLIMATE MODELLING IN THE EASTERN MEDITERRANEAN AND THE MIDDLE EAST: ASPECTS OF SUMMER WARMING AND RELATED FEEDBACKS UNDER!A CHANGING CLIMATE,» The Cyprus Institute, Nicosia, 2015.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Wilby, Robert & Dawson, C. & Barrow, E.M., «SDSM – A Decision Support Tool for the Assessment of Regional Climate Change Impacts. ENVIRON MODELL SOFTW,» Elsevier, Canada, 2002.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] United States Agency for International Development USAID, «The Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) - A review of downscaling methods for climate change projections,» 03 2019. [En línea]. Available: http://www.ciesin.org/documents/Downscaling_CLEARED_000.pdf. [Último acceso: 09 2017].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Jorge A. Amador, Eric J. Alfaro, «The Remote Sensing and Geographic Information Science (RSGIS) - Métodos de reducción de escala: aplicaciones al tiempo, clima, variabilidad climática y cambio climático,» 17 02 2009. [En línea]. Available: <http://www.rsgis.envs.lsu.edu/crn/docs/AmadoryAlfaroRevibec2009.pdf>. [Último acceso: 02 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Freddy Duarte, Gerald Corzo, Germán Santos, Oscar Hernández, «Chaotic Statistical Downscaling (CSD): Application and Comparison in the Bogotá River Basin,» Goffredo La Loggia , Gabriele Freni , Valeria Puleo y Mauro De Marchis , Bogota, 2018.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Duarte Prieto, Freddy Santiago , «Técnica de reducción de escala estadística basada en la teoría del caos: aplicación y desempeño en la cuenca del río Bogotá,» Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogota, 2017.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Bellie Sivakumar, Ronny Berndtsson, Advances in Data-Based Approaches for Hydrologic Modeling and Forecasting, California, Australia: Bellie Sivakumar (The University of New South Wales, Sydney, Australia & University of California, Davis, USA) and Ronny Berndtsson (Lund University, Sweden), 2010.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Sharma Ashish and Mehrotra Rajeshwar, «An information theoretic alternative to model a natural system using observational information alone,» Water Resources Research, Estados Unidos, 2014.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] M. Sano and Y. Sawada, «Measurement of Lyapunov Spectrum from a Chaotic Time Series Vol.55,» Physical Review Letters, Estados Unidos, 1985.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Blanca Elvira Oviedo Torres – Gloria León Aristizábal, «Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) - GUÍA DE PROCEDIMIENTO PARA LA GENERACIÓN DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO REGIONAL Y LOCAL A PARTIR DE LOS MODELOS GLOBALES,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gu%C3%ADa+Escenarios+Cambio+Climatico.pdf/72eae24f-04ea-4ce2-9a4b-e551559c48fc>. [Último acceso: 13 04 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Blanca Elvira Oviedo Torres, «Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)- GENERACIÓN DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO REGIONALES Y LOCALES A PARTIR DE MODELOS GLOBALES - GUÍA PARA TOMADORES DE DECISIONES,» 2010. [En línea]. Available:

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gu%C3%ADa+Escenarios+para+Tomadores+de+Decisiones.pdf/fa7abe38-43cc-49c8-96a3-f2b5c24ecce3>. [Último acceso: 06 03 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.8**] Clarke, J. Edmonds, H. Jacoby, H. Pitcher, J. Reilly, R. Richels, «Scenarios of Greenhouse Gas Emissions and Atmospheric Concentrations,» Editor Loel Kathmann, Technical Advisor David Dokken, Graphic Production DesignConcept, Estados Unidos, 2007.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] WCRP CORDEX IPOC, «SMHI - CORDEX — a global collaborative initiative,» 2016. [En línea]. Available: https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.106822!/CORDEX_160707.pdf. [Último acceso: 15 04 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, «IDEAM - Modelacion Hidrologica,» Ministerio de Ambiente, 2014. [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/modelacion-hidrologica>. [Último acceso: 05 04 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Saul Montoya and filed under Hidrología, «Gestion sostenible del Agua (gidahatari) - Características y capacidades del modelo hidrológico desdistribuido TETIS,» gidahatari, 29 05 2016. [En línea]. Available: <http://gidahatari.com/ih-es/caracteristicas-y-capacidades-del-modelo-hidrolologico-distribuido-tetis>. [Último acceso: 04 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Fekadu Moreda, Ph.D. Fernando Miralles-Wilhelm Raúl Muñoz Castillo, «Hydro-BID: Un sistema integrado para la simulación de impactos del Cambio Climático sobre los recursos hídricos. Departamento de infraestructura y medio ambiente, división de agua y saneamiento. Río de Janeiro: Banco Interamericano de Desarrollo,» Banco Interamericano de Desarrollo, Estados Unidos, 2014.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Fekadu Moreda, Ph.D., Fernando Miralles-Wilhelm, Raúl Muñoz Castillo, «Hydro-BID: Un Sistema Integrado para la Simulación de Impactos del Cambio Climático sobre los Recursos Hídricos. Parte 2,» Banco Interamericano de Desarrollo, Estados Unidos, 2014.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Alan Wyatt Fekadu Moreda Eugene Brantly Fernando Miralles-Wilhelm Raúl Muñoz Castillo, «Caso de estudio de Hydro-BID N°1: Modelo de gestión del recurso hídrico en la cuenca del Río Grande en Argentina,» Banco Interamericano de Desarrollo, Estados Unidos, 2014.

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Banco Interamericano de Desarrollo - Hydro-BID, «Hydro-BID,» Banco Interamericano de Desarrollo, 03 05 2016. [En línea]. Available: <http://sp.hydrobidlac.org/sobre-hydrobid>. [Último acceso: 06 05 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Mauro Nalesso, Pedro Coli, «Guía paso a paso: Manual de Hydro-BID,» Banco Interamericano de Desarrollo, Estados Unidos, 2017.

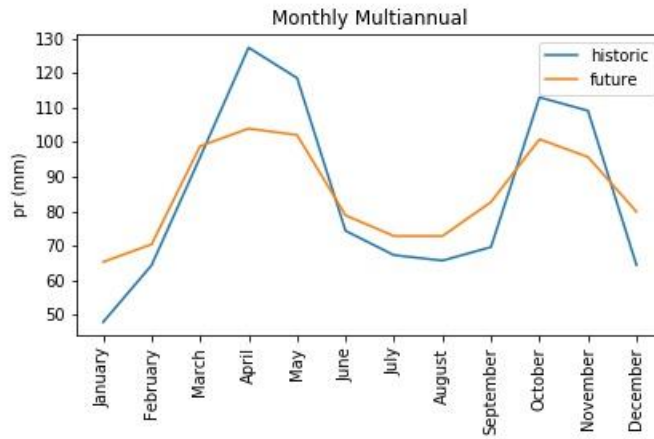
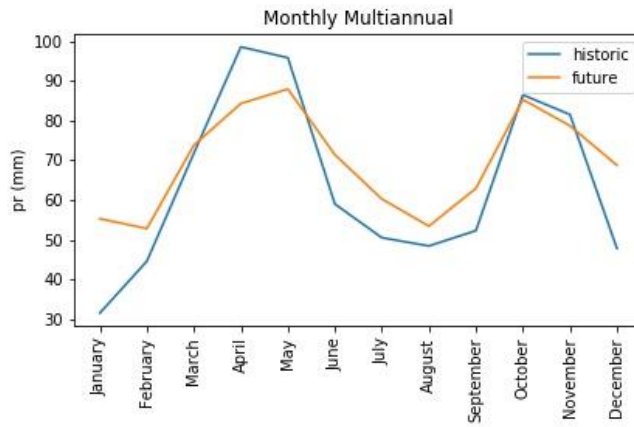
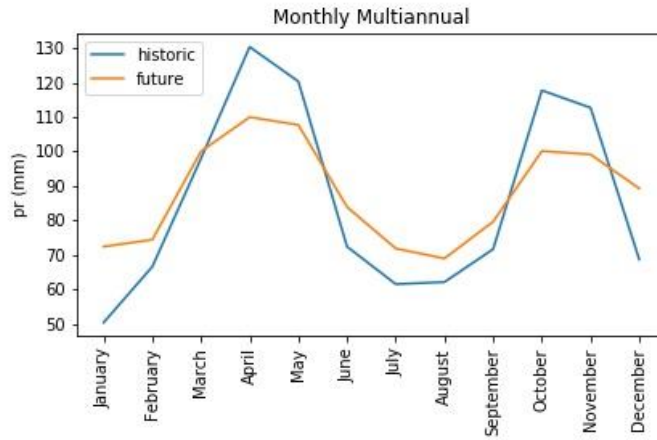
[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Banco Central de Colombia, «Banco de la Republica - Producto Interno Bruto (PIB),» banco central de Colombia, 2015. [En línea]. Available: <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/producto-interno-bruto-pib>. [Último acceso: 05 2019].

[**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**] Fabio Andrés Bernal Quiroga, Jenny Paola Santander Durán, «Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – Formato Común de Hoja Metodológica de Indicadores Ambientales "Índice de retención y regulación hídrica",» Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014. [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.04+HM+Indice+Regulacion+hidrica.pdf/d980a72f-9fa0-4a70-b626-8e99a743b465>. [Último acceso: 05 2019].

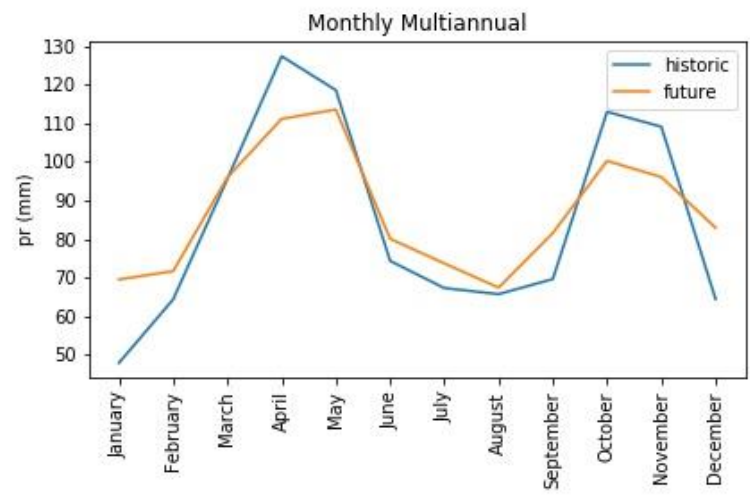
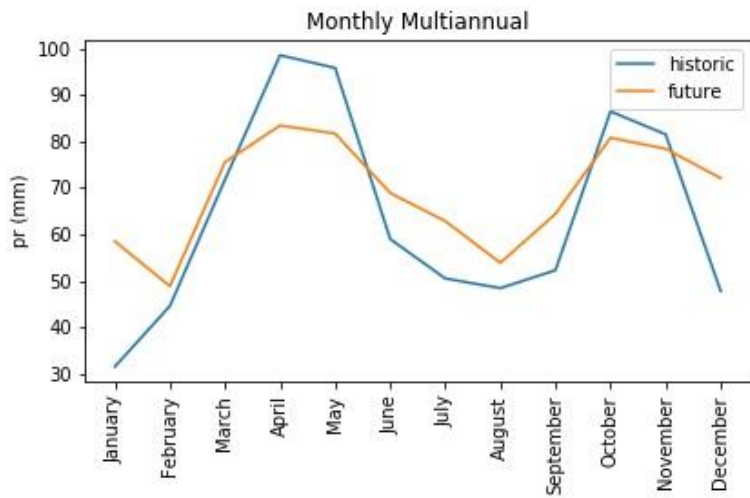
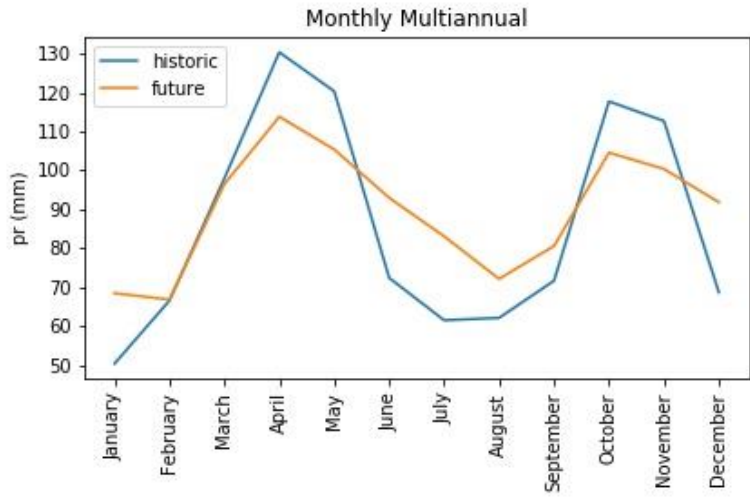
16. ANEXOS

ANEXO A. Comparación de datos históricos y datos futuros para el modelo CORDEX MPI-ESM-MR para la variable de precipitación

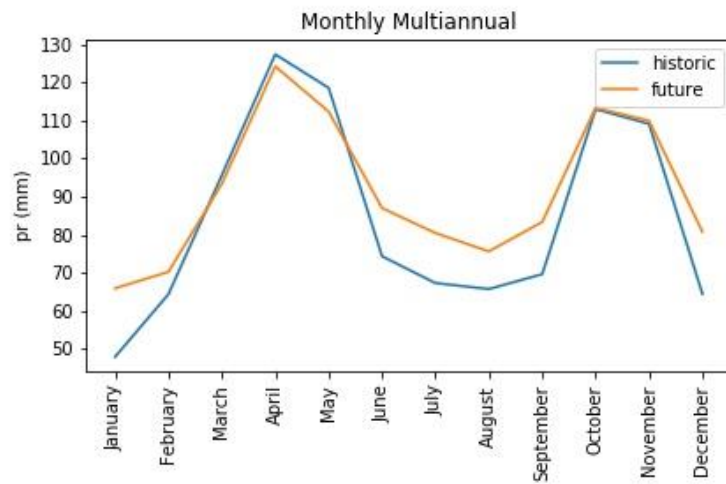
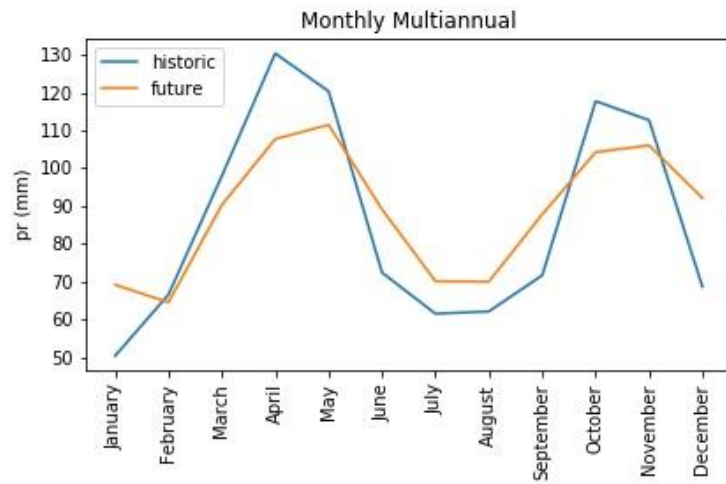
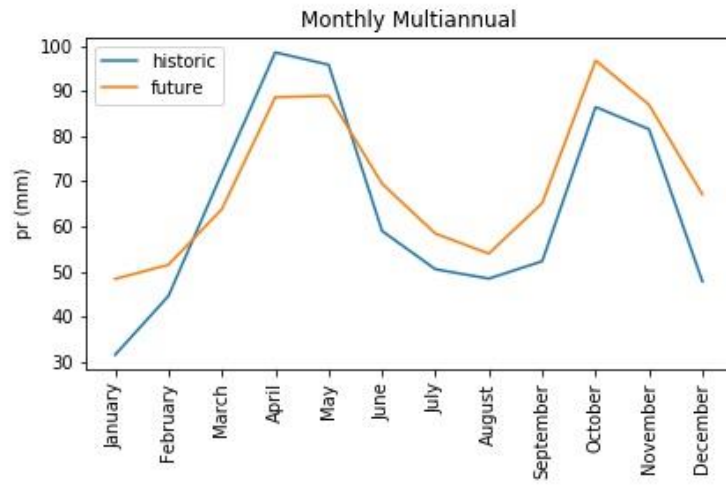
- RCP 2.6



- RCP 4.5

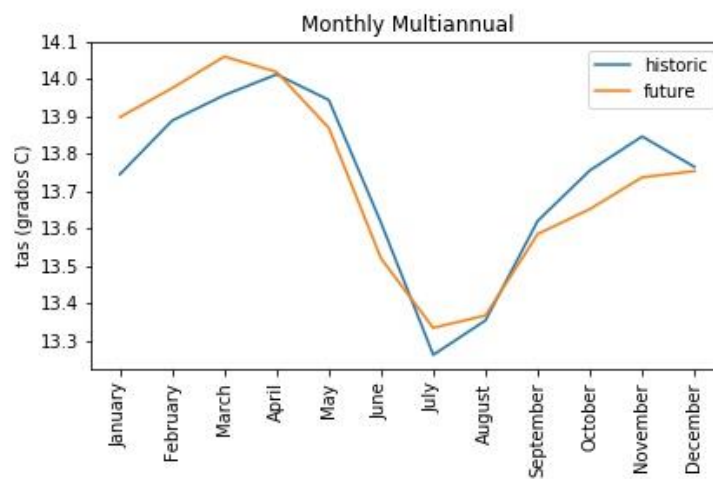
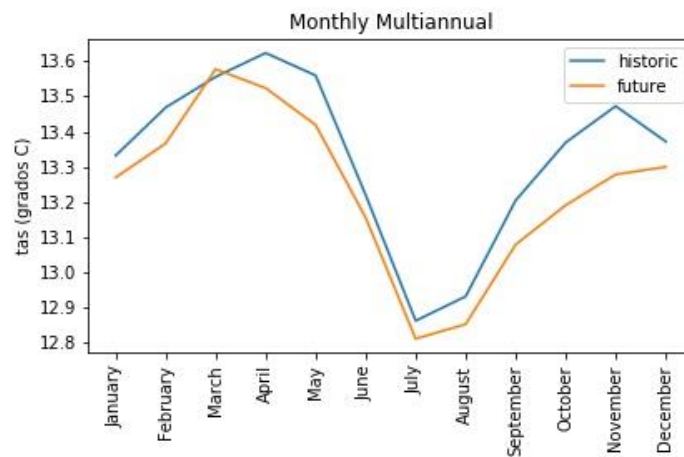
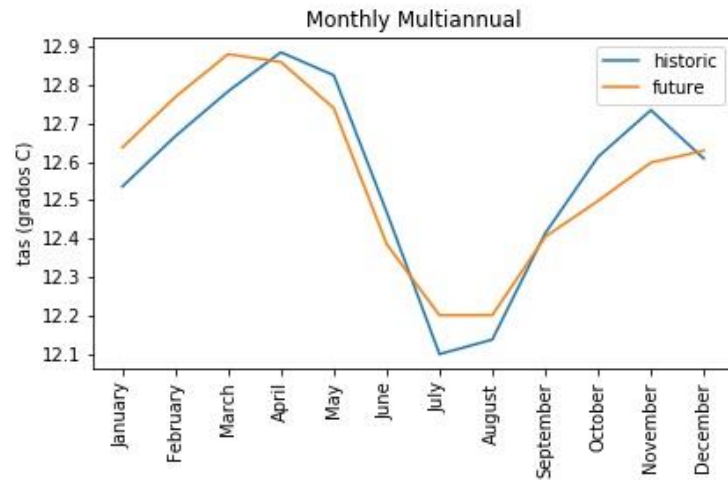


- RCP 8.5

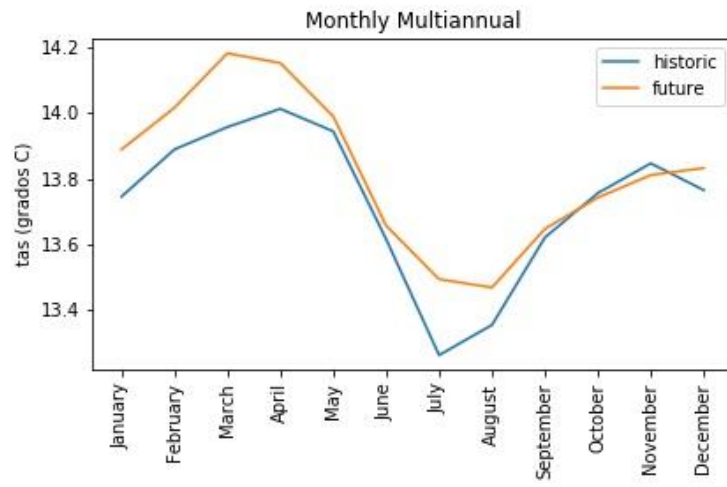
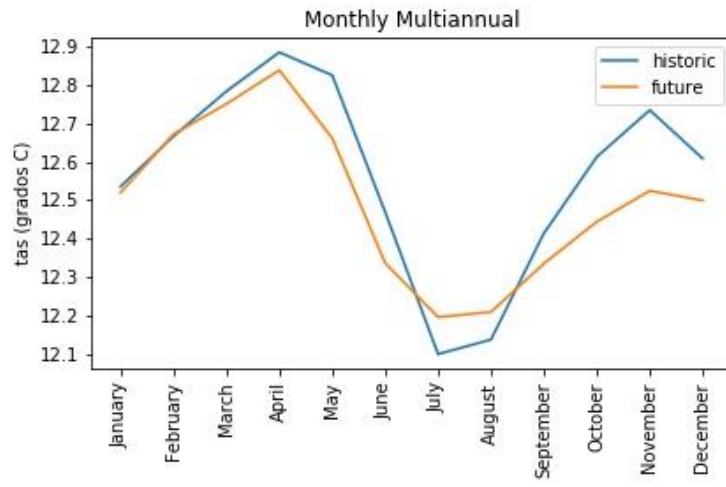
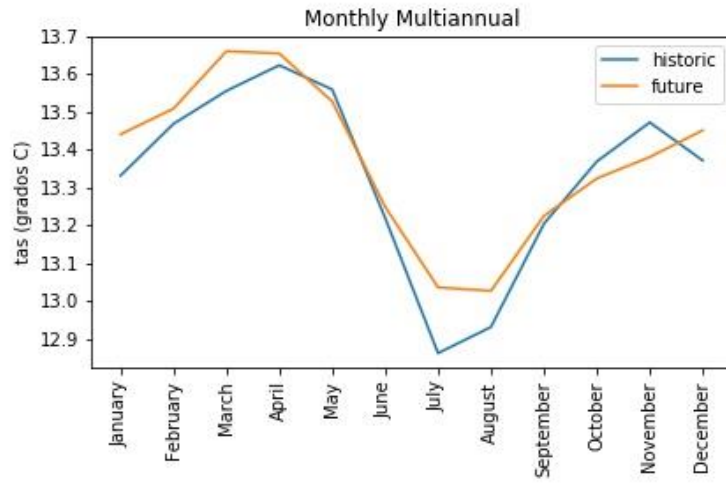


ANEXO B. Comparación de datos históricos y datos futuros para el modelo GCM MPI-ESM-MR para la variable de temperatura

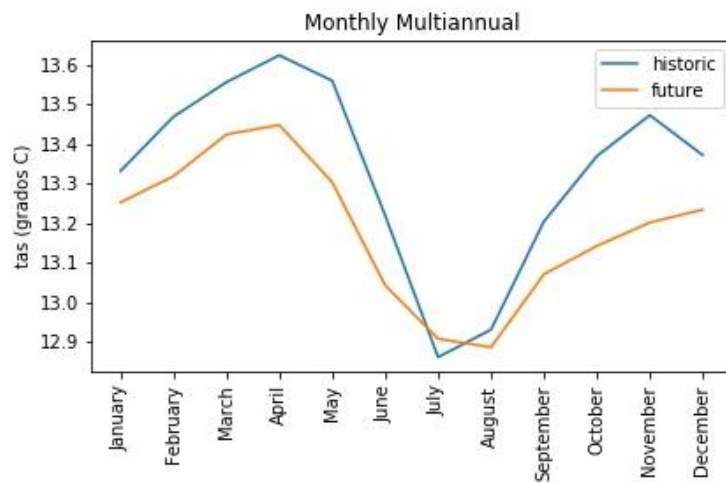
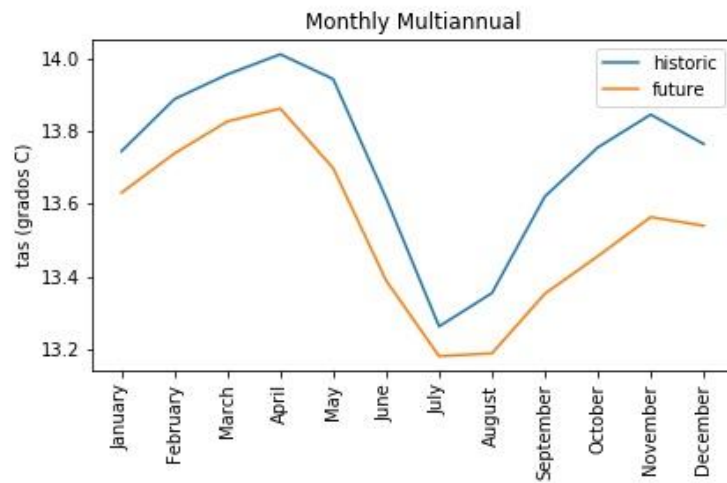
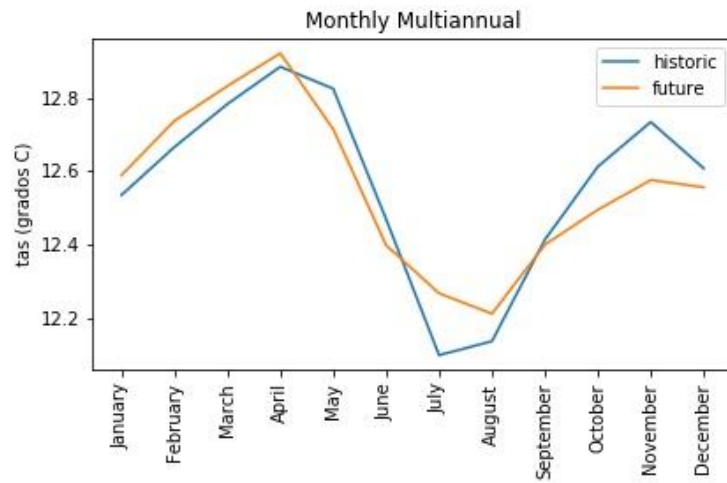
- RCP 2.6



- RCP 4.5



- RCP 8.5



ANEXO C. Puntos de demanda en la cuenca por municipios y sectores según registros de la CAR

• **Municipio de Bojaca**

| No. | Expediente | Vereda | Predio | Clase | Actividad Económica | Uso Doméstico | Uso Pecuario | Uso Agrícola | Uso Industrial | Total |
|-----|------------|--------------|---------------------|---------------------------------------|--|---------------|--------------|--------------|----------------|-------|
| 1 | 1312 | San Antonio | Guarenta | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 2 | 17520 | San Antonio | La Suiza | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 3 | 26600 | San Antonio | Las Luisitas | Industrial | Captación, depuración y distribución de agua | 0.039 | 0 | 0 | 0.499 | 0.538 |
| 4 | 32728 | Barro Blanco | Hacienda el Triunfo | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.03 | 0.03 | 0 | 0 | 0.06 |
| 5 | 35873 | Chilcal | Finca Pilitas | Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 6 | 37391 | San Antonio | Finca la Libertad | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Actividad pecuaria no especializada | 0.01 | 0.1 | 0 | 0 | 0.11 |
| 7 | 40479 | Chilcal | Finca Santa Cecilia | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Actividades de servicios, agrícolas y ganaderos excepto las actividades veterinarias | 0.01 | 0.4 | 0 | 0 | 0.41 |
| 8 | 40516 | San Antonio | Buenavista | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.01 | 0.05 | 0 | 0.06 |
| 9 | 41727 | San Antonio | la Libertad | Abastecimiento doméstico, Riego y | Captación, tratamiento y | 1.38 | 0.57 | 3.37 | 0 | 5.32 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------------|----------------------------|---|---|------|------|------|---|------|
| | | | | silvicultura, Abrevaderos | distribución de agua. | | | | | |
| 10 | 42700 | San Antonio | El Mirador | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos, Industrial | Elaboración de otros productos alimenticios | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 11 | 43843 | Chilcal | Finca el Encenillo | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0 | 0.04 |
| 12 | 45009 | San Antonio | Lote San Antonio | Abastecimiento doméstico | | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 13 | 46342 | Roble Hueco | Finca la Atlantida S.A.S. | Abastecimiento doméstico | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.02 | 0 | 0 | 0 | 0.02 |
| 14 | 52360 | Chilcal | Finca la Palma | Riego y silvicultura | | 0 | 0 | 0.25 | 0 | 0.25 |
| 15 | 59655 | Bobace | La Laguna, lote | Riego y silvicultura | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.4 |
| 16 | 64324 | Chilcal | Finca Calichana y Calucata | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 2 | 37 | 0 | 39 |

• **Municipio de El Rosal**

| No. | Expediente | Vereda | Predio | Clase | Actividad Económica | Uso Doméstico | Uso Pecuario | Uso Agrícola | Uso Industrial | Total |
|-----|------------|------------|------------|---------------------------------------|--|---------------|--------------|--------------|----------------|-------|
| 1 | 2131 | Cruz Verde | El Jardin | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de bienes para uso propio. | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 2 | 3511 | Buenavista | Santa Inés | Abastecimiento doméstico | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.01 | 0.13 | 0 | 0.14 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|--------------------|---|---|---|------|------|------|---|------|
| 3 | 3572 | La Piñuela | El Recuerdo lote a , el recuerdo lote b | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.02 | 1.12 | 0 | 1.14 |
| 4 | 12241 | Buenavista | La Esperanza | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cultivo de frutas tropicales y subtropicales. | 0 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.02 |
| 5 | 19544 | Santa Bárbara | Santa Rita | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cultivo de especias y de plantas aromáticas y medicinales. | 0 | 0.01 | 0.52 | 0 | 0.53 |
| 6 | 19544 | Santa Bárbara | Santa Rita | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cultivo de especias y de plantas aromáticas y medicinales. | 0 | 0.01 | 0.52 | 0 | 0.53 |
| 7 | 24374 | Puerta de Cuero | Puente el Rosal | Riego y silvicultura | Cultivo de hortalizas, raíces y tubérculos. | 0.01 | 0 | 0.27 | 0 | 0.28 |
| 8 | 24983 | Buenavista | El Tibar | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura | Cultivo de frutas tropicales y subtropicales. | 0.01 | 0 | 0.09 | 0 | 0.1 |
| 9 | 24983 | Buenavista | El Tibar | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura | Cultivo de frutas tropicales y subtropicales. | 0.01 | 0 | 0.09 | 0 | 0.1 |
| 10 | 24985 | Buenavista | Santa María, Villa Real | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0 | 0.05 | 0 | 0.05 |
| 11 | 24996 | Buenavista | Salitre | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Actividades de apoyo a la ganadería. | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------------|----------------------------|---|--|--------|-------|-------|---|--------|
| 12 | 25064 | El Rodeo | La Fortuna | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Produccion especializada de frutas, nueces, plantas bebestibles y especias | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.24 |
| 13 | 25336 | Buenavista | Villa María | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cultivo de frutas tropicales y subtropicales. | 0 | 0.01 | 0.13 | 0 | 0.14 |
| 14 | 25398 | Buenavista | Villa Tatiana | Riego y silvicultura | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0.01 | 0 | 0.01 |
| 15 | 25400 | El Rodeo | Finca la Hamaca | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cria especializada de ovejas, cabras, caballos, asnos, mulas y burdeganos | 0.009 | 0.025 | 0.26 | 0 | 0.294 |
| 16 | 25858 | LA PORQUERA | El Encanto | Riego y silvicultura | Actividad pecuaria no especializada | 0.05 | 0.05 | 0.15 | 0 | 0.25 |
| 17 | 27379 | Buenavista | San Gregorio | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura | Cultivo de frutas tropicales y subtropicales. | 0.009 | 0 | 0.18 | 0 | 0.189 |
| 18 | 29979 | El Rodeo | Los Tamarindos | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad pecuaria no especializada | 0.0002 | 0 | 0 | 0 | 0.0002 |
| 19 | 30060 | El Caucho | La Maria | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agricola y pecuaria) | 0.01 | 0.01 | 0.003 | 0 | 0.023 |
| 20 | 30661 | Tibagota | Manoa San Rafael , Vicenza | Riego y silvicultura | Actividad mixta (agricola y pecuaria) | 0 | 0 | 4.41 | 0 | 4.41 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|---------------|---|---|--|------|------|------|---|------|
| 21 | 33063 | Buenavista | Pozo Azul Cruz Verde y las Monas | Riego y silvicultura | Cultivo de flor de corte. | 0 | 0 | 1.19 | 0 | 1.19 |
| 22 | 33208 | Buenavista | Finca las Monas | Riego y silvicultura | Actividad mixta (agricola y pecuaria) | 0 | 0 | 0.61 | 0 | 0.61 |
| 23 | 33592 | San Antonio | El Tabor | Riego y silvicultura | Cria especializada de ganado vacuno | 0 | 0 | 0.12 | 0 | 0.12 |
| 24 | 33879 | El Caucho | Finca la Alcira | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agricola y pecuaria) | 0.01 | 0.01 | 0.12 | 0 | 0.14 |
| 25 | 34174 | Cruz Verde | El Triunfo | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cría de aves de corral. | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0 | 0.05 |
| 26 | 35260 | Tibagota | El Recuerdo , el Retiro , la Esmeralda, la Piñuela , las Margaritas | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agricola y pecuaria) | 0 | 0.05 | 1.1 | 0 | 1.15 |
| 27 | 36026 | Santa Bárbara | Indiana II | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura | Cultivo de flor de corte. | 0.2 | 0 | 0.93 | 0 | 1.13 |
| 28 | 36568 | Buenavista | Lote No.3 Finca el Verde o la Cartuja | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.02 | 0.01 | 0.16 | 0 | 0.19 |
| 29 | 37264 | Buenavista | Vereda Buenavista | Abastecimiento doméstico, Riego y | Actividades de apoyo a la ganadería. | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0 | 0.04 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|---------------------|--|---|---|------|------|------|---|------|
| | | | | silvicultura, Abrevaderos | | | | | | |
| 30 | 37265 | El Rodeo | San Gabriel Vacolandia | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Cria especializada de ganado vacuno | 0.02 | 0.01 | 0 | 0 | 0.03 |
| 31 | 40062 | Santa Bárbara | Carrera 62 # 129 b 25 apto 201 | Riego y silvicultura | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.39 |
| 32 | 40454 | Buenavista | Mitad San Antonio y/o Zerta | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cultivo de especias y de plantas aromáticas y medicinales. | 0.01 | 0 | 0.03 | 0 | 0.04 |
| 33 | 41397 | El Rodeo | Encenillo Camilo y Chital | Riego y silvicultura | Produccion agricola NCP en unidades especializadas | 0 | 0 | 0.04 | 0 | 0.04 |
| 34 | 42994 | Puerta de Cuero | Hacienda Tatambó | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.06 | 0.42 | 0 | 0.48 |
| 35 | 43187 | El Caucho | Tasue | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.02 |
| 36 | 44334 | Hondura Tibagota | Santa Maria de los Angeles, Santa Maria de los Angeles, Santa Maria de los Angeles | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.03 |
| 37 | 49348 | Cruz Verde | Monroy I y II | Riego y silvicultura | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0.06 | 0 | 0.06 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|--------------------|--|---|--|--------|--------|--------|---|--------|
| 38 | 56270 | Cruz Verde | Lote 1 San Carlos, lote 2 San Alberto, lote 3 el Portal del Rosal, lote 4 Santa Isabel | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | | 0.001 | 0.001 | 0.0009 | 0 | 0.0029 |
| 39 | 60033 | Cruz Verde | Lote 2 San Alberto | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.001 | 0.001 | 0.0009 | 0 | 0.0029 |
| 40 | 60034 | El Rodeo | Lote 3 el Portal | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | | | | | |
| 41 | 60035 | Cruz Verde | Lote 4 Sta Isabel | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de bienes para uso propio. | 0.001 | 0.001 | 0.0009 | 0 | 0.0029 |
| 42 | 60191 | Hondura Chingafrio | La Alhaja | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.0017 | 0.0054 | 0 | 0 | 0.0071 |
| 43 | 62517 | El Rodeo | Los Angeles | Riego y silvicultura | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0.98 | 0 | 0.98 |
| 44 | 62564 | Buenavista | Rossana | Riego y silvicultura | Cultivo de frutas tropicales y subtropicales. | 0 | 0 | 0.1 | 0 | 0.1 |
| 45 | 63437 | Hondura Chingafrio | El Triángulo | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura | Ganadería. | 0.008 | 0.243 | 0 | 0 | 0.251 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|--------------------|---------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---|--------|---|---|--------|
| 46 | 63918 | Hondura Chingafrio | Lote 1 Predio rural | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Ganadería. | 0 | 0.0253 | 0 | 0 | 0.0253 |
| 47 | 66598 | El Rodeo | Villa Julia | Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |

- **Municipio de Madrid**

| No. | Expediente | Vereda | Predio | Clase | Actividad Económica | Uso Doméstico | Uso Pecuario | Uso Agrícola | Uso Industrial | Total |
|-----|------------|---------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|---------------|--------------|--------------|----------------|-------|
| 1 | 880 | Boyero | El Imperio | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.02 | 0.38 | 0 | 0.4 |
| 2 | 25415 | Laguna Larga | El Colegio | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.05 | 0.43 | 0 | 0.48 |
| 3 | 27098 | CORTIJO | Planta Principal de Tratamiento | Abastecimiento doméstico | Captación, depuración y distribución de agua | 37.43 | 0 | 0 | 0 | 37.43 |
| 4 | 28624 | La Cuesta | Finca Coralina | Abastecimiento doméstico | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.02 | 0 | 0 | 0 | 0.02 |
| 5 | 30208 | Laguna Larga | Barley del Rio | Riego y silvicultura | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 1.83 | 0 | 1.83 |
| 6 | 30226 | Los Arboles | El Darien | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.04 | 1.46 | 0 | 1.5 |
| 7 | 33870 | Puente Piedra | Segregado Bosque II | Industrial | Elaboración de otros productos alimenticios n.c.p. | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|----------------|-------------------------------------|---|---|------|------|--------|---|--------|
| 8 | 33984 | Los Arboles | Finca la Yerbabuena lote N° 2 | Riego y silvicultura | Otros cultivos permanentes n.c.p. | 0 | 0 | 0.54 | 0 | 0.54 |
| 9 | 35125 | Santa Cruz | El Diamante | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.14 | 0.6 | 0 | 0.74 |
| 10 | 37601 | Los Arboles | Finca Altagracia | Riego y silvicultura | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0 | 0.48 | 0 | 0.48 |
| 11 | 43462 | Los Arboles | El Bosque | Riego y silvicultura | Cultivos agrícolas transitorios. | 0 | 0 | 0.13 | 0 | 0.13 |
| 12 | 46064 | El Corzo | Las Monjitas | Riego y silvicultura | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0.17 | 0 | 0.17 |
| 13 | 49856 | Santa Cruz | Los Sauces | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.05 | 0.02 | 0.1 | 0 | 0.17 |
| 14 | 54221 | Potrero Grande | Lote 8 Hacienda Las Mercedes | Riego y silvicultura | Cultivo de hortalizas, raíces y tubérculos. | 0 | 0 | 240 | 0 | 240 |
| 15 | 54797 | El Corzo | El Porvenir, Las Delicias, lote N°8 | Riego y silvicultura | Otros cultivos transitorios n.c.p. | 0 | 0 | 0.15 | 0 | 0.15 |
| 16 | 59163 | Santa Cruz | Lote | Riego y silvicultura | Cultivos agrícolas transitorios. | 0 | 0 | 0.13 | 0 | 0.13 |
| 17 | 59165 | Santa Cruz | San Ignacio del Rio | Riego y silvicultura | Cultivos agrícolas transitorios. | 0 | 0 | 0.0013 | 0 | 0.0013 |
| 18 | 59166 | Santa Cruz | El Triunfo | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.04 | 0.13 | 0 | 0.17 |
| 19 | 62519 | BARRO BLANCO | Los Napoles | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.15 | 0.83 | 0 | 0.98 |
| 20 | 62907 | Los Arboles | Yerbabuena Lote 2 | Riego y silvicultura | Actividades de apoyo a la agricultura. | 0 | 0 | 4.08 | 0 | 4.08 |

- **Municipio de Mosquera**

| No. | Expediente | Vereda | Predio | Clase | Actividad Económica | Uso Doméstico | Uso Pecuario | Uso Agrícola | Uso Industrial | Total |
|-----|------------|---------------|--|-----------------------------------|--|---------------|--------------|--------------|----------------|--------|
| 1 | 49631 | San Jorge | Chamberi | Riego y silvicultura | Otros cultivos permanentes n.c.p. | 0 | 0 | 0.0005 | 0 | 0.0005 |
| 2 | 52369 | Balsillas | Andes 1 | Riego y silvicultura | Extracción de piedra, arena, arcillas comunes, yeso y anhidrita. | 0 | 0.03 | 0.31 | 0 | 0.34 |
| 3 | 53719 | San José | Lote San Pablo | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.0002 | 0.0027 | 0 | 0.0029 |
| 4 | 54212 | San José | Lote # 1 alfandoque, lote b la esperanza, lote de terreno holanda alta | Riego y silvicultura | Cría de caballos y otros equinos. | 0 | 0.134 | 0 | 0 | 2 |
| 5 | 54447 | San José | Las Goteras | Riego y silvicultura | | 0 | 0 | 1.21 | 0 | 1.21 |
| 6 | 56908 | San José | Sena | Riego y silvicultura | Educación secundaria y de formación laboral. | 0 | 0 | 2.06 | 0 | 2.06 |
| 7 | 59367 | San Francisco | Lote 1 (la valentina) | Riego y silvicultura | Cultivos agrícolas transitorios. | 0 | 0 | 0.44 | 0 | 0.44 |
| 8 | 59368 | San José | El Trebol | Abrevaderos | Ganadería. | 0 | 0.103 | 0.104 | 0 | 0.207 |
| 9 | 59369 | San Francisco | Los Locales Yerbabuena | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Ganadería. | 0 | 0.09 | 0.3 | 0 | 0.39 |
| 10 | 59370 | San Francisco | Los Locales Yerbabuena | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Ganadería. | 0 | 0.0009 | 0.003 | 0 | 0.0039 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|---------------|---|-----------------------------------|--|------|-------|-------|---|-------|
| 11 | 59376 | San Francisco | El Carretonal | Riego y silvicultura, Abrevaderos | | 0 | 0.184 | 0.296 | 0 | 0.48 |
| 12 | 59726 | San Francisco | Camino la Alameda, la Isabela I, la Isabela II, Lote Casa | Riego y silvicultura | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.252 | 3.648 | 0 | 3.9 |
| 13 | 59734 | San Francisco | El Cigarrillo, el Recreo, la Isabela | Riego y silvicultura | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.063 | 0 | 0 | 3.855 |
| 14 | 60219 | San Francisco | La Herradurita | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.1 | 1.1 | 0 | 1.2 |
| 15 | 60239 | San Francisco | La Herradura | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividades de apoyo a la ganadería. | 0 | 0.1 | 2.2 | 0 | 2.3 |
| 16 | 60640 | San José | Lote 2 | Riego y silvicultura | Cultivo de flor de corte. | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.06 |
| 17 | 60645 | San José | La Playa | Riego y silvicultura | Captación, tratamiento y distribución de agua. | 0 | 0 | 3.96 | 0 | 3.96 |
| 18 | 60878 | San José | La Pradera | Riego y silvicultura | Cultivo de hortalizas, raíces y tubérculos. | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 |
| 19 | 61049 | San Francisco | La Escuela | Abastecimiento doméstico | Establecimientos que combinan diferentes niveles de educación. | 0.16 | 0 | 0 | 0 | 0.16 |
| 20 | 61229 | San Francisco | Venecia | Riego y silvicultura | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.08 | 2.7 | 0 | 2.78 |
| 21 | 61230 | San Francisco | El Sociego | Riego y silvicultura | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.08 | 3.34 | 0 | 3.42 |
| 22 | 61234 | San Francisco | Normandia | Abastecimiento doméstico, | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.18 | 2.4 | 0 | 2.58 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|---------------|--|--|--|------|-------|-------|---|-------|
| | | | | Riego y silvicultura | | | | | | |
| 23 | 61236 | San Francisco | El Establo | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.09 | 3.21 | 0 | 3.3 |
| 24 | 61237 | San Francisco | El Pensil | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.19 | 4.24 | 0 | 4.43 |
| 25 | 61238 | San Francisco | Los Sauces | Riego y silvicultura | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.18 | 0 | 0 | 2.34 |
| 26 | 61239 | San Francisco | El Establito | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.05 | 0.1 | 3.86 | 0 | 4.01 |
| 27 | 65335 | San Francisco | Los Cristales, Maria Fernanda, Pubenza | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividades de apoyo a la agricultura. | 0 | 0.104 | 0.619 | 0 | 0.723 |

- **Municipio de Subachoque**

| No. | Expediente | Vereda | Predio | Clase | Actividad Económica | Uso Doméstico | Uso Pecuario | Uso Agrícola | Uso Industrial | Total |
|-----|------------|-------------|-----------|-----------------------------------|---|---------------|--------------|--------------|----------------|-------|
| 1 | 271 | Santuario | Las Manas | Riego y silvicultura | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0.57 | 0 | 0.58 |
| 2 | 430 | Casa Blanca | Iscata | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Producción agrícola en unidades no especializadas | 0.02 | 0.04 | 1.01 | 0 | 1.07 |

| | | | | | | | | | | |
|----|------|--------------|---------------------------|--|--|------|------|------|---|------|
| 3 | 548 | Rincón Santo | El Ttriufo, La Esmeralda | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.06 | 1.16 | 0 | 1.22 |
| 4 | 1175 | Páramo | | Abastecimient o doméstico, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 5 | 1246 | Galdamez | Alejandria | Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0.11 | 0 | 0.11 |
| 6 | 1538 | Galdamez | El Recuerdo | Abastecimient o doméstico | Cria especializada de ganado vacuno | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 7 | 1779 | Canica | Bocachica | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.02 | 0.01 | 0.15 | 0 | 0.18 |
| 8 | 2943 | Galdamez | Las Celicias 3 | Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.04 | 0.54 | 0 | 0.59 |
| 9 | 3219 | Centro | Suatia, Tacarigua, Zyruma | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.03 | 0.03 | 1.41 | 0 | 1.47 |
| 10 | 3496 | Cascajal | Palos Verdes | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad pecuaria no especializada | 0 | 0.04 | 0.07 | 0 | 0.11 |
| 11 | 3623 | Los Llanitos | El Rodeo | Abastecimient o doméstico, Abrevaderos | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de bienes para uso propio. | 0.06 | 0.03 | 0 | 0 | 0.09 |
| 12 | 3874 | Cascajal | Had El Vergel | Abastecimient o doméstico | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 2.46 | 0 | 0 | 0 | 2.46 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|--------------|---|---|---|------|-------|--------|---|--------|
| 13 | 3928 | El Tobar | Arboreto | Abastecimiento o doméstico | Propagación de plantas (actividades de los viveros, excepto viveros forestales). | 0 | 0 | 0.0002 | 0 | 0.0002 |
| 14 | 5329 | Galdamez | Hacienda El Hato | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.032 | 1.588 | 0 | 1.62 |
| 15 | 5653 | La Yeguera | San Cayetano lote 1a | Abastecimiento o doméstico | Captación, depuración y distribución de agua | 2.43 | 0 | 0 | 0 | 2.43 |
| 16 | 7917 | Rincón Santo | Chamomile | Abastecimiento o doméstico | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0 | 0.12 | 0 | 0.13 |
| 17 | 10186 | Altania | El Paramo | Abastecimiento o doméstico | Otros tipos de alojamiento n.c.p. | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 18 | 10186 | Altania | El Paramo | Abastecimiento o doméstico | Otros tipos de alojamiento n.c.p. | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 19 | 10195 | Rincón Santo | Finca Versalles | Abastecimiento o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividades de servicios, agrícolas y ganaderos exceptos las actividades veterinarias | 0.01 | 0.01 | 0.1 | 0 | 0.12 |
| 20 | 12296 | Canica | El Curubo | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0.19 | 0 | 0.2 |
| 21 | 12336 | Casa Blanca | Asociación de usuarios del acueducto de la quebrada chiqueros | Abastecimiento o doméstico | Captación, tratamiento y distribución de agua. | 0.39 | 0 | 0 | 0 | 0.39 |
| 22 | 13784 | Canica | San Pablo | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0.95 | 0 | 0.96 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|--------------|------------------------------|---|--|------|------|------|---|------|
| 23 | 16174 | Rincón Santo | Bellavista | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 1 | 4 | 15 | 0 | 20 |
| 24 | 16410 | Guamal | Las Delicias | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.01 | 0.11 | 0 | 0.12 |
| 25 | 16412 | Guamal | Finca San Miguel, san miguel | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0 | 0.05 |
| 26 | 16418 | Guamal | Bellavista | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0 | 0.8 |
| 27 | 16419 | Guamal | El Valle | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.03 |
| 28 | 16425 | Guamal | San Pablo | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.03 |
| 29 | 16426 | Guamal | La Veguita | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad pecuaria no especializada | 0.01 | 0.01 | 0.24 | 0 | 0.26 |
| 30 | 18420 | Galdamez | El Encanto | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.02 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------------|----------------------------|---|--|------|------|-------|---|-------|
| 31 | 19220 | Canica | El Cerezo II, La Esperanza | Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.02 | 0.33 | 0 | 0.35 |
| 32 | 19328 | Centro | La Ilusión | Abastecimiento o doméstico, Abrevaderos | Captación, depuración y distribución de agua | 1.1 | 0.07 | 0 | 0 | 1.17 |
| 33 | 19457 | Guamal | Aconcagua La Cabrera | Abastecimiento o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cria especializada de ganado vacuno | 0.01 | 0.01 | 0.013 | 0 | 0.033 |
| 34 | 19457 | Guamal | Aconcagua La Cabrera | Abastecimiento o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cria especializada de ganado vacuno | 0.01 | 0.01 | 0.013 | 0 | 0.033 |
| 35 | 20480 | Santuario | La Maria 3 | Abastecimiento o doméstico | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0.03 | 0 | 0.03 |
| 36 | 21159 | La Cuesta | Tocaima | Abrevaderos | Actividad pecuaria no especializada | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 37 | 24755 | Galdamez | Villa Tatiana | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividades de apoyo a la ganadería. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | 25337 | Chinga Frío | Los Arrayenes | Abrevaderos | Actividad pecuaria no especializada | 0 | 0.02 | 0 | 0 | 0.02 |
| 39 | 25399 | Casa Blanca | San Carlos | Abastecimiento o doméstico | Captación, depuración y distribución de agua | 1.23 | 0 | 0 | 0 | 1.23 |
| 40 | 25434 | Guamal | Asoguamal | Abastecimiento o doméstico, Abrevaderos | Captación, tratamiento y distribución de agua. | 0.59 | 0.04 | 0 | 0 | 0.63 |
| 41 | 25591 | El Tobar | Casas | Abastecimiento o doméstico, | Ganadería. | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0 | 0.08 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|--------------|---------------------|---|--|-------|-------|-------|---|-------|
| | | | | Riego y silvicultura | | | | | | |
| 42 | 25854 | Galdamez | El Cucharo | Abastecimiento doméstico | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de bienes para uso propio. | 0.005 | 0 | 0 | 0 | 0.005 |
| 43 | 25854 | Galdamez | El Cucharo | Abastecimiento doméstico | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de bienes para uso propio. | 0.005 | 0 | 0 | 0 | 0.005 |
| 44 | 26523 | Canica Baja | Finca Deja-vu | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.03 | 0.05 | 0 | 0.08 |
| 45 | 26961 | Canica Baja | La Danielita | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cría de ovejas y cabras. | 0.011 | 0.039 | 0.69 | 0 | 0.74 |
| 46 | 27097 | Centro | El Bosque de kirpal | Riego y silvicultura | Otros cultivos transitorios n.c.p. | 0 | 0 | 0.033 | 0 | 0.033 |
| 47 | 27153 | Rincón Santo | El Arrayan | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.02 | 0.01 | 0.22 | 0 | 0.25 |
| 48 | 27347 | Rincón Santo | Lote No. 4 | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|--------------|--|--|---|-------|-------|-------|---|-------|
| 49 | 27348 | Rincón Santo | Los Pinos | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0 | 0.01 | 0 | 0.02 |
| 50 | 27396 | Rincón Santo | El Cerezo | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.021 | 0.028 | 0.948 | 0 | 0.997 |
| 51 | 27451 | Santa Rita | El Tiber , La Violeta, Lote a Santa Rita | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.03 | 0.6 | 0 | 0.63 |
| 52 | 27792 | Guamal | El Granadillo | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cultivos agrícolas transitorios. | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 53 | 27793 | Guamal | El Lote | Abastecimient o doméstico | Hogares privados con servicios domesticos | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 54 | 27891 | Canica Baja | Quincha | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 55 | 27892 | Canica Baja | Los Cerezos San Juanito | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cultivos agrícolas permanentes. | 0 | 0.01 | 0.03 | 0 | 0.04 |
| 56 | 28439 | Guamal | Los Cerezos | Abastecimient o doméstico, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 57 | 28753 | El Tobar | El Paraiso | Abastecimient o doméstico, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 58 | 28754 | Canica Baja | El Vergel | Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|--------------|--------------------------------------|--|--|-------|------|-------|---|-------|
| 59 | 29071 | La Yeguera | San Cayetano lote 4 y santanines | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.03 | 0.26 | 0 | 0.29 |
| 60 | 29212 | Galdamez | San Francisco | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura | Producción especializada de hortalizas y legumbres | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 61 | 29628 | Galdamez | Altamira | Abastecimiento doméstico | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 62 | 29628 | Galdamez | Altamira | Abastecimiento doméstico | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 63 | 29633 | Guamal | Bella Vista, el ensueño, el porvenir | Abastecimiento doméstico | Captación, depuración y distribución de agua | 0.12 | 0 | 0 | 0 | 0.12 |
| 64 | 30122 | Canica Baja | El Eden | Abastecimiento doméstico | Cria especializada de ganado vacuno | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.03 |
| 65 | 30134 | Casa Blanca | Casablanca y el retiro | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 66 | 30314 | Rincón Santo | El Vergel | Abastecimiento doméstico | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 67 | 30343 | Rincón Santo | Manzanares | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 68 | 30660 | Guamal | El Recuerdo | Riego y silvicultura | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.016 | 0.01 | 0.001 | 0 | 0.027 |
| 69 | 30660 | Guamal | El Recuerdo | Riego y silvicultura | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.016 | 0.01 | 0.001 | 0 | 0.027 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|--------------|----------------|---|--|------|------|------|---|------|
| 70 | 30662 | Buenavista | Barley II | Riego y silvicultura | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.54 |
| 71 | 30681 | Cascajal | Los Curies | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Captación, depuración y distribución de agua | 2.36 | 0 | 0 | 0 | 2.36 |
| 72 | 31548 | Canica | Pensilvania | Acuicultura y pesca | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0.14 | 0 | 0.14 |
| 73 | 31548 | Canica | Pensilvania | Acuicultura y pesca | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0.14 | 0 | 0.14 |
| 74 | 31901 | El Valle | La Ilusion | Abastecimiento doméstico | Captación, depuración y distribución de agua | 0.94 | 0.03 | 0 | 0 | 0.97 |
| 75 | 32169 | Altania | El Escondite 1 | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.02 | 0.58 | 0 | 0.6 |
| 76 | 32298 | Guamal | Buena Vista | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0.03 | 0.15 | 0 | 0.19 |
| 77 | 32299 | Santa Rosa | Altamira | Abastecimiento doméstico | Captación, depuración y distribución de agua | 2.04 | 0 | 0 | 0 | 2.04 |
| 78 | 32360 | La Pradera | Los Cerezos | Abastecimiento doméstico | Captación, tratamiento y distribución de agua. | 0.71 | 0 | 0 | 0 | 0.71 |
| 79 | 32651 | Canica Baja | La Primavera | Riego y silvicultura | Cría de otros animales n.c.p. | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 80 | 32790 | Rincón Santo | San Martín | Abastecimiento doméstico | Captación, depuración y | 0.54 | 0.1 | 0 | 0 | 0.64 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-----------------|---------------------------|--|---|------|------|------|---|------|
| | | | | | distribucion de agua | | | | | |
| 81 | 33084 | Galdamez | Finca el Rupe | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Otras actividades de servicios NCP | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.03 |
| 82 | 33434 | Páramo | Uval | Abastecimient o doméstico | Captación, tratamiento y distribución de agua. | 1.42 | 0 | 0 | 0 | 1.42 |
| 83 | 33436 | Canica Baja | Hato Rey | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0.02 | 0.76 | 0 | 0.79 |
| 84 | 33438 | Santuario | Finca San Francisco | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.02 | 0.53 | 0 | 0.55 |
| 85 | 33440 | Canica | La Esperanza | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.02 | 0.58 | 0 | 0.6 |
| 86 | 33459 | Canica Baja | Villa Teresa | Riego y silvicultura | Produccion agricola en unidades no especializadas | 0 | 0 | 0.03 | 0 | 0.03 |
| 87 | 33867 | Pantano de Arce | El Diamante | Abastecimient o doméstico, Abrevaderos | Actividad pecuaria no especializada | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 88 | 33958 | La Yeguera | El Tribol, las hortensias | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cria especializada de ganado vacuno | 0.02 | 0.04 | 1.46 | 0 | 1.52 |
| 89 | 33986 | Rincón Santo | Caballerizas | Abastecimient o doméstico, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.01 | 0.03 | 0 | 0 | 0.04 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|--------------|---------------------|---|---|------|------|------|---|------|
| 90 | 33989 | Rincón Santo | Buenavista | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 91 | 34098 | Buenavista | Finca los Alisos | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.01 | 0.09 | 0 | 0.1 |
| 92 | 34102 | Galdamez | Lote 01 las acacias | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.01 | 0.13 | 0 | 0.14 |
| 93 | 34111 | Páramo | El Portachuelo | Abastecimiento doméstico | Ganadería. | 0.01 | 0.02 | 0 | 0 | 0.03 |
| 94 | 34165 | Galdamez | El Refugio | Abastecimiento doméstico | Actividades de los hogares individuales como empleadores de personal doméstico. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 95 | 34166 | Tibagota | Tannen Bush | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.02 | 0.76 | 0 | 0.78 |
| 96 | 34243 | Guamal | Finca el Paraiso | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0 | 0.04 |
| 97 | 34576 | Galdamez | La Loma | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.03 |
| 98 | 34585 | Cascajal | Curies | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Actividad pecuaria no especializada | 0.01 | 0.02 | 0 | 0 | 0.03 |
| 99 | 34602 | Guamal | Lote Jerico | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------------|------------------------------|---|---|------|------|------|---|------|
| 100 | 34906 | Canica | San Rufino | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.03 | 0.12 | 0 | 0.15 |
| 101 | 34913 | Tibagota | Tibagota Alta, Tibagota Baja | Riego y silvicultura | Producción agrícola en unidades no especializadas | 0 | 0 | 0.1 | 0 | 0.1 |
| 102 | 35140 | La Pradera | Nacedero San Cayetano | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.08 | 2.14 | 0 | 2.22 |
| 103 | 35216 | Santuario | tenerife | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad pecuaria no especializada | 0 | 0.02 | 0.66 | 0 | 0.68 |
| 104 | 35641 | Canica | finca la primavera | Abastecimiento doméstico | Producción agrícola en unidades no especializadas | 0.02 | 0 | 0 | 0 | 0.02 |
| 105 | 35642 | El Pantano | finca el angel | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0 | 0.08 |
| 106 | 35984 | Canica Baja | el cerezo | Riego y silvicultura | Producción agrícola en unidades no especializadas | 0 | 0 | 0.07 | 0 | 0.07 |
| 107 | 35987 | Guamal | sinay | Abastecimiento doméstico | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0.01 | 0 | 0.01 |
| 108 | 35990 | Guamal | las villas | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Ganadería. | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 109 | 36070 | Guamal | el mirador | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 110 | 36075 | La Pradera | finca la gloria | Industrial | Captación, tratamiento y distribución de agua. | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------------|-------------------------|---|---|------|------|------|---|------|
| 111 | 36078 | Galdamez | bodegas | Abastecimiento o doméstico | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.02 | 0 | 0 | 0 | 0.02 |
| 112 | 36083 | Altania | el molino | Abastecimiento o doméstico | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 113 | 36158 | Canica Baja | tres esquinas | Abastecimiento o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cultivo de hortalizas, raíces y tubérculos. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 114 | 36388 | Canica Baja | el picacho central | Abastecimiento o doméstico, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 115 | 36541 | El Tobal | aguas calientes | Abastecimiento o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0.71 | 0 | 0.73 |
| 116 | 36542 | Altania | la lomita de la gaviota | Abastecimiento o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 117 | 36575 | La Union | mirador alto | Abastecimiento o doméstico | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0 | 0.05 |
| 118 | 36923 | Guamal | san jose | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0.1 | 0 | 0.11 |
| 119 | 36925 | Pueblo Viejo | la victoria | Abastecimiento o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0.2 | 0 | 0.22 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|------------|--------------------------------------|---|--|------|------|------|---|------|
| 120 | 36926 | Guamal | la esperanza y lote 16 | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0.42 | 0 | 0.43 |
| 121 | 37046 | Galdamez | el refugio | Abastecimiento o doméstico, Abrevaderos | Hogares privados con servicios domesticos | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 122 | 37047 | Galdamez | san isidro | Abastecimiento o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Ganadería. | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 123 | 37048 | Galdamez | la gloria , el retamal, altamira | Abastecimiento o doméstico, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 124 | 37052 | Galdamez | san miguel | Abastecimiento o doméstico | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.02 | 0 | 0 | 0 | 0.02 |
| 125 | 37053 | Galdamez | rancho antamaria, rancho santa maria | Abastecimiento o doméstico, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 126 | 37227 | Centro | lote zaragoza caracoli | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.01 | 0.07 | 0 | 0.08 |
| 127 | 37393 | Páramo | ventorillo | Abastecimiento o doméstico | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de bienes para uso propio. | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 128 | 37396 | Galdamez | covadonga | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0.04 | 0 | 0.05 |
| 129 | 37398 | La Pradera | el mortiño, el mortiño | Abastecimiento o doméstico, Riego y | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0.09 | 0 | 0.11 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-----------------|--|--|--|------|------|------|---|------|
| | | | | silvicultura, Abrevaderos | | | | | | |
| 130 | 37598 | Guamal | finca villaluz | Abastecimient o doméstico | Otros tipos de alojamiento n.c.p. | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 131 | 37599 | Tibagota | chimita dos, chimita dos | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0.01 | 0.22 | 0 | 0.24 |
| 132 | 37898 | Galdame z | san jose | Abastecimient o doméstico | Actividades de apoyo a la ganadería. | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 133 | 38300 | El Pantano | el carrizal | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Ganadería. | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 134 | 38369 | Guamal | san carlos | Abastecimient o doméstico | Actividades de servicios, agrícolas y ganaderos exceptos las actividades veterinarias | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 135 | 38455 | Rincón Santo | miraflores , san jorge , san luis , san manuel | Riego y silvicultura | Actividades de apoyo a la ganadería. | 0 | 0 | 0.1 | 0 | 0.1 |
| 136 | 38520 | Centro | loma laguna ii | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.01 | 0.16 | 0 | 0.17 |
| 137 | 38566 | Galdame z | el eucalipto | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividades de servicios, agrícolas y ganaderos exceptos las actividades veterinarias | 0.01 | 0.01 | 0.1 | 0 | 0.12 |
| 138 | 38805 | El Tobal | la regadera 1 | Abastecimient o doméstico, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------------|----------------------------------|---|---|------|------|------|---|------|
| 139 | 38887 | Cascajal | el mulato | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.02 | 0.07 | 0 | 0.1 |
| 140 | 38888 | Galdamez | alarcon - la esperanza | Abrevaderos | Cria especializada de ganado vacuno | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 141 | 39123 | Canica | finca los copetones | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Ganadería. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 142 | 39187 | Tibagota | chimita uno | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0.01 | 0.21 | 0 | 0.23 |
| 143 | 39510 | El Tobal | el conflicto | Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0.08 | 0 | 0.1 |
| 144 | 39726 | Canica | agua fresca | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.03 |
| 145 | 39729 | Guamal | finca la primavera (san gabriel) | Abastecimiento doméstico | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0 | 0.02 | 0 | 0.03 |
| 146 | 39989 | Guamal | jerico | Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 147 | 39990 | Casa Blanca | san roque | Abastecimiento doméstico | Hogares privados con servicios domesticos | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 148 | 39991 | El Tobal | el volcan | Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-----------------|------------------------|---------------------------------------|--|-------|------|------|---|-------|
| 149 | 40107 | Guamal | las nieves | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Ganadería. | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 150 | 40214 | Páramo | lote 2 | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 151 | 40480 | Pantano de Arce | lote 12 la reserva | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 152 | 40535 | Pantano de Arce | el mortiño | Abrevaderos | Cria especializada de ganado vacuno | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 153 | 40721 | Guamal | el recuerdo | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 154 | 40939 | Pantano de Arce | el tunal | Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 155 | 41095 | Altania | lote b | Abastecimiento doméstico | Captación, tratamiento y distribución de agua. | 11.16 | 0 | 0 | 0 | 11.16 |
| 156 | 41335 | Guamal | tres esquinas matepaja | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 157 | 41336 | La Union | san agustin | Abrevaderos | Ganadería. | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 158 | 41654 | Centro | santa ines | Abastecimiento doméstico | Cria especializada de ganado vacuno | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 159 | 41682 | Canica | finca coscojita | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Captacion, depuracion y distribucion de agua | 0.63 | 0.07 | 0 | 0 | 0.7 |
| 160 | 41725 | Centro | lote no. 5 san luis | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Ganadería. | 0 | 0.03 | 0.21 | 0 | 0.24 |
| 161 | 41782 | Galdamez | lote 2 el pencil | Abastecimiento doméstico | Hogares privados con servicios domesticos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-----------------|--------------------------|---|---|------|------|------|---|------|
| 162 | 41783 | Galdamez | el pino | Abastecimiento doméstico | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 163 | 41784 | Pantano de Arce | providencia ii | Abrevaderos | Cria especializada de ganado vacuno | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 164 | 42195 | Galdamez | el jazmin | Abastecimiento doméstico | Actividades de los hogares individuales como empleadores de personal doméstico. | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 165 | 42240 | Guamal | el recreo | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.01 | 0.01 | 0.07 | 0 | 0.09 |
| 166 | 42242 | Galdamez | villa luz | Abastecimiento doméstico | Hogares privados con servicios domesticos | 0.02 | 0 | 0 | 0 | 0.02 |
| 167 | 42245 | Galdamez | el peñon | Abrevaderos | Actividad pecuaria no especializada | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 168 | 42246 | Galdamez | el cucharo lote 24 | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.02 | 0.01 | 0 | 0 | 0.03 |
| 169 | 42266 | Canica | finca la panchita lote 6 | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.12 | 0.01 | 0 | 0.13 |
| 170 | 42271 | Casa Blanca | el triunfo | Abrevaderos | Ganadería. | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 171 | 42318 | Galdamez | el recuerdo | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Actividades de servicios, agrícolas y ganaderos exceptos las actividades veterinarias | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------------|--------------------|--|---|------|------|------|---|------|
| 172 | 42319 | Galdamez | el susca lote 26 | Abastecimient o doméstico, Abrevaderos | Actividad pecuaria no especializada | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 173 | 42322 | Galdamez | el laurel | Abastecimient o doméstico | Actividades de los hogares individuales como empleadores de personal doméstico. | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 174 | 42550 | Guamal | agua bonita | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura | Produccion agricola en unidades no especializadas | 0.01 | 0 | 0.01 | 0 | 0.02 |
| 175 | 42551 | Galdamez | la corona | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 176 | 42552 | Galdamez | la farfalla | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad pecuaria no especializada | 0.02 | 0.01 | 0 | 0 | 0.23 |
| 177 | 42840 | Galdamez | la dalia, la dalia | Abastecimient o doméstico, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 178 | 43281 | Galdamez | el ciruelo | Abastecimient o doméstico, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 179 | 43656 | Los Llanitos | la providencia | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.02 |
| 180 | 43870 | La Pradera | santana | Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 181 | 43874 | La Pradera | san rafael | Abrevaderos | Cria especializada de ganado vacuno | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|------------|-------------------------|-----------------------------------|---|------|------|------|---|------|
| 182 | 43887 | Centro | vista bella | Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.02 | 0.01 | 0 | 0 | 0.03 |
| 183 | 44464 | La Union | el porvenir , la casona | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 184 | 44469 | La Union | villa gabriela | Abastecimiento o doméstico | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de bienes para uso propio. | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 185 | 44470 | La Pradera | los laureles | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.03 |
| 186 | 44598 | La Union | casa blanca, currucuy | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cultivos agrícolas transitorios. | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 187 | 44601 | La Union | el recuerdo | Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 188 | 44602 | La Union | las margaritas | Abastecimiento o doméstico | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 189 | 44603 | La Union | migajitas | Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 190 | 44664 | Guamal | lote san jorge | Abrevaderos | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de servicios para uso propio. | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 191 | 44665 | Guamal | la helida | Abrevaderos | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-----------------|--------------------------------------|---|---|------|------|------|---|------|
| | | | | | bienes para uso propio. | | | | | |
| 192 | 44666 | Guamal | el cerezo | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.02 |
| 193 | 44667 | Guamal | la reserva | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.02 |
| 194 | 44853 | Tibagota | los sauces (antes finca el diamante) | Abastecimiento o doméstico, Abrevaderos | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 195 | 45114 | Guamal | lote 16 | Abastecimiento o doméstico | Actividades de servicios, agrícolas y ganaderos exceptos las actividades veterinarias | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 196 | 45636 | Pantano de Arce | santa ines | Abastecimiento o doméstico | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 197 | 45675 | Canica Baja | el medio | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0.17 | 0 | 0.18 |
| 198 | 45792 | La Union | el triunfo | Abastecimiento o doméstico | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 199 | 45802 | Galdamez | los pinos | Abastecimiento o doméstico | Actividades de los hogares individuales como empleadores de personal doméstico. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 200 | 45828 | Guamal | pedra colorada | Abastecimiento o doméstico | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0.11 | 0 | 0.13 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|---------------------|------------------------|--|---|------|------|-------|---|-------|
| 201 | 45850 | La Union | bodegas | Abastecimient o doméstico | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 202 | 46285 | Guamal | altamira | Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 203 | 46337 | Guamal | predio palestina | Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 204 | 46338 | Puente de Piedra | la pocholita | Riego y silvicultura | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0 | 0.01 | 0 | 0.01 |
| 205 | 46950 | Rincón Santo | santillana del lago | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 206 | 47504 | Galdame z | las acacias lote 1 | Riego y silvicultura | Cultivo de hortalizas, raíces y tubérculos. | 0 | 0.03 | 0 | 0 | 0.03 |
| 207 | 47972 | Rincón Santo | el triunfo | Abastecimient o doméstico | Actividad mixta (agrícola y pecuaria) | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |
| 208 | 48034 | Guamal | linaza ii | Riego y silvicultura | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0.433 | 0 | 0.443 |
| 209 | 48349 | Altania | loma laguna i | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0 | 0.15 | 0 | 0.15 |
| 210 | 48357 | Guamal | el triangulo | Abastecimient o doméstico | Hogares privados con servicios domesticos | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 211 | 49285 | Galdame z | el nogal | Abrevaderos | Cría de ganado porcino. | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 212 | 49763 | Centro | san isidro | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------------|---|--|--|--------|--------|--------|---|--------|
| 213 | 49813 | Guamal | san kitts | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.05 | 0.02 | 0.02 | 0 | 0.09 |
| 214 | 49981 | Guamal | lote 2 tablanca 1 | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.0002 | 0.0001 | 0.0007 | 0 | 0.001 |
| 215 | 50099 | El Valle | san fruto | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.01 | 0.15 | 0 | 0.16 |
| 216 | 50151 | Guamal | el ático , el recuerdo, los encenillos, santa juana | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.0001 | 0 | 0 | 0 | 0.0001 |
| 217 | 50193 | Guamal | vista hermosa | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 218 | 51110 | Canica Baja | el oasis | Riego y silvicultura | Cultivo de hortalizas, raíces y tubérculos. | 0 | 0 | 0.16 | 0 | 0.16 |
| 219 | 51473 | Galdamez | el triangulo | Abastecimient o doméstico | | 0.0002 | 0 | 0 | 0 | 0.0002 |
| 220 | 51570 | Galdamez | veraguita | Abastecimient o doméstico | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de bienes para uso propio. | 0.0001 | 0 | 0 | 0 | 0.0001 |
| 221 | 51571 | Galdamez | el pino | Abastecimient o doméstico | Actividades no diferenciadas de los hogares | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------------|---|---|--|------|------|------|---|------|
| | | | | | individuales como productores de servicios para uso propio. | | | | | |
| 222 | 52010 | La Pradera | villa nueva de la pradera | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de bienes para uso propio. | 0 | 63 | 2 | 0 | 65 |
| 223 | 52811 | Canica Baja | lote 1 los tunos | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de bienes para uso propio. | 1 | 1 | 3 | 0 | 5 |
| 224 | 53140 | Rincón Santo | lote no. 2 buena vista | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Producción agrícola en unidades no especializadas | 0 | 0 | 0.02 | 0 | 0.02 |
| 225 | 53568 | Rincón Santo | los cerezos | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividades de los hogares individuales como empleadores de personal doméstico. | 0 | 0.02 | 0.51 | 0 | 0.53 |
| 226 | 54889 | Casa Blanca | el recuerdo (actualmente denominado limay). | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de bienes para uso propio. | 0.01 | 0.11 | 0 | 0 | 0.12 |
| 227 | 55201 | Canica Baja | palmira | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0.17 | 0 | 0.18 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------------|------------------------------|---|---|------|------|------|---|------|
| 228 | 55210 | Canica Baja | lote de terreno el capricho. | Riego y silvicultura | Actividades de servicios, agrícolas y ganaderos exceptos las actividades veterinarias | 0 | 0 | 0.06 | 0 | 0.06 |
| 229 | 55367 | Rincón Santo | la campiña | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 0 | 0.07 |
| 230 | 55414 | Tibagota | la cabanga | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.09 | 0.24 | 0 | 0.33 |
| 231 | 55627 | Galdamez | la cima | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 1 | 1 | 16 | 0 | 18 |
| 232 | 55750 | Canica Baja | finca la ilusion | Abrevaderos | Cultivo de frutas tropicales y subtropicales. | 0 | 0 | 0.14 | 0 | 0.14 |
| 233 | 55752 | Canica Baja | finca santa lucia | Riego y silvicultura | Cultivo de frutas tropicales y subtropicales. | 0 | 0 | 0.04 | 0 | 0.04 |
| 234 | 55753 | Canica Baja | los alisos | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 235 | 55754 | Canica Baja | la piedra | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.02 | 0.16 | 0 | 0.18 |
| 236 | 55755 | Canica Baja | la camelia | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0.03 | 0 | 0.04 |
| 237 | 55756 | Canica Baja | el mirador | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0.02 | 0 | 0.03 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------------|---------------------|--|--|--------|--------|--------|---|--------|
| 238 | 55757 | Canica Baja | los laureles | Riego y silvicultura | Cultivo de frutas tropicales y subtropicales. | 0 | 0 | 0.04 | 0 | 0.04 |
| 239 | 55758 | Canica Baja | san antonio | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0.15 | 0 | 0.16 |
| 240 | 55759 | Canica Baja | macanas | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0.05 | 0 | 0.06 |
| 241 | 55760 | Canica Baja | la cabaña | Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.06 | 0 | 0 | 0.06 |
| 242 | 55761 | Canica Baja | san jorge | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.02 | 0.16 | 0 | 0.18 |
| 243 | 56263 | Altania | el triunfo | Abastecimiento o doméstico | | 0.0001 | 0 | 0 | 0 | 0.0001 |
| 244 | 56419 | Altania | la hoya | Abastecimiento o doméstico | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de bienes para uso propio. | 0.012 | 0 | 0 | 0 | 0.012 |
| 245 | 56947 | Canica Baja | lote 3 la danielita | Abastecimiento o doméstico, Riego y silvicultura | Ganadería. | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 | 0 | 0.0004 |
| 246 | 57242 | Páramo | el refugio | Abastecimiento o doméstico, Abrevaderos | | 0.0011 | 0.001 | 0.0019 | 0 | 0.004 |
| 247 | 57284 | Canica | las mercedes | Abastecimiento o doméstico, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 248 | 57384 | Canica Baja | el cigarral | Abastecimiento o doméstico, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.02 | 0.04 | 0 | 0 | 0.06 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------------|--------------------|---|---|--------|--------|--------|---|--------|
| 249 | 58084 | Galdamez | el rosal | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de servicios para uso propio. | 0.0001 | 0.0001 | 0 | 0 | 0.0002 |
| 250 | 58304 | Altania | globo el cajon | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Ganadería. | 0.01 | 0.02 | 0 | 0 | 0.03 |
| 251 | 58492 | Canica Baja | el tunal | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.0001 | 0.0001 | 0.0013 | 0 | 0.0015 |
| 252 | 60873 | La Pradera | raices | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividades de apoyo a la agricultura. | 0.02 | 0.04 | 0.72 | 0 | 0.78 |
| 253 | 61785 | Páramo | manitas la reserva | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | | | | | |
| 254 | 61802 | Páramo | la reforma | Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 255 | 62436 | Centro | el rodeo | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.02 | 0.02 | 0.88 | 0 | 0.92 |
| 256 | 62561 | Canica Baja | el estribo | Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 257 | 62659 | Galdamez | lote 1 santa maria | Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--------------|--------------------|---|---|-------|-------|-------|---|-------|
| 258 | 62660 | Galdamez | agua caliente | Abastecimiento doméstico | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de bienes para uso propio. | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 259 | 62711 | Canica Baja | aposeno | Abastecimiento doméstico, Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0.012 | 0.01 | 0 | 0 | 0.022 |
| 260 | 63533 | Galdamez | Canica Baja | Abastecimiento doméstico | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de servicios para uso propio. | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| 261 | 63534 | Galdamez | lote 2 la victoria | Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 |
| 262 | 63565 | La Union | la cabaña | Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0 | 0.01 | 0.04 | 0 | 0.05 |
| 263 | 64857 | El Valle | bariloche | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Actividades de apoyo a la agricultura. | 0.01 | 0.01 | 0.18 | 0 | 0.2 |
| 264 | 64923 | Rincón Santo | potosí | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.02 | 0.016 | 0.467 | 0 | 0.503 |
| 265 | 64924 | Rincón Santo | el cerezo | Abastecimiento doméstico, Riego y silvicultura, Abrevaderos | Explotación mixta (agrícola y pecuaria). | 0.015 | 0.012 | 0.5 | 0 | 0.527 |

| | | | | | | | | | | |
|------------|-------|--------------|------------------------------------|---|--|--------|-------|--------|---|--------|
| 266 | 65152 | Casa Blanca | potrero relator | Abastecimient o doméstico, Riego y silvicultura | Actividades de apoyo a la agricultura. | 0.0005 | 0 | 0.0029 | 0 | 0.0034 |
| 267 | 65796 | Rincón Santo | sin dirección lote 2 san francisco | Abastecimient o doméstico | Actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de bienes para uso propio. | 0.014 | 0 | 0 | 0 | 0.014 |
| 268 | 69401 | Páramo | el tirol | Abrevaderos | Cría de ganado bovino y bufalino. | 0 | 0.016 | 0 | 0 | 0.016 |

ANEXO D. Calculo de la demanda por sectores económicos

| MUNICIPIO | Demanda Domestica (litro/año) | Demanda Agricola (litro/año) | Demanda Pecuario (litro/año) | Demanda Industrial (litro/año) |
|-------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Bojaca | 2343755520 | 13352610456 | 2557859731 | 110344464 |
| El Rosal | 2350551528 | 13488338246 | 2561707123 | 110344464 |
| Funza | 2192871528 | 13335130051 | 2554706131 | 110344464 |
| Madrid | 2352128328 | 13508521286 | 2563283923 | 110344464 |
| Mosquera | 79921684.8 | 11530324771 | 2277126259 | 0 |
| Subachoque | 2352759048 | 13594929926 | 2567572819 | 110344464 |