

# PROYECTO DE DISTRIBUCIÓN

## Quebrada El Rincón y su área de aferencia



**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL  
DEL VALLE DEL CAUCA**



**Diciembre 2023**

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. ASPECTOS GENERALES</b> .....	3
<b>3. CARACTERIZACIÓN HIDROCLIMATOLÓGICA</b> .....	6
<b>4. OFERTA HÍDRICA</b> .....	14
4.1. Oferta total .....	14
4.2. Caudal ecológico.....	19
4.3. Oferta Disponible .....	19
<b>5. DEMANDA DE AGUA</b> .....	20
5.1. Demanda Doméstica.....	22
5.2. Demanda Pecuaria y Piscícola .....	25
5.3. Demanda para riego.....	26
<b>6. RESULTADOS DEL PROYECTO DE DISTRIBUCIÓN</b> .....	27
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	30

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Localización cuenca del río Arroyohondo</i> .....	3
<i>Figura 2. Localización microcuenca Q. El Rincón y Reserva Forestal Nacional Protectora</i> .....	4
<i>Figura 3. Coberturas - Microcuenca Q. El Rincón</i> .....	6
<i>Figura 4. Localización de estaciones hidroclimatológicas en la zona de estudio</i> .....	7
<i>Figura 5. Representación del comportamiento de la precipitación en la cuenca del río Arroyohondo</i> .....	9
<i>Figura 6. Precipitación media anual (1991-2020)</i> .....	10
<i>Figura 7. Representación del comportamiento de la temperatura media (°C) (1991-2020)</i> .....	11
<i>Figura 8. Evaporación media anual (mm) (1991-2020)</i> .....	12
<i>Figura 9. Evapotranspiración potencial media (mm)</i> .....	13
<i>Figura 10. Comportamiento de la Curva de Duración de Caudales en ríos de alta pendiente</i> .....	16
<i>Figura 11. Tramos o áreas de aferencia – Microcuenca de la Q. El Rincón</i> .....	18

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Cobertura y usos del suelo.....	5
<b>Tabla 2.</b> Precipitación media mensual cuenca del río Arroyohondo (mm) (1991-2020) .....	8
<b>Tabla 3.</b> Resumen del comportamiento de las variables climatológicas en la cuenca del río Arroyohondo. ...	14
<b>Tabla 4.</b> Oferta hídrica en la quebrada El Rincón y áreas de aferencia - Año normal (l/s).....	15
<b>Tabla 5.</b> Oferta hídrica en la quebrada El Rincón y áreas de aferencia - Año húmedo (l/s).....	15
<b>Tabla 6.</b> Oferta hídrica en la quebrada El Rincón y áreas de aferencia - Año seco (l/s).....	15
<b>Tabla 7.</b> Oferta hídrica según % de tiempo de permanencia en la CDC .....	16
<b>Tabla 8.</b> Rendimientos específicos para diferentes probabilidades en la CDC .....	17
<b>Tabla 9.</b> Tramos o áreas de aferencia para la determinación de la oferta .....	17
<b>Tabla 10.</b> Caudal de distribución según % de tiempo de permanencia .....	20
<b>Tabla 11.</b> Módulos de consumo para uso pecuario y piscícola .....	26
<b>Tabla 12.</b> Balance hídrico para la determinación del módulo de consumo para riego .....	27
<b>Tabla 13.</b> Rangos y categorías para la evaluación del Índice del Uso del Agua. ....	28
<b>Tabla 14.</b> Principales resultados del proyecto de distribución .....	29

## **1. INTRODUCCIÓN**

Dentro de las dinámicas de la planificación en el manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos, el Decreto 1541 de 1978, hoy recogido en el Decreto 1076 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible), establece en el artículo 2.2.3.2.13.1 que la Autoridad Ambiental competente reglamentará cuando lo estime conveniente, de oficio o a petición de parte, el aprovechamiento de cualquier corriente o depósito de aguas públicas, así como las derivaciones que beneficien varios predios, para lo cual ésta deberá adelantar un estudio preliminar con el fin de determinar la conveniencia de la reglamentación, teniendo en cuenta el reparto actual, las necesidades de los predios que las utilizan y las de aquellos que puedan aprovecharlas.

La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, en uso de sus funciones, mediante la Resolución 0100 N° 0600-0642 de septiembre 15 de 2021, ordenó la revisión y modificación de lo dispuesto en la Resolución No. 0660.0678 de 2014, considerando lo dispuesto en la formulación del PORH del río Arroyohondo, donde se definió en su componente programático, línea estratégica de la “Gestión de la Demanda de Agua”, llevar a cabo actividades relacionadas con la reglamentación de las corrientes.

Cabe señalar que, si bien se han adelantado, a nivel de la cuenca del río Arroyohondo, los estudios generales relacionados con la reglamentación de la corriente principal y tributarios priorizados; el alcance de este proyecto de reglamentación aborda en concreto la modificación de la reglamentación de la quebrada El Rincón y tributarios priorizados de su área de aferencia.

La quebrada El Rincón y su área de aferencia es de gran importancia en la cuenca del río Arroyohondo por su capacidad reguladora de la oferta hídrica, contrastándose con la fuerte presión que existe sobre sus corrientes, desde donde se abastecen viviendas dispersas y los núcleos de población, a través de varios acueductos rurales. La demanda de agua en esta zona es muy alta, tanto por la población permanente como por la influencia turística, lo cual altera la ocupación y uso del suelo, pese a que ésta se enmarca totalmente en la Reserva Forestal Protectora Nacional (RFPN) Cerro Dapa – Carisucio<sup>1</sup>.

Cabe indicar que la RFPN está en proceso de adoptar su plan de manejo, el cual definirá el modelo de ocupación y de usos del suelo, siendo éste un determinante

---

<sup>1</sup> RFPN Cerro Dapa – Carisucio: Resolución 10 de 1938. Ministerio de Economía Nacional

ambiental, que podrá limitar el otorgamiento de concesiones o la modificación de sus concesiones, de acuerdo con el cumplimiento normativo de dicho Plan de Manejo, así como lo dispuesto en el Plan de Ordenamiento Territorial de Yumbo, la clasificación de las aguas según el PORH de Arroyohondo y la zonificación ambiental de la cuenca, una vez se adopte el POMCA de la subzona hidrográfica 2631, una vez se concluya la consulta previa.

## 2. ASPECTOS GENERALES

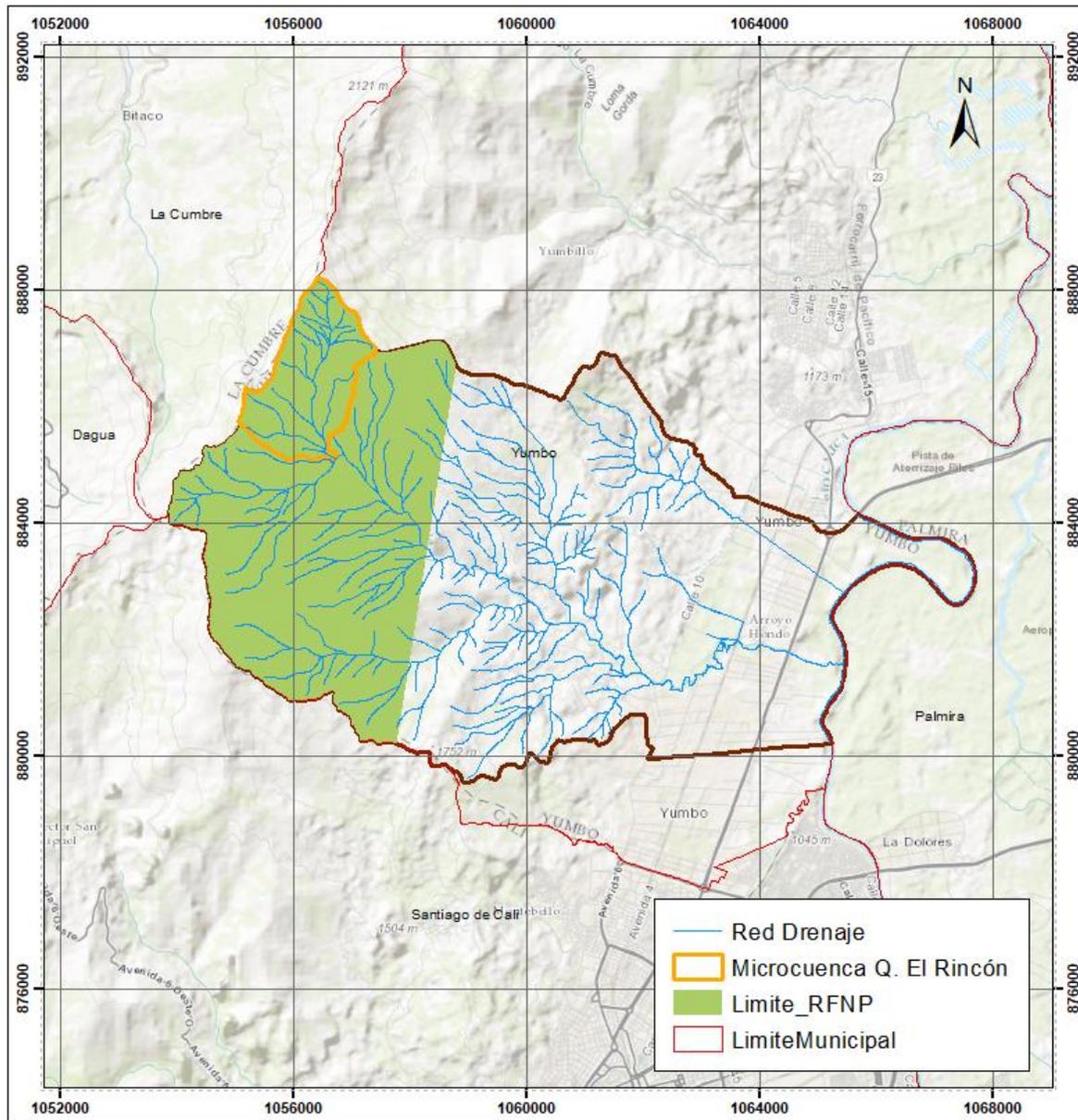
La microcuenca de la quebrada El Rincón (o quebrada Dapa) es un área de gran importancia en la oferta hídrica de la cuenca del río Arroyohondo. Sus aguas discurren por la vertiente oriental de la cordillera occidental en la jurisdicción del municipio de Yumbo y se encuentra comprendida entre los 2200 y 1650 m.s.n.m.



Figura 1. Localización cuenca del río Arroyohondo

*Proyecto de reglamentación general del uso de las aguas de la quebrada El Rincón y su área de aferencia*

La cuenca del río Arroyohondo tiene un área total de 6487,14 has y la microcuenca de la quebrada El Rincón un área de 413 has, lo cual representa el 6% del área de la cuenca. En esta zona a reglamentar se destaca la figura de protección del uso del suelo con la Reserva Forestal Nacional Protectora Cerro Dapa Carisucio – La Elvira. Esta Reserva abarca un área de 2344 has en la cuenca del río Arroyohondo, lo que equivale al 36% de su área; mientras que la microcuenca de la quebrada El Rincón se encuentra totalmente inmersa en ésta.



**Figura 2.** Localización microcuenca Q. El Rincón y Reserva Forestal Nacional Protectora

La RFPN Cerro Dapa Carisucio – La Elvira constituye un ecosistema fundamental para el abastecimiento de gran número de habitantes en la zona rural de la cuenca, donde se reconoce el crecimiento habitacional de los núcleos poblados e incremento en las construcciones de viviendas campestre y parcelaciones, lo que ocasiona una mayor presión sobre el recurso hídrico, fragmentación del bosque y conflictos por el uso del agua.

De acuerdo con la información de coberturas del suelo, actualizada en el año 2016 por la CVC, se tiene que en la microcuenca de la quebrada El Rincón un 55% del área corresponde a cobertura en bosque natural, un 18% corresponde a áreas en parcelaciones, viviendas campestres, zonas suburbanas y tejido urbano, un 6% en bosque natural fragmentado, 5% del área en misceláneo de pastos, cultivos y espacios naturales, un 4% en bosque plantado en pino.

**Tabla 1.** Cobertura y usos del suelo

<b>Coberturas</b>	<b>Area (has)</b>
Bosque de guadua	1,042
Bosque natural	220,474
Bosque natural fragmentado	22,333
Café	1,451
Miscelaneo de pastos-cultivos-espacios naturales	18,960
Pastos	43,162
Bosque plantado (Pino)	18,001
Rastrojo abierto	3,054
Carretera	1,291
Parcelaciones y/o edificaciones campestres	49,542
Zona suburbana	4,109
Zona urbana	16,713

Fuente: Capa de coberturas CVC – actualizada al 2016

En la siguiente figura se muestra la distribución espacial de las coberturas y uso del suelo en la microcuenca de la quebrada El Rincón.

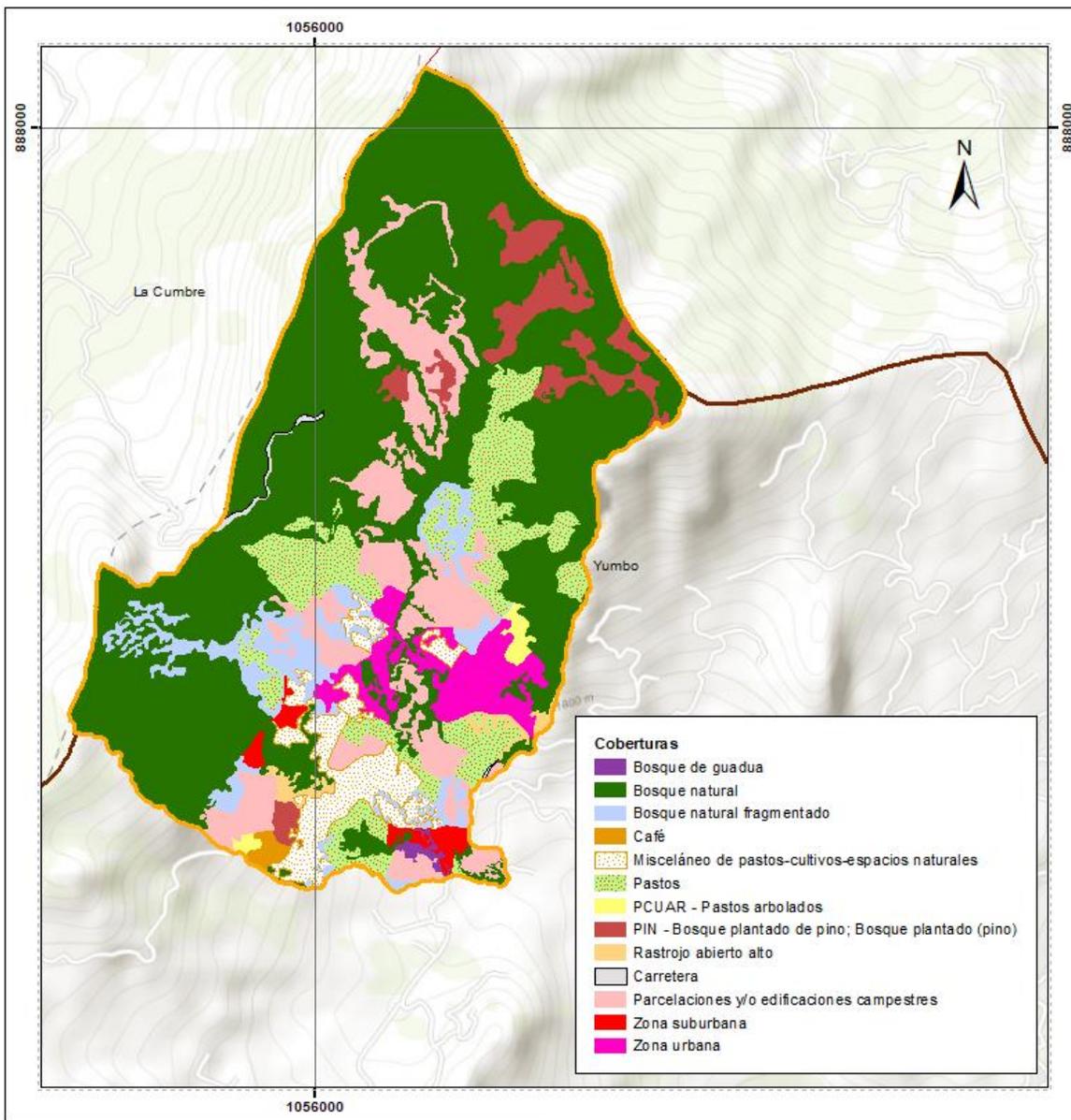


Figura 3. Coberturas - Microcuenca Q. El Rincón

### 3. CARACTERIZACIÓN HIDROCLIMATOLÓGICA

La caracterización hidroclimatológica se llevó a cabo para toda la cuenca del río Arroyohondo, donde se analizó y procesó la información de las variables (temperatura, precipitación, evaporación, humedad relativa y brillo solar) a partir de las estaciones de la región, lo cual permite calcular la oferta hídrica total o natural y la demanda hídrica por parte de los cultivos.

En la siguiente figura se muestra las estaciones hidroclimatológicas ubicadas en la región.

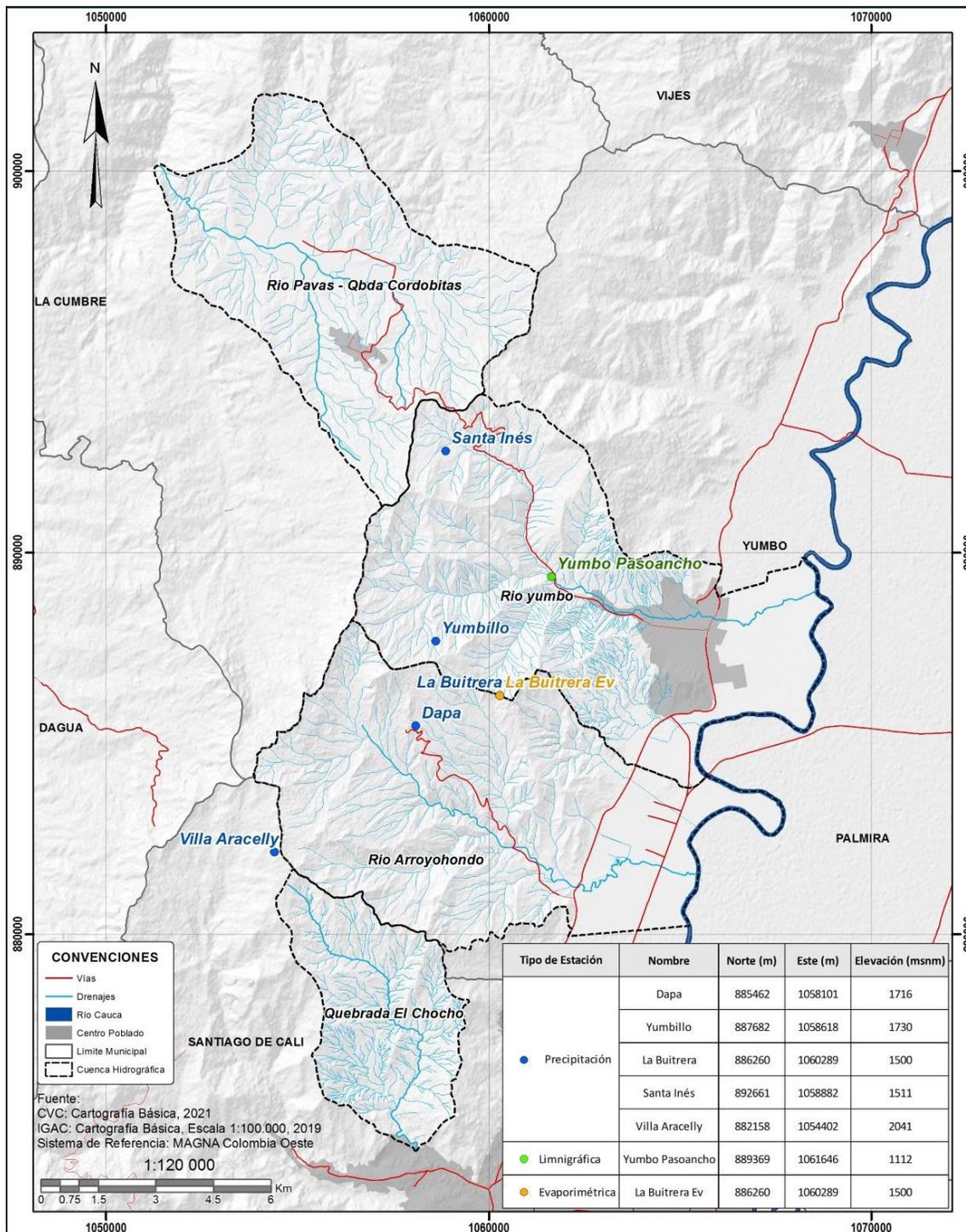


Figura 4. Localización de estaciones hidroclimatológicas en la zona de estudio

## **Precipitación**

La distribución espacial de la precipitación se analizó con la información de las estaciones de la región en un periodo de años (1991-2020). En la figura 5 se identifica un máximo de precipitación de 1300 mm en el noroeste de la cuenca y las menores precipitaciones se evidencian al noreste de la cuenca con valores de 1100 mm.

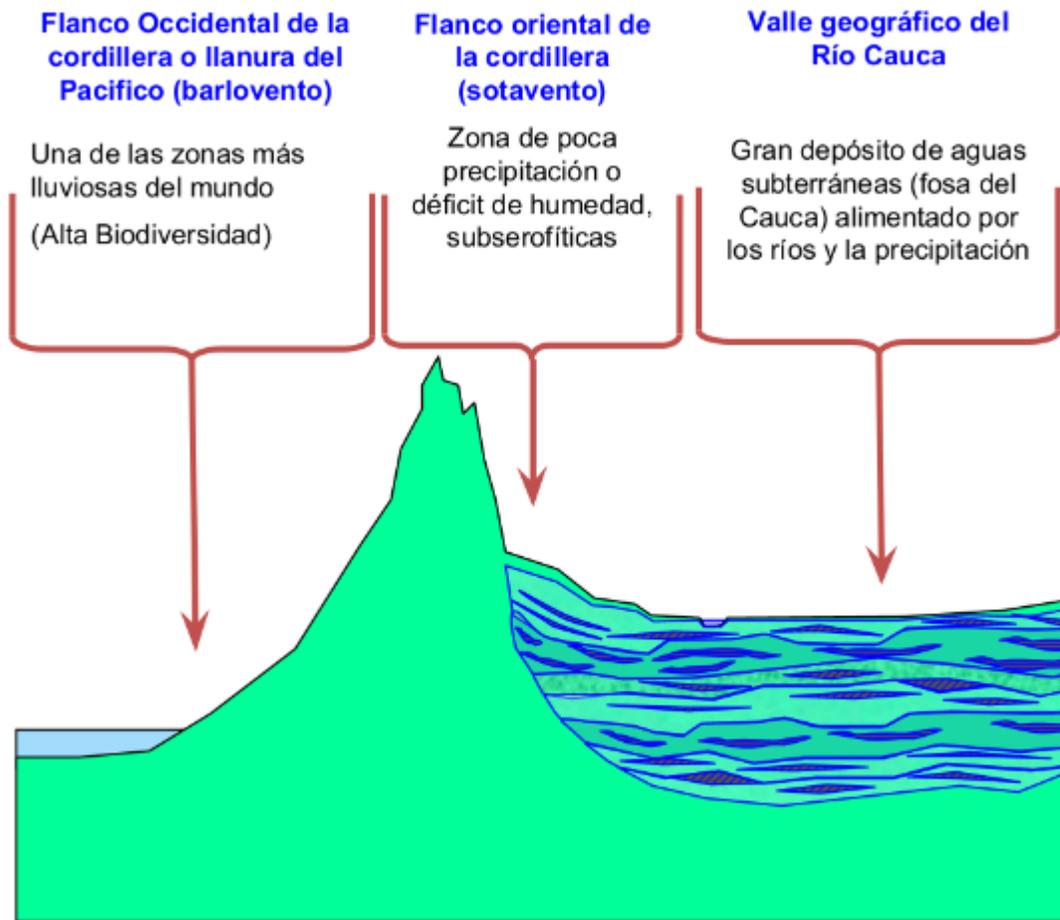
En la siguiente tabla se presenta el resultado de la precipitación media mensual, donde se evidencia un comportamiento bimodal, con épocas de altas precipitaciones en los meses de abril - mayo y octubre - noviembre. Las mayores precipitaciones se registran en el mes de abril, mientras que las menores precipitaciones se registran en el periodo julio – agosto.

**Tabla 2.** Precipitación media mensual cuenca del río Arroyohondo (mm) (1991-2020)

<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ag</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
67,6	71,2	125,1	179,2	140,2	73,8	51,2	47,7	85,6	136,2	141,1	97,1

Cabe señalar que, en la parte alta de la cuenca donde se enmarca la microcuenca de la quebrada El Rincón, existe un aporte a la oferta hídrica que no se cuantifica en los datos de precipitación o lluvia vertical. Este fenómeno se debe a los vientos orográficos que se producen en zonas montañosas, donde los vientos pueden ser forzados a subir sobre las crestas de las montañas y pueden dar lugar a la lluvia horizontal en el lado sotavento de las montañas, donde la cantidad de agua captada está relacionada directamente con la masa boscosa y de ahí la gran importancia que tiene la conservación de los bosques en la zona de la Reserva para garantizar su función ecosistémica y regulación hídrica en la cuenca del río Arroyohondo.

En la siguiente figura se esquematiza el comportamiento general de la precipitación en la cuenca del río Arroyohondo.



**Figura 5.** Representación del comportamiento de la precipitación en la cuenca del río Arroyohondo.

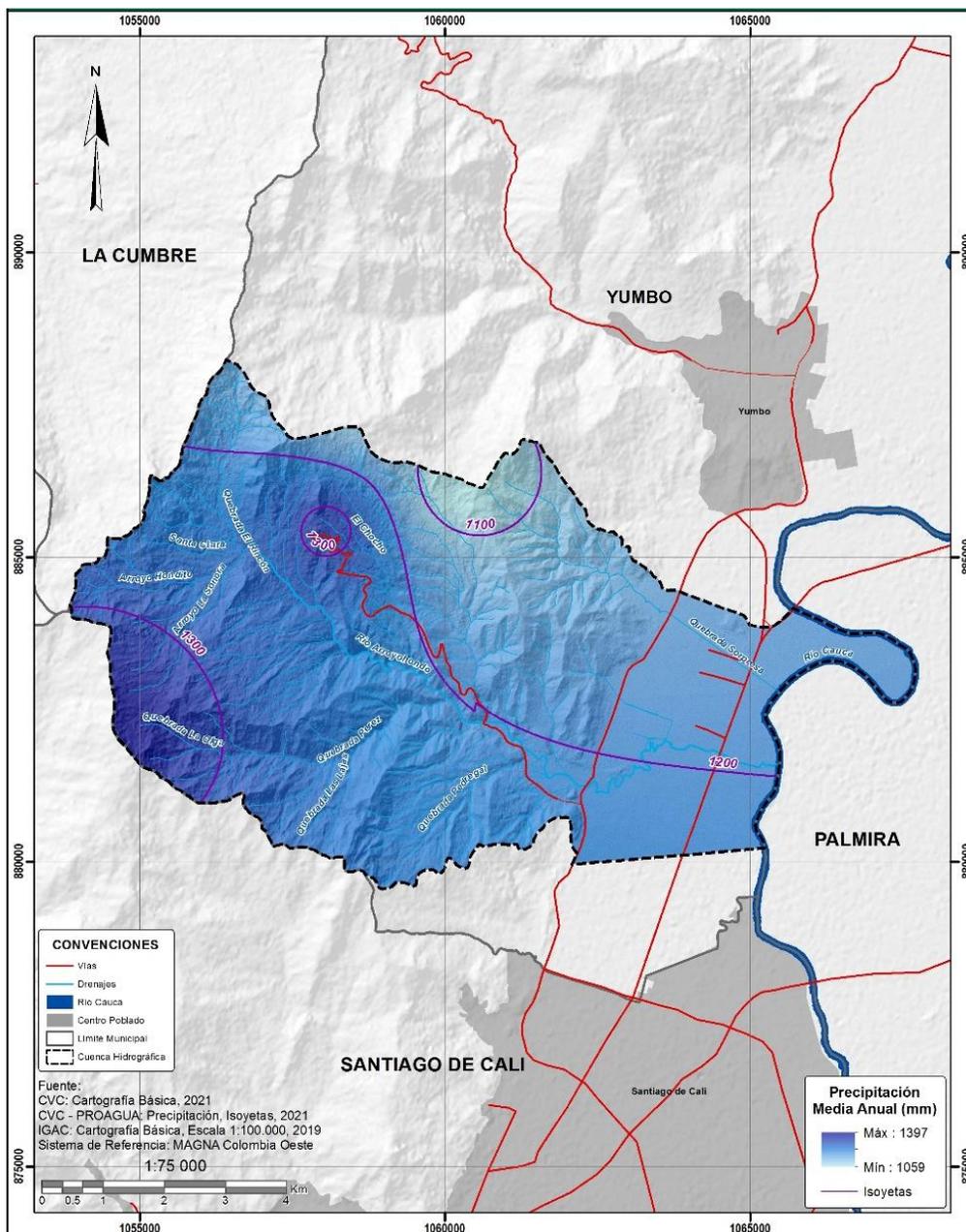
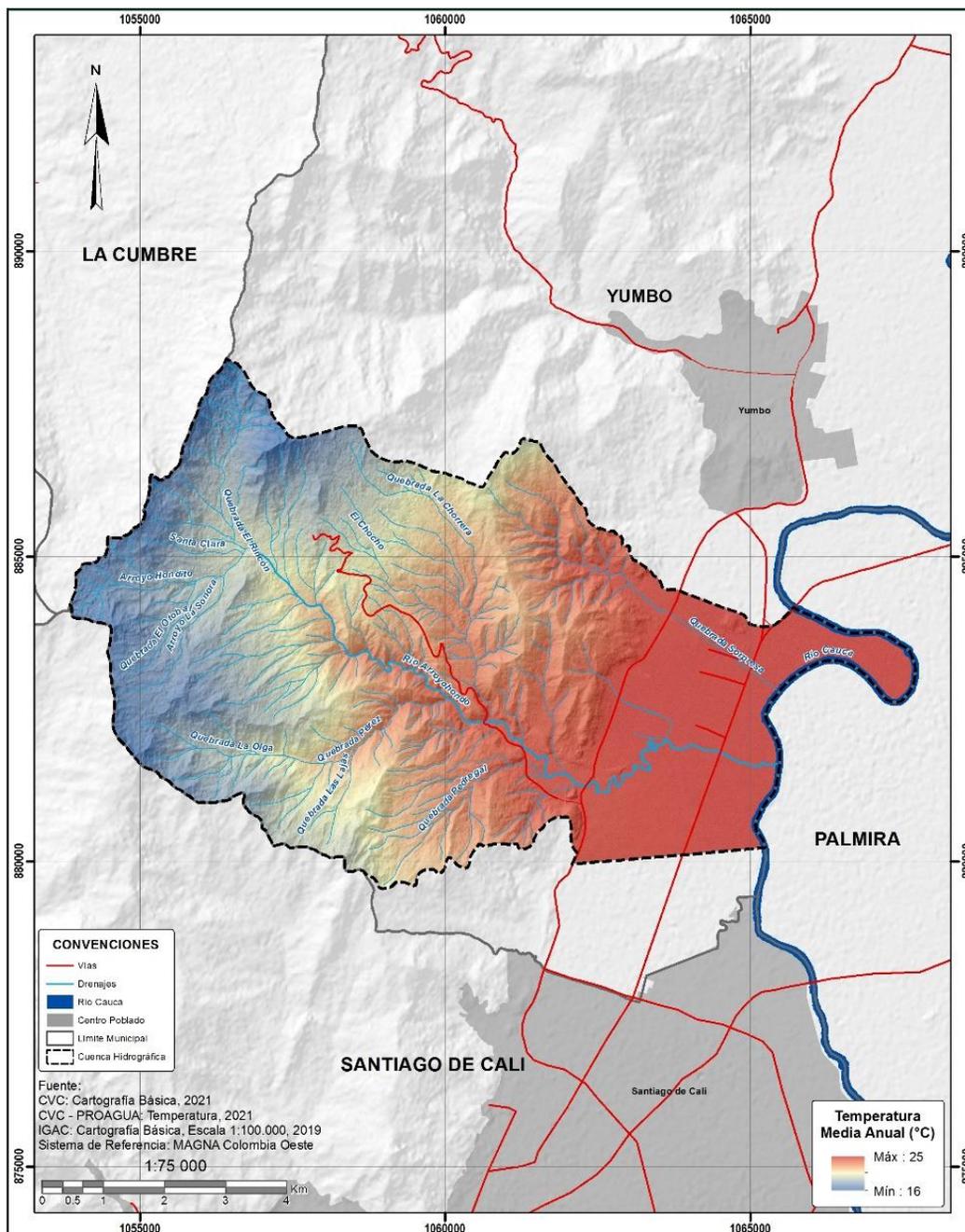


Figura 6. Precipitación media anual (1991-2020)

## Temperatura

El comportamiento espacial de la temperatura media en la cuenca del río Arroyohondo se presenta en la siguiente figura, donde se evidencian temperaturas máximas de 25 °C, principalmente en la parte baja de la cuenca y temperaturas mínimas de 15,8 °C, reportadas en la parte alta.

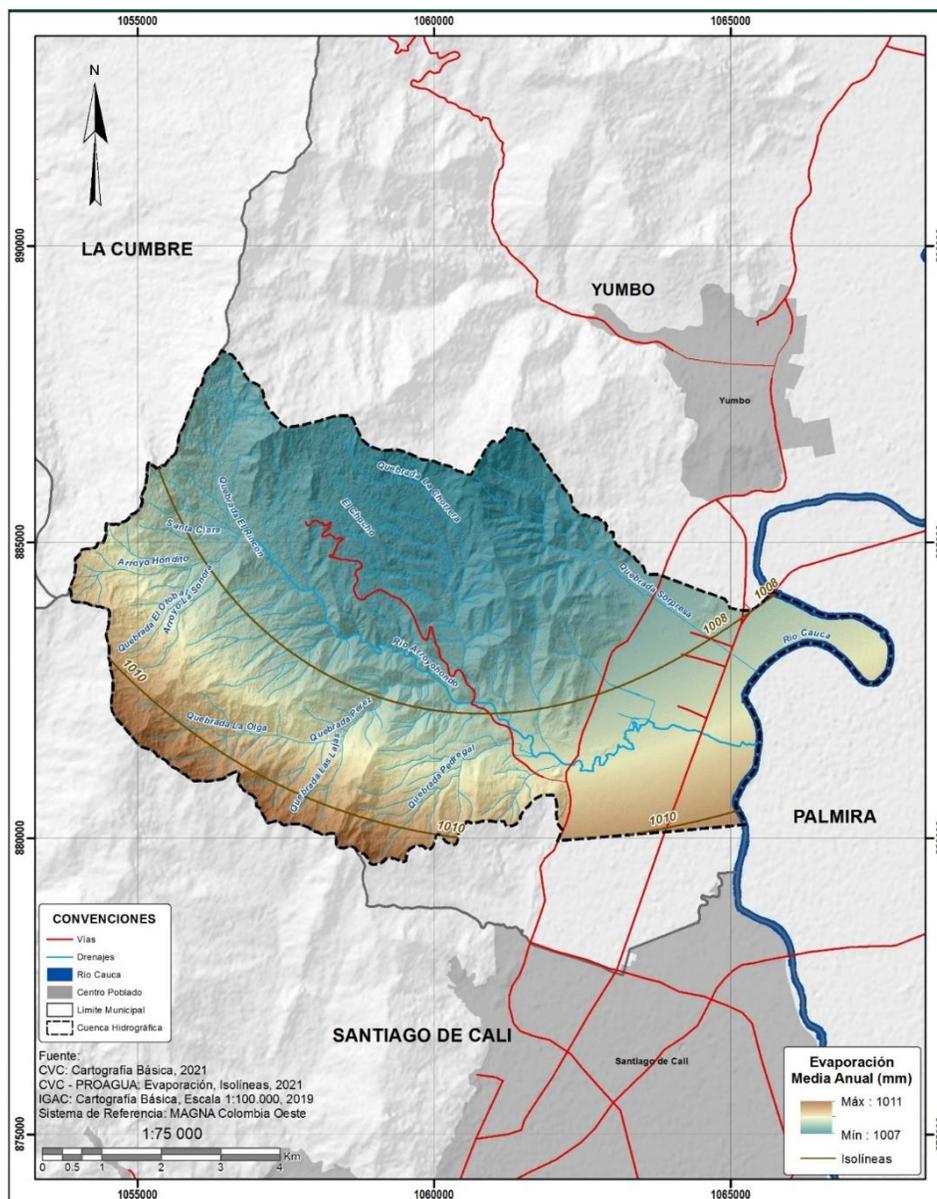


**Figura 7.** Representación del comportamiento de la temperatura media (°C) (1991-2020)

## Evaporación

El comportamiento espacial de la evaporación media anual en la cuenca del río Arroyohondo se muestra en la Figura 8, presentando lo mayores valores en la zona noroeste de la cuenca, con registros de 1011,03mm. Los menores registros de

evaporación se presentan al noreste, en la parte media de la cuenca con valores de 1006,88mm. Es importante destacar que la evaporación en la cuenca del río Arroyohondo presenta un comportamiento espacial homogéneo, ya que los valores máximos y mínimos son muy similares, con diferencias de 4 mm entre el valor máximo y el valor mínimo.

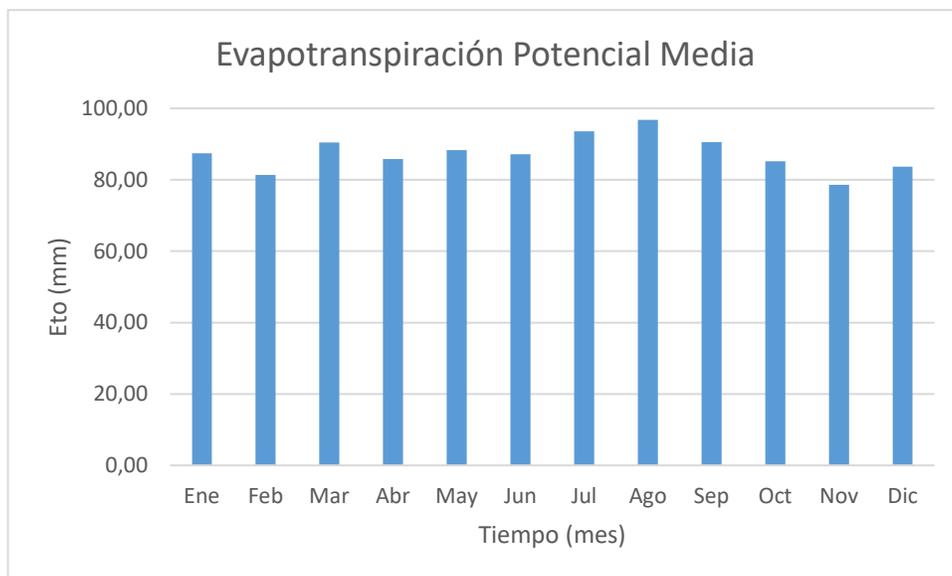


**Figura 8.** Evaporación media anual (mm) (1991-2020)

A partir de la caracterización de las variables de temperatura y evaporación, se estima la evapotranspiración (ET), definida como la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por

evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006). El cálculo de la evapotranspiración potencial media en mm/mes (ET<sub>o</sub>), se desarrolla mediante el método de Thornthwaite.

Los resultados obtenidos evidencian los mayores valores de evapotranspiración potencial en el mes de agosto, con valores de 96,76mm, mientras que el mes de noviembre reporta los menores valores con registros de 78,58 mm.



**Figura 9.** Evapotranspiración potencial media (mm)

La caracterización de las variables de Brillo Solar y Humedad Relativa, se desarrolló a partir de los registros de las estaciones ubicadas en la zona de influencia del área de estudio. Teniendo en cuenta lo anterior, la intensidad de brillo solar en el conjunto de la cuenca del río Arroyohondo oscila entre 3 y 5 horas por día. En este mismo sentido, la humedad relativa presenta valores promedio entre 72,84 %, registrado en la estación Base Aérea Marco Fidel Suarez y 91%, registrado en las estaciones Bosque de Yotoco y La Buitrera.

**Tabla 3.** Resumen del comportamiento de las variables climatológicas en la cuenca del río Arroyohondo.

Resumen - Variables climatológicas													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación (mm)	67,6	71,2	125,12	179,2	140,2	73,76	51,24	47,7	85,64	136,27	141,1	97,07	1216,1
Temperatura (°C)	21,5	21,7	21,68	21,49	21,4	21,59	21,92	22,24	22,01	21,21	20,86	21,13	21,56
Evaporación (mm)	83,08	84,46	87,78	82,25	76,42	75,77	92,25	106,44	95,95	84,52	68,85	70,43	1008,2
Evapotranspiración Potencial (mm)	87,45	81,4	90,47	85,86	88,33	87,18	93,55	96,76	90,59	85,24	78,58	83,69	1049,1
* Brillo Solar (hr)	99,75	103,3	91,34	80,48	71,66	84,22	120,94	131,55	119,81	96,28	70,26	73,24	1142,8
** Humedad Relativa (%)	91,37	91,95	91,57	92,71	92,88	91,93	91,15	91,51	89,94	91,81	92,7	92,96	91,87
* Se toman los datos registrados en la estación La Buitrera													
** Se toman los datos registrados en la estación La Buitrera													

## 4. OFERTA HÍDRICA

### 4.1. Oferta total

Teniendo en cuenta que la cuenca del río Arroyohondo no cuenta con estaciones de medición del caudal, la estimación de la oferta hídrica para la cuenca del río Arroyohondo y sus tributarios priorizados se basó en el método de transposición de caudales, empleando para ello la información de caudales registrados en la estación limnigráfica Yumbo-Pasoancho, ubicada en la cuenca hidrográfica del río Yumbo, empleando un periodo de registro de 23 años, comprendidos entre el año 1998 al 2020.

Cabe señalar que la metodología de trasposición de caudales es un método indirecto ampliamente aplicado a áreas donde no se cuenta con mediciones de caudal, siempre que correspondan a zonas con comportamiento hidrológicamente homogéneo, como es el caso de las cuencas del río Yumbo y Arroyohondo.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para el área de aferencia de la quebrada El Rincón.

Los caudales de oferta se estimaron para los años húmedos, años secos y años normales, según la clasificación del índice ONI. En las siguientes tablas se muestra los resultados obtenidos a nivel mensual para el área de aferencia de la microcuenca de la quebrada El Rincón.

**Tabla 4.** Oferta hídrica en la quebrada El Rincón y áreas de aferencia - Año normal (l/s)

Área	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Punto de cierre Microcuenca Q. El Rincón	28,1	23,2	23,2	21,9	22	27	27,8	28,9	24,3	26,1	26,6	32,9

**Tabla 5.** Oferta hídrica en la quebrada El Rincón y áreas de aferencia - Año húmedo (l/s)

Área	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Punto de cierre Microcuenca Q. El Rincón	38,1	31,5	28,4	27,3	33,8	42,6	37	31,4	33,1	28,8	50,6	48,9

**Tabla 6.** Oferta hídrica en la quebrada El Rincón y áreas de aferencia - Año seco (l/s)

Área	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Punto de cierre Microcuenca Q. El Rincón	15,9	9,9	8,1	8,4	9,6	12,9	18	9,8	9,3	12,4	22	18,4

Con los resultados obtenidos en los diferentes años hidrológicos (normal, húmedo y seco), se puede evidenciar la fuerte influencia de los fenómenos de oscilación del sur, con una oferta hídrica muy reducida en años secos frente a los obtenidos en años hidrológicos normales, lo cual le confiere una mayor vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico. También se evidencia que la tendencia anual de la oferta se mantiene para las diferentes condiciones hidrológicas, ya que las mayores ofertas se reportan en los meses de abril y mayo, mientras que las menores ofertas se reportan entre los meses de agosto y octubre.

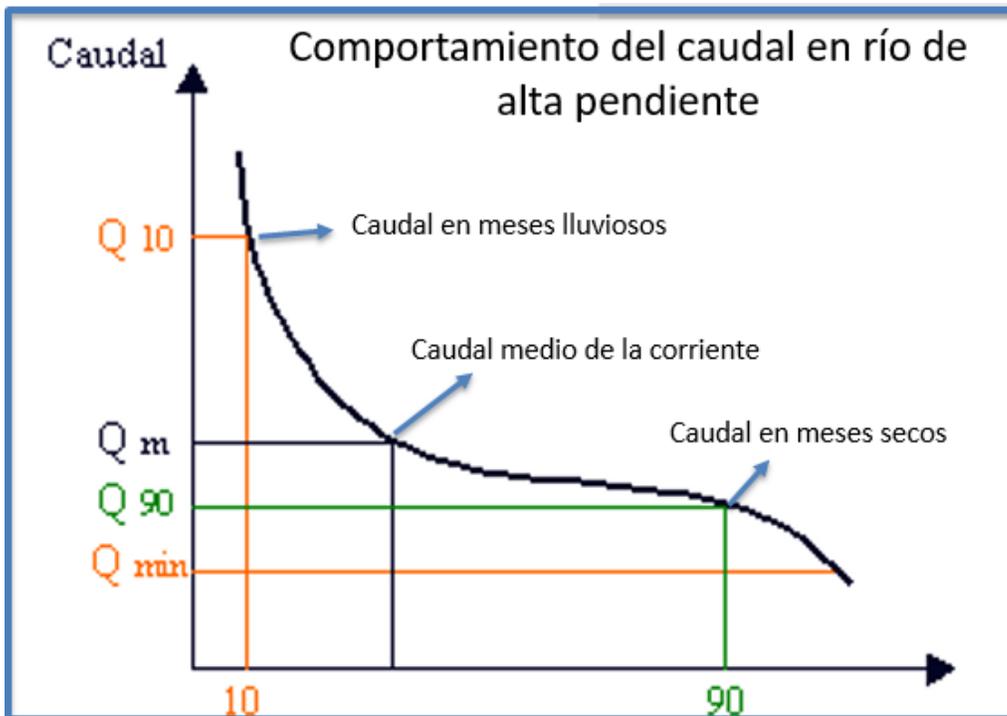
Para efectos de la determinación de la oferta total y su uso en la reglamentación de las corrientes se construyó la Curva de Duración de Caudales (CDC) a partir de la serie de caudales generados para el periodo 1998 – 2020. Esta curva representa la probabilidad de permanencia de un caudal en la corriente o punto de interés.

En la siguiente tabla se muestra la oferta hídrica generada para diferentes % de tiempo de permanencia de caudal en el punto de cierre de la microcuenca de la quebrada El Rincón.

**Tabla 7.** Oferta hídrica según % de tiempo de permanencia en la CDC

Área	% de tiempo Curva de Duracion de Caudales								
	5	10	50	70	75	80	85	90	95
Punto de cierre Microcuenca Q. El Rincón	71,7	53,2	15,8	10,7	9,3	8	7,7	7,6	6,2

Es importante comprender que la oferta hídrica que está presente en una corriente de agua en zonas de alta pendiente, como lo es la zona en estudio, tiene un comportamiento similar al que se muestra en la siguiente figura, donde los mayores caudales se encuentran presentes en un menor porcentaje de probabilidad de permanencia en el tiempo, y coincide con los meses lluviosos o eventos de lluvia; mientras que los caudales bajos se pueden garantizar a lo largo del año, alcanzando el caudal mínimo en los meses secos prolongados.



**Figura 10.** Comportamiento de la Curva de Duración de Caudales en ríos de alta pendiente

En la siguiente tabla se calcula el rendimiento específico (l/s-ha) para los diferentes porcentajes en la Curva de Duración de Caudales.

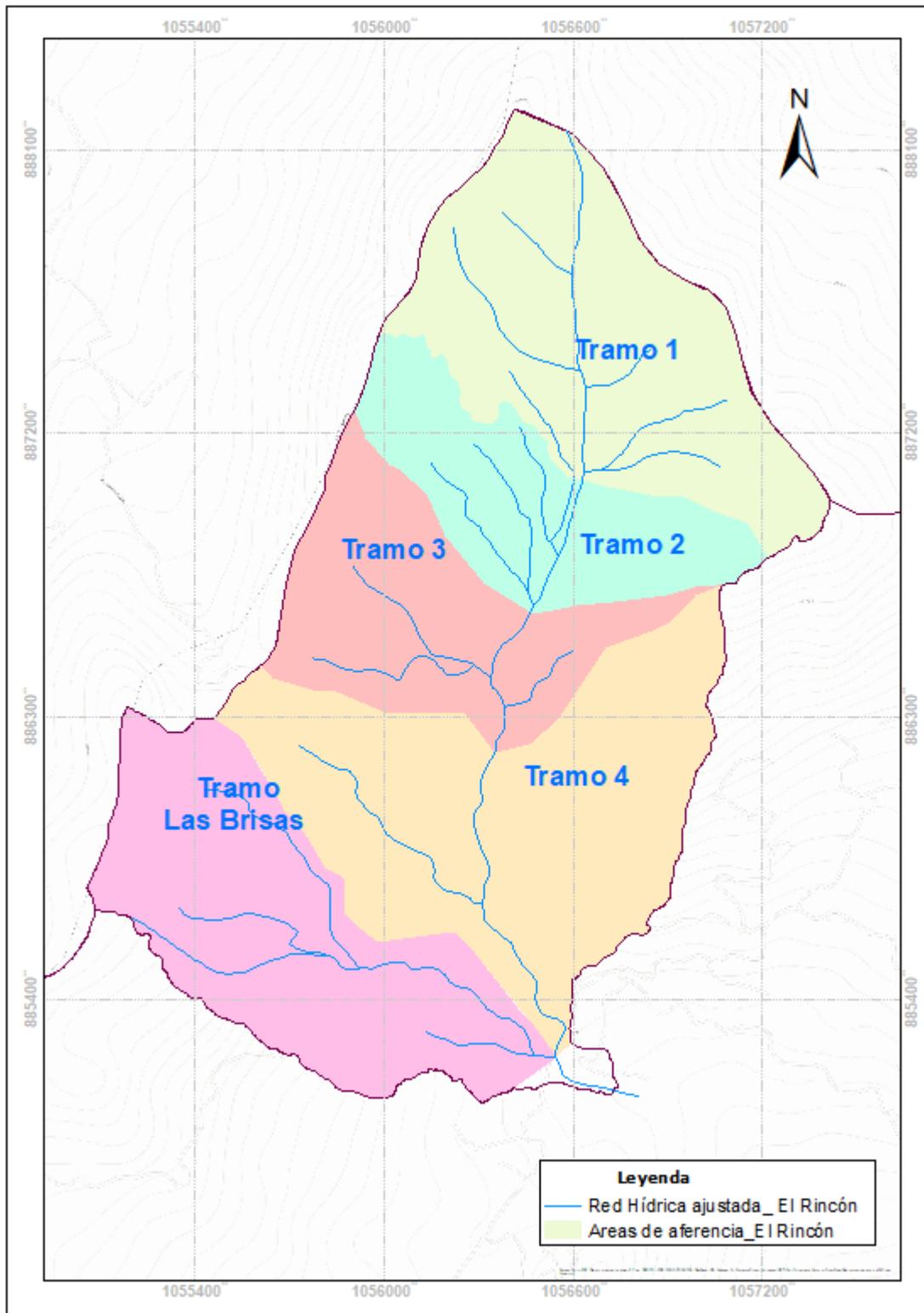
**Tabla 8.** Rendimientos específicos para diferentes probabilidades en la CDC

CDC	% de tiempo Curva de Duracion de Caudales (Q en l/s)								
	5%	10%	50%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
Q (l/s) Microcuenca Q. El Rincón	71,7	53,2	15,8	10,7	9,3	8,0	7,7	7,6	6,2
Rendimiento (l/s-ha)	0,179	0,133	0,039	0,027	0,023	0,020	0,019	0,019	0,015

A partir de los rendimientos específicos se podrá estimar la oferta hídrica en los puntos de interés para efectos de la reglamentación. En la siguiente tabla se muestran los puntos definidos para el cálculo de la oferta.

**Tabla 9.** Tramos o áreas de aferencia para la determinación de la oferta

Qda. El Rincón	<b>Tramo 1-</b> Área de aferencia correspondiente a la parte alta de la microcuenca, incluye los aportes de los tributarios de Los Morales, hasta aguas arriba de la primera derivación sobre la Quebrada El Rincón, correspondiente a la Asociación Dapa Ñunga.
	<b>Tramo 2-</b> Área de aferencia correspondiente a la parte media alta de la microcuenca, incluye los aportes del sector de La Cabaña y la quebrada La Casa Azul, hasta aguas arriba de la derivación de Acuarincón.
	<b>Tramo 3-</b> Área de aferencia correspondiente a la parte media de la microcuenca, incluye los aportes de Horizontes, El Pinar y Palo Alto a la Q. El Rincón.
	<b>Tramo 4-</b> Área de aferencia correspondiente a la parte media baja de la microcuenca, incluye los aportes de El Zanjoncito (también conocido como Bellavista), hasta aguas arriba de la Q. las Brisas.
	<b>Las Brisas</b> – Área de aferencia correspondiente a la quebrada las Brisas.



**Figura 11.** Tramos o áreas de aferencia – Microcuenca de la Q. El Rincón

Cabe señalar que durante el trabajo de campo realizado y para fines de la reglamentación, se procedió a incluir algunas modificaciones a la red hídrica, como es el caso de la quebrada Casa Azul, la cual se encuentra identificada en las planchas cartográficas de la CVC.

#### **4.2. Caudal ecológico**

Teniendo en cuenta el artículo 2.2.3.3.1.3 del decreto 1076 de 2015, el caudal ambiental o caudal ecológico 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 tales ecosistemas.

Para la determinación del caudal ambiental en corrientes hídricas existen aproximadamente 32 desarrollos metodológicos, las cuales se basan en enfoques hidrológicos, hidráulicos, hidrobiológicos, de calidad de agua u holísticos, donde incorporan parte o la totalidad de enfoques mencionados. Por tanto, la aplicación de una u otra metodología dependerá de la disponibilidad de información requerida de cada uno éstos, del enfoque metodológico que se requiera y del propósito.

Para el presente ejercicio, el caudal ecológico se adopta desde el comportamiento hidrológico de la fuente, buscando con ello equiparar el bienestar social y económico, con el de la sostenibilidad de los ecosistemas, en el cual se establece que el valor asociado a esta reserva debe oscilar entre el 10% y el 30% del caudal medio mensual multianual más bajo. Estas consideraciones han sido aplicadas por la CVC en proyectos similares.

Para la microcuenca de la quebrada El Rincón se adopta para el Q ecológico el 10% equivalente a 1,93 l/s.

Una vez determinado el Q ecológico en el punto de cierre de la microcuenca se calcula el rendimiento específico del caudal ecológico en (l/ s-ha), obteniendo un valor de 0,0048 l/s-ha.

#### **4.3. Oferta Disponible**

La oferta disponible para llevar a cabo la distribución entre los usuarios del agua corresponde a la diferencia entre la oferta total y el caudal ecológico. Teniendo en cuenta que la oferta total se desarrolla a partir de la curva de duración de caudales,

de igual forma se estima la oferta disponible, obteniendo caudales para diferentes porcentajes de tiempos de permanencia en el tiempo.

En la siguiente tabla se presenta la oferta disponible para la microcuenca de la quebrada El Rincón en los puntos de interés definidos.

**Tabla 10.** Caudal de distribución según % de tiempo de permanencia

CDC	% de tiempo Curva de Duracion de Caudales (Q en l/s)								
	5%	10%	50%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
Tramo 1	16,21	11,91	3,22	2,04	1,71	1,41	1,34	1,32	0,99
Tramo 2	24,94	18,33	4,96	3,14	2,63	2,17	2,06	2,03	1,53
Tramo 3	35,35	25,98	7,03	4,44	3,73	3,08	2,92	2,87	2,16
Tramo 4	54,48	40,03	10,83	6,85	5,75	4,74	4,51	4,43	3,33
Las Brisas	14,80	10,87	2,94	1,86	1,56	1,29	1,22	1,20	0,91

Como se ha indicado anteriormente, la oferta disponible en cada punto de interés obedecerá al área de aferencia aguas arriba de dicho punto multiplicado por el rendimiento específico en (l/s-ha).

Teniendo en cuenta que la mayor demanda de agua corresponde al consumo humano y doméstico, los acueductos y comunidades organizadas deberían contar en lo posible con una oferta disponible correspondiente al 95% en la CDC, tal como lo indica el RAS. Sin embargo, cuando las demandas existentes son superiores a la oferta con el Q95%, se requerirá adoptar una oferta con menor porcentaje en la CDC.

## 5. DEMANDA DE AGUA

En términos generales, en la cuenca del río Arroyohondo la principal demanda de agua corresponde al consumo humano y doméstico, el cual es abastecido en gran medida por los acueductos y comunidades organizadas.

En la microcuenca de la quebrada El Rincón se resalta la existencia de asentamientos humanos con desarrollo incompleto, tales como el sector El Paraíso, La Carolina y El Rodadero. Así también existe un gran número de viviendas de veraneo con baja ocupación permanente y alta ocupación en fines de semanas y vacaciones. En otros casos se cuenta con predios que desarrollan actividades turísticas, recreacionales y restaurantes, lo cual incide en una demanda de agua con picos los fines de semanas y temporadas vacacionales.

Para la caracterización de la demanda de agua se llevó a cabo un análisis de la información existente en la CVC, correspondiente a los usuarios que cuentan con concesión de agua y se llevó a cabo el censo de usuarios.

El censo de usuarios se llevó a cabo para el conjunto de la cuenca del río Arroyohondo, con un total de 292 encuestas, de las cuales 240 captaciones se localizan al interior de la Reserva Forestal.

Cabe señalar que, durante la etapa de realización de las visitas oculares a los predios para llevar a cabo el censo de usuarios, en varios casos no se encontró el propietario del predio y la persona que atendió la visita (mayordomo y/o agregado) manifestó que no estaba autorizado para dar información ni dejar entrar al predio. En este sentido, la información se complementó a través de los conceptos técnicos y expedientes de la concesión de agua, alcanzando una identificación total de 112 usuarios, en el área de aferencia de la quebrada El Rincón.

En cuanto a las captaciones, un gran número de éstas corresponden a sistemas artesanales, como trinchos que permiten elevar un poco la lámina de agua y derivación del caudal mediante manquera y protección de la entrada de agua con tarros perforados, angeos, trapos, entre otros para disminuir el ingreso de sedimentos y/o material vegetal.



**Foto 1.** Sistemas artesanales de captación de agua (tubo perforado en punta de manguera y canal sobre cauce)

Sobre el cauce principal de la quebrada El Rincón se localizan 5 obras de reparto que permiten derivar el % del caudal asignado a los usuarios del agua. Este mecanismo, aunque modifica la hidrodinámica natural del cauce permite la distribución equitativa entre los usuarios del agua y la preservación del caudal ambiental.

Además de los puntos de captación se identificaron vertimientos directos a la fuente, sin tratamiento previo, como es el caso de las aguas servidas del sector El Rodadero y Las Brisas, donde no se cuenta con sistemas sépticos individuales ni planta de tratamiento colectiva (PTAR).



**Foto 2.** Vertimientos de aguas residuales domésticas del sector EL Rodadero y Las Brisas a la quebrada Las Brisas.

De acuerdo con los usuarios del agua que fueron identificados se procede a valorar la demanda de agua donde se aplica, según el uso, una dotación o módulo de consumo.

### **5.1. Demanda Doméstica**

La demanda de agua para el consumo humano y doméstico en la microcuenca de la quebrada El Rincón considera el requerimiento de agua por parte de acueductos y comunidades organizadas que suministran el agua a los núcleos de población y

viviendas dispersas, además de las necesidades de agua de viviendas dispersas que se abastecen de manera individual.

A continuación se detallan los principios bajo los cuales se estima la demanda doméstica:

- Dotación para suscriptores o usuarios ubicados en núcleos de población: De acuerdo con la Resolución 330 de 2017, para la determinación del caudal medio diario requerido por sistemas de abastecimiento a poblaciones ubicadas entre los 1000 y 2000 m.s.n.m, se aplica una dotación neta máxima de 130 litros por habitante y día y se consideran unas pérdidas técnicas de agua de máximo 25%. Para efectos de realizar la equivalencia entre suscriptor y la dotación neta a asignar, se tendrá en cuenta una ocupación máxima de 4 habitantes por vivienda, como medida para considerar la densificación y ocupación habitacional que se presenta en las viviendas ubicadas en los asentamientos humanos de desarrollo incompleto.

Aplicando la dotación más las pérdidas se asignará un caudal de 0,008 l/s por vivienda o suscriptor, lo que equivale a un volumen mensual de 21 m<sup>3</sup>/mes por suscriptor.

Para suscriptores o usuarios cuya demanda doméstica no corresponda a viviendas unifamiliares, como es el caso de la institución educativa Rosa Azcárate de Peña, abastecida por la Asociación de Usuarios ASUAPAR se aplicará un módulo de 60 litros/estudiante-día.

Cabe señalar que la normatividad establece que la dotación neta debe determinarse haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte del acueducto o el reflejado en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), siempre que éstos sean consistentes. Sin embargo, se aclara que a la fecha no se dispone de información histórica de los acueductos que permitan contar con información de sus suscriptores.

- Dotación para suscriptores o usuarios correspondientes a viviendas dispersas existentes: Para este tipo de suscriptores o usuarios del agua se aplicará un módulo de consumo que incluye, además del consumo humano y doméstico de la vivienda, el requerimiento potencial para actividades productivas de pequeña escala y que son propios de la vida rural. Esto se sustenta en lo dispuesto en la Resolución 844 de 2018 del MINVIVIENDA, la

cual considera un módulo máximo de 200 lt/hab-día y unas pérdidas máximas del 25%.

Aplicando la dotación más las pérdidas se asignará un caudal de 0,012 l/s por vivienda o suscriptor, lo que equivale a un volumen mensual de 31 m<sup>3</sup>/mes por suscriptor.

Sin embargo, cabe señalar que las actividades productivas que se desarrollen en los predios rurales, deberán estar acordes con la normatividad ambiental que le aplique, incluyendo POMCA, POT y según los usos permitidos en el Plan de Manejo de la Reserva, una vez éste se adopte.

En el caso de las viviendas que no desarrollan actividades productivas se aplicará el módulo de 130 l/hab-día más las pérdidas admisibles del 25%.

Así también se atenderá En tanto se adopta el plan de manejo de la reserva y atendiendo las decisiones acordadas con el MADS en los espacios de reunión y las directrices impartidas en el marco del seguimiento a la sentencia 76001-23-33-000-2015-00458-01 del 06 de septiembre de 2018 del Consejo de Estado, en la zona de Reserva del municipio de Yumbo, únicamente se pueden otorgar licencias de reconstrucción o reforzamiento estructural, tramitando previamente el concepto ante la oficina de riesgos del municipio y previo concepto de la Autoridad Ambiental.

En cualquier caso, el otorgamiento de las concesiones deberá considerar los respetar aquellos elementos protegidos por normas regionales o nacionales y que hacen parte de determinantes ambientales incorporadas en instrumentos de planificación como POMCAS y POT (ejemplo: áreas forestales protectoras o zonas de riesgo no mitigable entre otros).

En el caso de usuarios preexistentes con actividades correspondientes a establecimientos turísticos, alojamientos rurales, restaurantes o similares, donde no aplica el módulo de consumo doméstico, establecido para la atención de las viviendas familiares, se aplicarán las siguientes dotaciones netas:

- Alojamientos turísticos: 250 l/persona-día
- Restaurantes: 4 l/comida-día
- Viveros: 2 l/m2-día

Cabe señalar que la asignación del caudal para este tipo de usos, sólo aplica para usuarios preexistentes, mientras que, para usuarios nuevos el otorgamiento de la concesión estará condicionado según lo dispuesto en los artículos 2.2.3.2.7.6. (Orden de prioridades para otorgar concesiones), artículo 2.2.3.2.7.8 (Prioridad del

uso doméstico) del Decreto 1076 del 2015, así como por el caudal disponible y la zonificación y restricciones que se establezcan en el Plan de Manejo de la Reserva, una vez se adopte.

Para el caso de usuarios ya existentes y que cuentan con concesión de agua con un caudal superior a los 0,012 l/s, se aplicarán los módulos que se establezcan para el uso requerido, de acuerdo con la disponibilidad del recurso, sin perjuicio de los usuarios aguas abajo con demandas para el consumo humano y doméstico.

Para nuevos usuarios el otorgamiento de la concesión de agua para otros usos diferentes al uso doméstico dependerá de la disponibilidad hídrica en el punto de captación y sin perjuicio de los usuarios ubicados aguas abajo; además de la verificación del cumplimiento del uso del suelo, según las restricciones que le apliquen.

En este sentido y reconociendo los antecedentes de conflictos por el uso del agua y desabastecimiento a la población en épocas secas prolongadas, los usuarios que tienen demandas de agua superiores a 0,012 l/s deberán incorporar acciones concretas y eficaces que permitan reducir la presión sobre la oferta hídrica en los meses secos y reduzcan el riesgo de desabastecimiento para el desarrollo de su actividad productiva. Dichas medidas deberán verse reflejadas en los respectivos programas de uso eficiente y ahorro del agua, las cuales estarán sujetas a seguimiento como parte integral de la concesión de agua.

## **5.2. Demanda Pecuaria y Piscícola**

Para usuarios existentes que cuentan con concesión de agua y cuya demanda incluya actividades pecuarias o piscícolas y esta supere el caudal equivalente a 0,012 l/s, se aplicarán los siguientes módulos de consumo.

**Tabla 11.** Módulos de consumo para uso pecuario y piscícola

USOS	DOTACIÓN
Avícola	0,25 litros/día por animal
Bovino y Equino	50 litros/día por animal
Porcino	15 litros/día por animal
Piscícola (caudal de reposición)	0,00039 l/s – m <sup>2</sup>

Como ya se ha mencionado, la asignación del caudal para estos usos dependerá de la disponibilidad hídrica sin perjuicio del uso prioritario correspondiente al uso doméstico y según cumplimiento normativo sobre uso del suelo.

### 5.3. Demanda para riego

Para usuarios que ya cuentan con concesión de agua para el riego de cultivos, se asignará un caudal según los resultados obtenidos del balance hídrico, donde se determinó el valor de la precipitación media mensual (Ppt), la evaporación media mensual y la evapotranspiración media mensual (ETo), a partir de los datos históricos de las variables medidas en las estaciones hidrometeorológicas ubicadas en la zona de influencia de la cuenca del río Arroyohondo.

De acuerdo con el censo de usuarios los cultivos de mayor extensión en la zona de la quebrada El Rincón corresponde a huertas, aromáticas y algunos frutales, los cuales no requieren de riego o muy puntualmente en épocas secas prolongadas.

Tomando como valor máximo para el coeficiente del cultivo (Kc) de 1,15 para el periodo de mayor demanda en el cultivo de aromáticas (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006), se obtienen los siguientes resultados.

**Tabla 12.** Balance hídrico para la determinación del módulo de consumo para riego

Variable /Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación Media (mm)	67,6	71,2	125	179	140	73,8	51,2	47,7	85,6	136	141	97,1
EVT Potencial Media (mm)	87,5	81,4	90,5	85,9	88,3	87,2	93,6	96,8	90,6	85,2	78,6	83,7
Ev real (Kc max. 1,15)	101	93,6	104	98,7	102	100	108	111	104	98	90,4	96,2
$\Delta$	-33	-22	21,1	80,5	38,6	-26,5	-56,3	-63,6	-18,5	38,2	50,7	0,83
Almacenamiento	56,8	34,4	55,5	100	100	73,5	17,2	0	0	38,2	89	89,8
DEFICIT								-46,4	-18,5			

De acuerdo con los resultados obtenidos de las variables hidroclimatológicas analizadas, se evidencia un mayor déficit en el mes de agosto con un requerimiento de riego de 46,41 mm, equivalentes a 464,1 metros cúbicos por ha, para lo cual se requiere un módulo de riego de 0,30 l/s – ha, considerando una eficiencia global del 60%.

## 6. RESULTADOS DEL PROYECTO DE DISTRIBUCIÓN

Los resultados del proyecto de distribución de caudales para la reglamentación del uso de las aguas de la quebrada El Rincón y su área de aferencia, se obtienen a partir del balance oferta - demanda, donde se consideró para las demandas la información censada, así como la disponible en los expedientes de concesión de aguas de la CVC y la aplicación de los módulos de consumo o dotaciones y criterios establecidos en el capítulo anterior.

Las demandas de agua se estiman para cada tramo específico y la demanda acumulada contiene las demandas totales aguas arriba del punto de cierre de cada Tramo.

La oferta total se obtiene a partir de los rendimientos específicos según el % de permanencia en el tiempo que se requiere adoptar en la CDC con el fin de cubrir las demandas de agua existentes. La oferta total acumulada corresponderá al rendimiento específico para el %CDC definido y multiplicado por el área de aferencia aguas arriba del punto de cierre de cada. Así, la oferta disponible o caudal de distribución equivale en cada caso a la oferta total menos el caudal ecológico calculado igualmente para el área de aferencia aguas arriba del punto de cierre de cada uno de los tramos.

Por otra parte, tomando en cuenta que uno de los objetivos principales de una reglamentación es realizar una distribución de caudales equilibrada que permita hacer un buen uso del recurso hídrico superficial y asegurar su sostenibilidad en el tiempo dentro de la unidad hidrográfica en estudio, se incluyó en el análisis el Índice del uso del Agua (IUA) como indicador de la presión que tiene el recurso hídrico superficial.

El IUA relaciona la demanda hídrica y la oferta disponible o caudal de distribución, o sea que ya se ha descontado el caudal ecológico de la oferta total.

El IUA se estima aplicando la siguiente ecuación..

$$I_{UA} = \left( \frac{D_H}{O_H} \right) * 100$$

Dónde:

$I_{UA}$  = Índice del Uso del Agua (%).

$D_H$  = Demanda hídrica (caudal o volumen).

$O_H$  = Oferta hídrica disponible (caudal o volumen).

A partir del IUA estimado, se categoriza el estado de la presión sobre el recurso hídrico, de acuerdo a la clasificación relacionada en la Tabla 13.

**Tabla 13.** Rangos y categorías para la evaluación del Índice del Uso del Agua.

Rango (%)	Categoría IUA	Interpretación
>50	<b>MUY ALTO</b>	La presión de la demanda es muy alta respecto a la oferta disponible.
20.01 – 50	<b>ALTO</b>	La presión de la demanda es alta respecto a la oferta disponible.
10.01 – 20	<b>MEDIO</b>	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible.
1 – 10	<b>BAJO</b>	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible.
<1	<b>MUY BAJO</b>	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible.

Fuente: adaptado de IDEAM, 2010.

En la siguiente tabla se presentan los principales resultados obtenidos en la reglamentación de la quebrada El Rincón y su área de aferencia.

**Tabla 14.** Principales resultados del proyecto de distribución

AREAS DE AFERENCIA	% CDC	OFERTA TOTAL ACUMULADA (l/s)	CAUDAL ECOLÓGICO ACUMULADO (l/s)	OFERTA DISPONIBLE (l/s)	DEMANDA POR TRAMO (l/s)	DEMANDA ACUMULADA (l/s)	IUA
Tramo 1	95%	1,441	0,448	0,992	0,253	0,253	25%
Tramo 2	50%	5,649	0,690	4,959	3,771	4,023	81%
Tramo 3	50%	8,006	0,978	7,028	2,767	6,791	97%
Tramo 4	60%	8,478	1,507	6,971	0,136	6,927	99%
Las Brisas	70%	2,270	0,409	1,860	1,799	1,799	97%
<b>TOTAL</b>	<b>70%</b>	<b>10,700</b>	<b>1,930</b>	<b>8,770</b>	<b>8,725</b>	<b>8,725</b>	<b>99%</b>

Los resultados obtenidos evidencian que la demanda de agua es muy alta respecto a la oferta disponible, excepto en el Tramo 1, donde sólo se identificaron las captaciones para la Parcelación Los Morales, para el resto de tramos se alcanza un IUA mayor del 50% correspondiente a una categoría de “Muy Alto”. Esto contrasta con el desabastecimiento que se presenta en épocas secas, ya que la oferta considerada para atender las demandas existentes, corresponde a una probabilidad de permanencia en el tiempo del 70%, o menos, en la curva de duración de caudales. Se resalta que el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) indica que para el abastecimiento a la población se debe contar con una oferta con un 95% en la CDC.

Los resultados corroboran las evidenciadas en la zona a reglamentar, así como las objeciones y preocupaciones presentadas por los usuarios en los diferentes espacios de participación, entre las que se destacan:

- Crecimiento habitacional
- Usos del suelo incompatibles con las funciones ecosistémicas de una Reserva Forestal Protectora
- Reducción significativa de la oferta hídrica en épocas de verano
- Alta incidencia de la población flotante con incremento en las demandas de agua para atención de establecimientos turísticos y comerciales, incrementando el desabastecimiento de la población permanente.

Considerando los objetivos de una reglamentación de corrientes, la normatividad asociada a la priorización de usos del agua y su otorgamiento, además de las restricciones que existen en la zona de la reserva en el marco de la sentencia 76001-

23-33-000-2015-00458-01 del 06 de septiembre de 2018 del Consejo de Estado, se asumen los siguientes criterios para una mejor distribución de la oferta disponible:

- Asignar el caudal según los módulos de consumo establecidos en el Capítulo 5, limitando a un máximo de 200 l/hab\*día más un 25% de pérdidas para sistemas de abasto y captaciones individuales, cuando existan actividades productivas de pequeña escala para el sustento de las familias. Las actividades productivas en los predios rurales deberán estar acordes a los usos del suelo que sean permisibles en la zona de la reserva.
- Para las viviendas existentes y que se encuentran ubicadas en núcleos poblados se aplicará un módulo de 130 l/hab\*día más las pérdidas admisibles del 25%, considerando un promedio de 4 personas por vivienda.
- Los usuarios existentes con captaciones individuales y que ya cuentan con concesión de agua para usos distintos al consumo humano y doméstico, se aplicarán los módulos establecidos en el Capítulo 5. Para otros usos del agua diferentes a los módulos establecidos en esta reglamentación se aplicarán las dotaciones o módulos que la autoridad ambiental haya considerado en otros casos similares ó según información secundaria confiable.
- En todos los casos, la cantidad de agua a asignar para otros usos diferentes al consumo humano y doméstico dependerá de la disponibilidad hídrica, dando prioridad al consumo humano y doméstico y siempre que se verifique que no existe afectación aguas abajo, ni se supere un IUA del 100%.
- A partir de un valor de IUA del 80% se considera como alerta de agotamiento en el sitio o tramo evaluado. En este sentido, se dará prioridad al otorgamiento de concesiones para uso consumo humano y doméstico, hasta alcanzar un IUA del 100%.
- En aquellos casos que algún usuario no haya sido incluido en el cuadro de distribución, deberá sustentar su preexistencia y dar cumplimiento a lo establecido en el marco de la sentencia 76001-23-33-000-2015-00458-01 en la Reserva, así como las demás normas que le apliquen.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El área de aferencia de la quebrada El Rincón si bien cuenta con un alto potencial hídrico, la disponibilidad en cantidad y calidad suficientes para suplir las demandas

de agua existentes, se está viendo muy amenazada por acciones antrópicas, donde se puede identificar como principales problemáticas las siguientes:

- Pérdida de masa boscosa y de coberturas naturales: estos elementos son esenciales, fundamentales para la regulación hídrica.
- Alto crecimiento de demandas domésticas para la atención de población fija y flotante, con el desarrollo de actividades como restaurantes y alojamientos turísticos que incrementan la presión sobre el recurso hídrico.
- Atomización e incremento de las captaciones individuales desde las partes altas de la cuenca que limitan el aporte de los nacimientos y pequeñas fuentes a la conformación de los caudales en las corrientes principales.
- Los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano no cuentan con personal capacitado para las labores que garanticen un adecuado funcionamiento. No se cuenta con información veraz sobre el servicio que prestan. En términos generales, no disponen de un censo de usuarios actualizado ni catastro de redes. No se cuenta con el registro periódico de la cantidad de agua captada y facturada.
- Existe una queja por parte de la comunidad sobre los elevados costos para obtener una suscripción a los prestadores del servicio, lo cual limita el uso eficiente del agua y se promueve las captaciones individuales y en muchos casos ilegales.
- Limitada infraestructura de almacenamiento tanto en los sistemas colectivos de aprovechamiento como a nivel predial.
- Crecimiento descontrolado de asentamientos humanos con desarrollo incompleto, con descargas directas a las fuentes, limitando la calidad y su uso aguas abajo. Sólo se conoce la PTAR en el sector La Carolina pero esta ya no tiene la capacidad suficiente. (PSMV Dapa, 2016).

Junto con el otorgamiento de las concesiones de agua como efecto de la adopción de la presente reglamentación, la Dirección Ambiental Regional, exigirá acorde a la normatividad vigente, la presentación de los Programas de Uso Eficiente y Ahorro del Agua, donde se espera al corto plazo contar con la implementación de los sistemas de medición y su respectivo registro, de tal manera que se consolide una línea base sobre el consumo de agua en esta localidad y a partir de esta y en coordinación con entes territoriales y tomadores de decisión, formular estrategias y proyectos que permitan una mejor gestión del agua en la cuenca.

Se espera que con la adopción del Plan de Manejo de la Reserva Forestal Dapa-Carisucio y La Elvira y el POT de Yumbo, así como el cumplimiento a lo establecido en el marco de la sentencia 76001-23-33-000-2015-00458-01 del 06 en la zona de la Reserva, se de inicio a un proceso de recuperación y limitación del deterioro ecosistémico y se pueda mejorar su función ecosistémica como un área estratégica para la regulación de la oferta hídrica.

Dada la configuración dispersa de un gran numero de captaciones que se ubican en el territorio, desde la parte alta de la cuenca, la oferta hídrica natural en las respectivas áreas de aferencia y tributarios priorizados corresponde a estimaciones indirectas. Sin embargo, los resultados obtenidos permitieron reflejar en gran medida la realidad que se presenta en el territorio. En todo caso y según se acordó en los talleres llevados a cabo entre la Autoridad Ambiental y la comunidad interesada, se llevará a cabo 2 campañas anuales de medición en sitios estratégicos, durante los periodos secos del año. Así también se valorará la posibilidad de implementar secciones calibradas que permitan la medición de los caudales disponibles por parte de la comunidad interesada.

Si bien el área de aferencia de la quebrada El Rincón se encuentran los acueductos rurales ASUACAROL, ASUAPAR, ACUARINCON, Acueducto Las Brisas, la Asociación de Usuarios de La Vega – Parte Alta y la comunidad organizada DAPA ÑUNGA, se debe aunar esfuerzos interintitucionales que permitan la conformación de otras comunidades organizadas que reduzcan el número de captaciones individuales y conformen captaciones colectivas con sistemas de tratamiento y capacidad de almacenamiento que permita regular y mejorar las garantías de abastecimiento en el sector.