

**ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS
QUEBRADAS CHORRO BOLILLOS Y LACHAS
MUNICIPIO DE FILANDIA, DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO**

**ENMARCADO EN EL PROYECTO
“PENSEMOS EN EL FUTURO, AHORREMOS AGUA”**

Presentado a:

**LINA MARIA GALLEGO ECHEVERRY
Profesional Especializado
Subdirección de Gestión Ambiental
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL QUINDÍO**

Preparó:

**JOHANA PÉREZ CARREÑO
Ingeniera Civil
Especialista en Ingeniería Hidráulica y Ambiental**



Armenia, Junio de 2015

Tabla de contenido

1. INTRODUCCION	3
2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	4
2.1 LOCALIZACIÓN	4
2.2 CLIMATOLOGÍA	5
2.2.1 <i>Temperatura</i>	5
2.2.2 <i>Precipitación</i>	5
2.2.3 <i>Brillo Solar</i>	6
2.3 HIDROGRAFÍA	7
2.3.1 <i>Quebrada Chorro Bolillos</i>	7
2.3.2 <i>Quebrada Lacha</i>	9
2.4 DEMANDA DE AGUA SUPERFICIAL	12
3. OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA	14
3.1 RELACIÓN LLUVIA-ESCORRENTÍA	14
3.1.1 <i>Análisis de la información de precipitación</i>	14
3.1.2 <i>Pérdidas hidrológicas</i>	15
3.1.3 <i>Número de curva</i>	16
3.1.4 <i>Caudal Medio Mensual Multianual</i>	17
3.2 RESULTADOS OFERTA Y DEMANDA HIDRICA	19
4. BIBLIOGRAFIA	23

1. INTRODUCCION

Este tiene por objeto principal, presentar la disponibilidad hídrica en las quebradas Chorro Bolillos y Lacha, localizadas en el municipio de Filandia, departamento del Quindío hasta el punto de captación de agua para la zona urbana del municipio de Filandia y algunos predios rurales del municipio. La captación se hace sobre la unión de las quebradas Chorro Bolillos y Lacha (esta última se le conoce con el nombre de San Bernardo), exactamente donde la vía Armenia-Pereira cruza con ambas quebradas, en límites con el departamento de Risaralda.

Para el logro de este objetivo se tienen los siguientes objetivos específicos:

- i. Obtención de los caudales medios de las quebradas Chorro Bolillos y Lacha de acuerdo al registro de precipitaciones de la estación meteorológica más cercana al área de influencia.
- ii. Obtención del caudal ambiental o ecológico sobre las quebradas en mención.
- iii. Determinación de la disponibilidad y demanda hídrica hasta el sitio de unión entre las quebradas Chorro Bolillos y Lacha (Bocatoma ESAQUIN SA ESP).

El alcance o logro de los anteriores objetivos se limita tanto a escala espacial como temporal.

A escala espacial el estudio se limita al área de drenaje de cada una de las quebradas de estudio hasta el punto de unión entre ambas. Cada unidad hidrográfica se evaluará individualmente para luego ser analizadas en conjunto y así, obtener la oferta y demanda hídrica hasta el sitio de captación, bocatoma ESAQUIN SA ESP.

A escala temporal el análisis se realiza a nivel de precipitaciones medias mensuales multianuales de la estación meteorológica Bremen, en los períodos que abarca la información hidroclimática confiable, es decir, entre los años 1972-2010; considerado como un periodo suficiente (39 años).

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1 LOCALIZACIÓN

Las unidades hidrográficas quebradas Chorro Bolillos y Lachas se encuentran localizadas en el municipio de Filandia, en la vereda El Roble en límites con el departamento del Quindío y Risaralda. Ambas quebradas nacen en jurisdicción del municipio de Filandia, la quebrada Chorro Bolillos limita por el este con el municipio de Salento y por el sur con el municipio de Circasia. La quebrada Lacha limita por el este con el municipio de Salento y por el norte con el departamento de Risaralda. Estas unidades hidrográficas hacen parte de la unidad hidrográfica del río Barbas (jurisdicción del departamento de Risaralda), donde la quebrada Lachas desemboca directamente en el río Barbas. Igualmente por su localización estas quebradas hacen parte del área del Distrito de Conservación de Suelos Barbas-Bremen.

Tabla 1. Localización unidades hidrográficas, quebradas Chorro Bolillos y Lacha

		Coordenadas				Altitud a.s.n.m
		Geográficas		Planas		
		Altitud (N)	Longitud (W)	X	Y	
Quebrada Chorro Bolillos	Nacimiento	4° 41' 14"	-75° 35' 26"	1164964.61	1010268.81	2120
	Desembocadura ¹	4° 41' 32"	-75° 36' 15"	1163474.41	1010816.88	1990
Quebrada Lacha	Nacimiento	4° 41' 25"	-75° 34' 56"	1165899.41	1010579.87	2210
	Desembocadura ²	4° 42' 14"	-75° 38' 9"	1159937.62	1012095.97	1690

¹ Desembocadura con la quebrada Lacha

² Desembocadura con el río Barbas

Figura 1. Red hídrica principal de las quebradas Chorro Bolillos y Lacha



Fuente: Tomado del SIG- Quindío.

2.2 CLIMATOLOGÍA

De acuerdo a la información meteorológica de la estación Bremen administrada por la Corporación Autónoma Regional del Quindío, CRQ, localizada cerca de la zona de influencia de las unidades hidrográficas de estudio, se presenta a continuación el comportamiento de las variables climatológicas que la caracterizan.

Tabla 2. Estación meteorológica representativa en el área de estudio

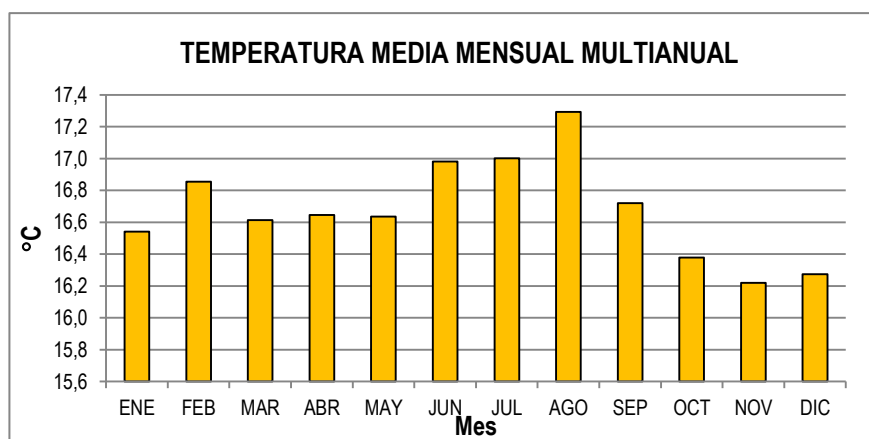
Nombre Estación	Municipio	Tipo	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m)	Fecha Inst. d/m/a
Bremen	Filandia	CP	04°40'06"	75°36'01"	2040	01/04/1971

Fuente: CRQ

2.2.1 Temperatura

El siguiente registro de temperatura abarca un promedio de 21 años (de 1989 a 2010), considerado como un periodo suficiente para la estimación de los promedios máximos y mínimos que se presentan a lo largo del año.

Figura 2. Temperatura media mensual multianual, unidades hidrográficas Chorro Bolillos y Lacha



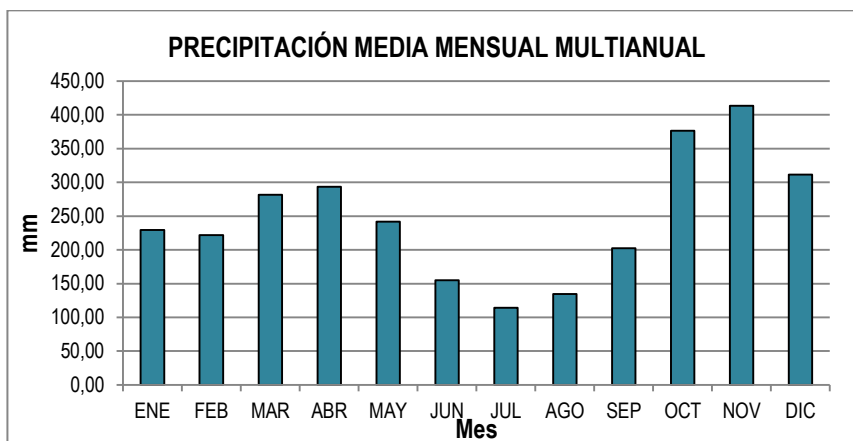
Fuente: Estación meteorológica Bremen, CRQ.

Con un promedio anual de 16.7 °C, se presentan mayores temperaturas a lo largo del año para los meses junio a agosto con un valor máximo de 17.3 °C. Para los meses más fríos la temperatura desciende hasta un 6% para el mes de noviembre, 16.2 °C.

2.2.2 Precipitación

Con 40 años de registro (de 1971 a 2010), se presenta a continuación la variabilidad anual de las precipitaciones en la zona.

Figura 3. Precipitación media mensual multianual, unidades hidrográficas Chorro Bolillos y Lacha



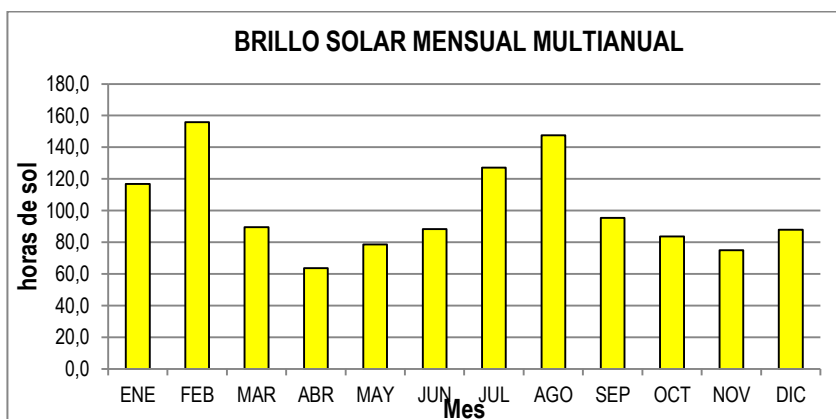
Fuente: Estación meteorológica Bremen, CRQ.

Se tiene un régimen de lluvias bimodal característico del departamento del Quindío, la zona posee una precipitación promedio anual de 2.951,9 mm y promedio mensual de 247.9 mm, donde los meses de mayor lluvia corresponden al último trimestre del año con un valor máximo de 413.17 mm para el mes de noviembre. Se tienen mínimas de hasta 114.06 mm relacionadas con el mes de julio.

2.2.3 Brillo Solar

Se cuenta con una serie de aproximadamente 15 años de registro (de 1990 a 2004) donde es posible estimar el promedio de brillo solar mensual multianual de la zona de estudio.

Figura 4. Brillo Solar mensual multianual, unidades hidrográficas Chorro Bolillos y Lacha



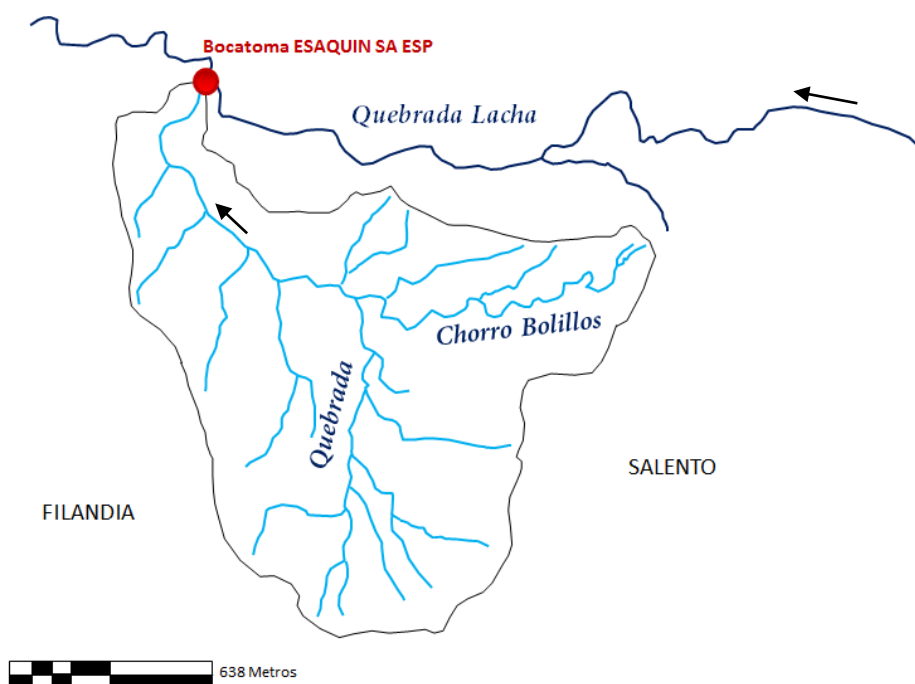
Con un comportamiento bimodal, se presenta en el primer trimestre el máximo valor con 155.7 horas de sol para el mes de febrero y sobre el tercer trimestre del año el mes de agosto le sigue con 147.5 horas de sol. Se tienen mínimas de 63.6 horas y 75.1 para los meses de abril y noviembre.

2.3 HIDROGRAFÍA

2.3.1 Quebrada Chorro Bolillos

Esta quebrada posee una longitud promedio de 2.59 Km desde su nacimiento a los 2120 m.s.n.m hasta su desembocadura con la quebrada Lacha a los 1990 m.s.n.m.

Figura 5. Área de drenaje de la unidad hidrográfica quebrada Chorro Bolillos



Fuente: Tomado del SIG-Quindío.

2.3.1.1. Características Fisiográficas

La zona comprende pendientes fuertes y cañones en forma de V. Esta posee una zona de relieve ondulado, donde predominan en la parte alta de las laderas antes de comenzar el cañón o valle del río. Macro-abanico hidrovulcánico antiguo, fuertemente disectado, con mantos espesos. Laderas denudativas de valles en V, en materiales hidrovulcánicos, con cobertura. Coluvios de escurrimiento y abanicos menores fluviovolcánicos recientes, (Fuente: Molano, 2002. Alcaldía de Filandia 1999-2006).

Tabla 3. Características fisiográficas y de forma, unidad hidrográfica quebrada Chorro Bolillos

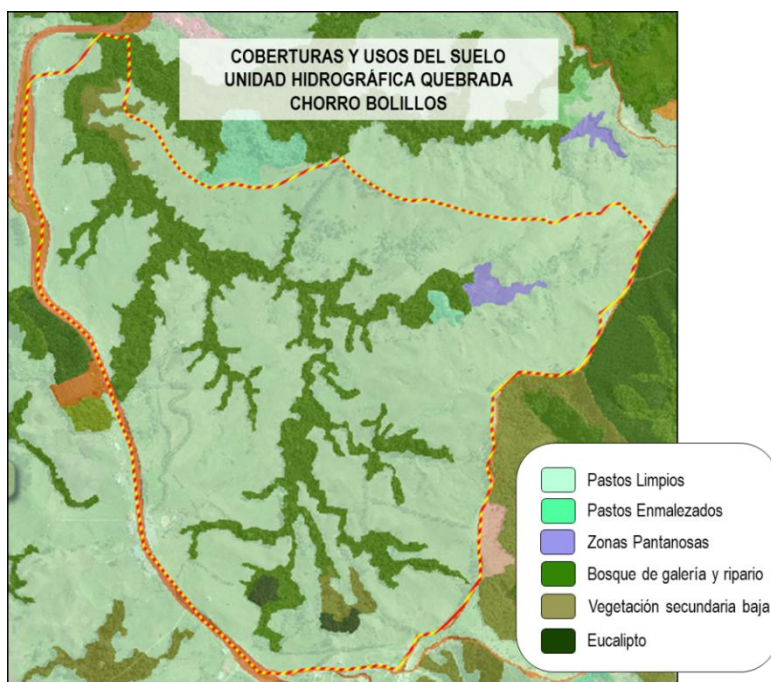
Unidad hidrográfica	Característica	Ítem	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad	Observación
Quebrada Chorro Bolillos	1. Área	1.1	Superficie	A	1.81	Km ²	
		1.2	Perímetro	P	6.38	Km	
	2. Forma	2.1	Factor de Forma	Kf	0.27		Ligeramente achatada. La forma elongada de ésta indica que el agua de las cabeceras toma un tiempo largo para alcanzar el punto más bajo en la desembocadura.
		2.2	Coeficiente de compacidad	Kc	1.34		Oval redonda a oval oblonga. Son las cuencas que tienen un grado de torrencialidad.
		2.3	Índice de Alargamiento	Ia	1.06		Poco alargada
	3. Cauce principal	3.1	Longitud	L	2.59	Km	
3.2		Pendiente media del Cauce	Sr	5.02	%	Tipo de terreno suave	

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de SIG-Quindío.

2.3.1.2. Coberturas y uso del suelo

La clasificación de los suelos es tomada de la plataforma informática SIG-Quindío¹ a escala 1:10.000 elaborada para el año 2009. En esta predominan los pastos limpios (pastoreo, ganado de res y leche), seguido por el bosque de galería y ripario.

Figura 6. Usos del suelo, unidad hidrográfica quebrada Chorro Bolillos



Fuente: SIG-Quindío, 2009.

¹ <http://200.21.93.53/sigquindioii/>

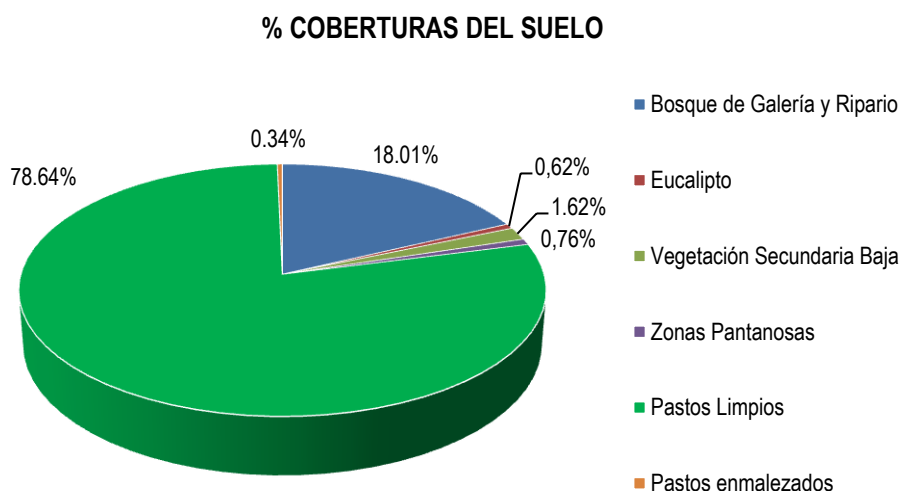
Tabla 4. Coberturas y Usos del suelo, unidad hidrográfica quebrada Chorro Bolillos

USOS DEL SUELO	ÁREA (Ha)	% ÁREA
Bosque de Galería y Ripario	32.53	18.01%
Eucalipto	1.12	0.62%
Vegetación Secundaria Baja	2.93	1.62%
Zonas Pantanosas	1.37	0.76%
Pastos enmalezados	0.62	0.34%
Pastos Limpios	142.06	78.64%
TOTAL	180.64	100.00%

Fuente: SIGQuindío, 2009.

El uso que predomina en la unidad hidrográfica son los “Pastos limpios” con 142.06 hectáreas equivalentes a un 78.64% localizados a lo largo de la quebrada Chorro Bolillos.

Figura 7. Porcentaje de coberturas de suelo, unidad hidrográfica quebrada Chorro Bolillos



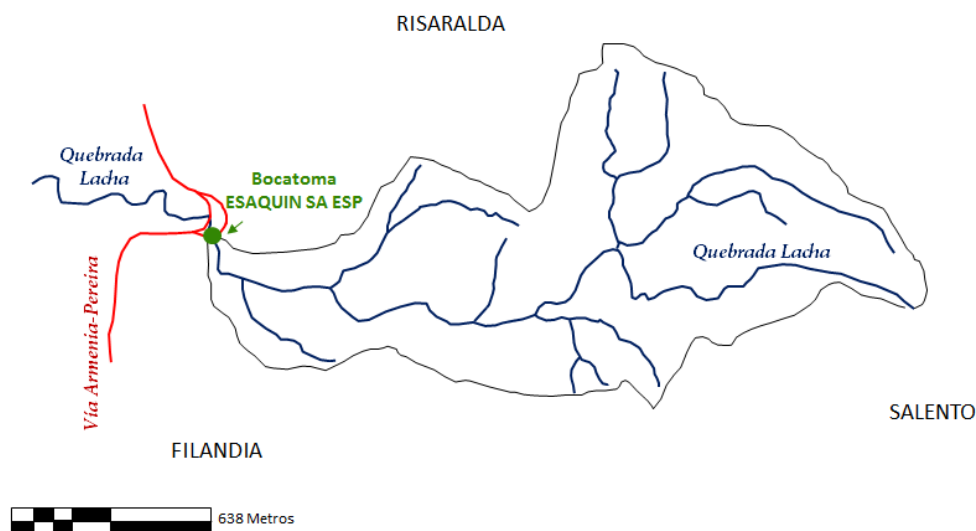
Fuente: SIG-Quindío, 2009.

2.3.2 Quebrada Lacha

Para el caso de estudio, sólo se analizará la quebrada Lachas hasta el punto de captación “Bocatoma ESAQUIN SA ESP”, dado el alcance del estudio, el cual está enfocado en la disponibilidad hídrica y demanda de agua para el abastecimiento de la población perteneciente a la zona urbana del municipio de Filandia y parte del acueducto regional rural de este municipio.

Por lo anterior, la quebrada Lachas posee una longitud promedio de 2.96 Km desde su nacimiento a los 2210 m.s.n.m hasta la unión con la quebrada Chorro Bolillos a los 1990 m.s.n.m. En total la quebrada Lacha posee una longitud de 7.56 km hasta su confluencia con el río Barbas.

Figura 8. Área de drenaje de la unidad hidrográfica quebrada Lacha



Fuente: Tomado del SIG-Quindío.

2.3.3.1. Características Fisiográficas

La descripción anteriormente dicha para la quebrada Chorro Bolillos es semejante a la quebrada Lacha debido a la cercanía entre ambas unidades hidrográficas. Sus principales características fisiográficas se presentan a continuación.

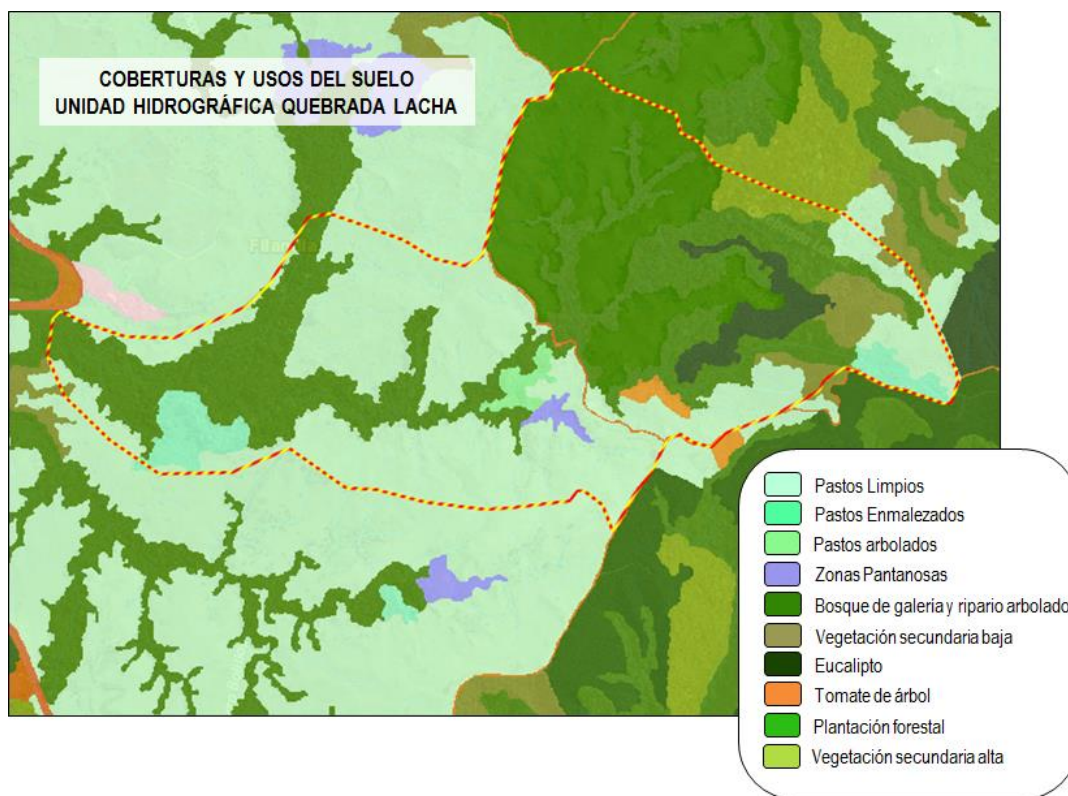
Tabla 5. Características fisiográficas y de forma, unidad hidrográfica quebrada Lacha

Unidad hidrográfica	Característica	Ítem	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad	Observación
Quebrada Lacha	1. Área	1.1	Superficie	A	1.56	Km ²	
		1.2	Perímetro	P	6.73	Km	
	2. Forma	2.1	Factor de Forma	Kf	0.18		Muy poco achatada.
		2.2	Coefficiente de compacidad	Kc	1.52		Oval oblonga a rectangular oblonga. Son las cuencas que tienen menos torrencialidad. Se espera que durante fuertes aguaceros especialmente en las partes altas de la cuenca la tendencia normal sea que el agua evacúe sin gran aumento de los caudales en las corrientes principales.
		2.3	Índice de Alargamiento	Ia	2.37		Moderadamente alargada
	3. Cauce principal	3.1	Longitud	L	2.96	Km	
		3.2	Pendiente media del Cauce	Sr	7.43	%	Terreno algo suave a accidentado medio

2.3.3.2. Coberturas y uso del suelo

Al igual que la unidad hidrográfica Chorro Bolillos, en esta predominan los pastos limpios (pastoreo, ganado de res y leche), seguido por el bosque de galería y ripario arbolado.

Figura 9. Usos del suelo, unidad hidrográfica quebrada Lacha



Fuente: SIGQuindío, 2009.

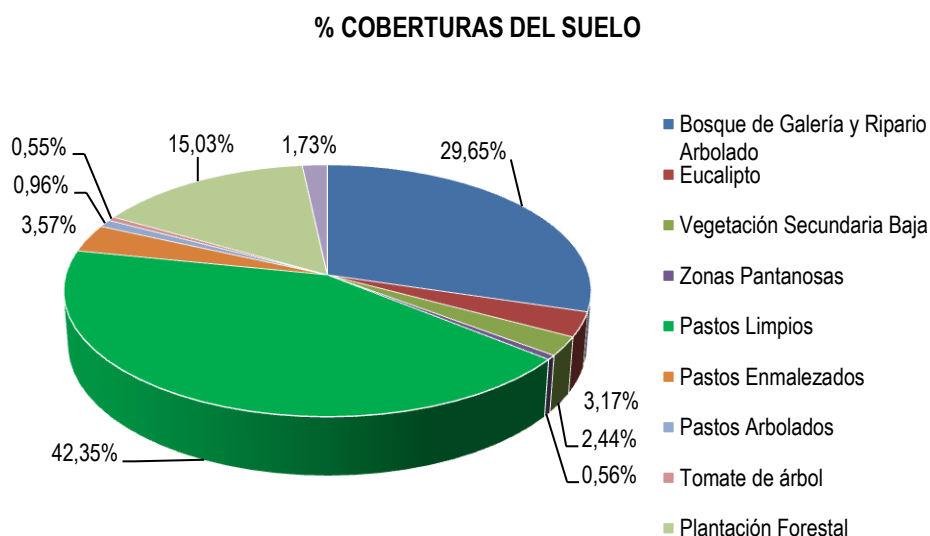
Tabla 6. Coberturas y Usos del suelo, unidad hidrográfica quebrada Lacha

USOS DEL SUELO	ÁREA (Ha)	% ÁREA
Bosque de Galería y Ripario Arbolado	46.37	29.65%
Eucalipto	4.95	3.17%
Vegetación Secundaria Baja	3.82	2.44%
Zonas Pantanosas	0.88	0.56%
Pastos Limpios	66.23	42.35%
Pastos Enmalezados	5.58	3.57%
Pastos Arbolados	1.49	0.96%
Tomate de árbol	0.85	0.55%
Plantación Forestal	23.50	15.03%
Vegetación Secundaria Alta	2.70	1.73%
TOTAL	156.37	100.00%

Fuente: SIG-Quindío, 2009.

El uso que predomina en la unidad hidrográfica son los “Pastos limpios” con 66.23 hectáreas equivalentes a un 42.35% localizados en la cuenca media y baja de la quebrada Lacha.

Figura 10. Porcentaje de coberturas de suelo, unidad hidrográfica quebrada Lacha



Fuente: SIG-Quindío, 2009.

2.4 DEMANDA DE AGUA SUPERFICIAL

La demanda de agua para las unidades hidrográficas en las quebradas Chorro Bolillos y Lacha se ven representadas principalmente para el uso doméstico con 34.08 lt/s. (Fuente: CRQ).

Tabla 7. Demanda hídrica superficial, quebrada Chorro Bolillos y Lacha

USUARIO	CAUDAL CONCESIONADO L/S
Acueducto Regional rural de Filandia	2.08
Empresa Sanitaria del Quindío, ESAQUÍN SA ESP	32.00
TOTAL	34.08

Fuente: Subdirección de Control y Seguimiento Ambiental, CRQ

El acueducto Regional rural de Filandia comparte la estructura de captación con la empresa ESAQUIN SA ESP, localizada bajo el puente vehicular que comunica las ciudades de Armenia y Pereira (Autopistas del Café).

Figura 11. Bocatoma ESAQUIN SA ESP, municipio de Filandia



3. OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA

De conformidad con lo establecido en la Resolución 865 de 2004, expedida por el hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia, el cálculo de la oferta hídrica en una cuenca hidrográfica, de acuerdo con la información disponible y características físicas que tienen las unidades hidrográficas Chorro Bolillos y Lacha, será evaluada mediante la metodología “Relación Lluvia-escorrentía”, la cual es “aplicable en cuencas menores, es decir cuyas áreas de drenaje sean inferiores a 250 km², cuencas no instrumentadas y en consecuencia no cuentan con registros de caudal para la estimación de la oferta superficial mensual”².

3.1 RELACIÓN LLUVIA-ESCORRENTÍA

Ante la inexistencia de información de caudales en la corriente principal de las unidades de drenaje en estudio, es necesario recurrir a metodologías de cálculo de sus características del tipo indirecto o de correlación con información de cuencas vecinas y similares que permitan su deducción de manera confiable.

En los casos de deficiente o nula información limnigráfica o limnimétrica, como la presente, la modelación hidrológica continua se presenta como una buena alternativa para generar los caudales de las fuentes en puntos específicos, a partir de información básica como son series de lluvia, tipo y uso del suelo, así como la caracterización morfológica de la cuenca.

La mencionada Resolución 865 de 2004, indica el uso del método del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (U.S. Soil Conservation Service, SCS), para la estimación de los parámetros de lluvia y caudal, dadas las características de la cuenca en estudio, por lo tanto, será la metodología que se empleará en el presente estudio.

Tabla 8. Estación pluviométrica para la obtención del caudal medio en las unidades hidrográficas Chorro Bolillos y Lacha

CODIGO	TIPO	RESOLUCION	ENTIDAD	NOMBRE	CUENCA	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
272001623	PM	Mensual	CRQ	Bremen	Rio Roble	Filandia	4° 39' 50.2"	75° 35' 47.7"	2005 m.s.n.m

Fuente: CRQ

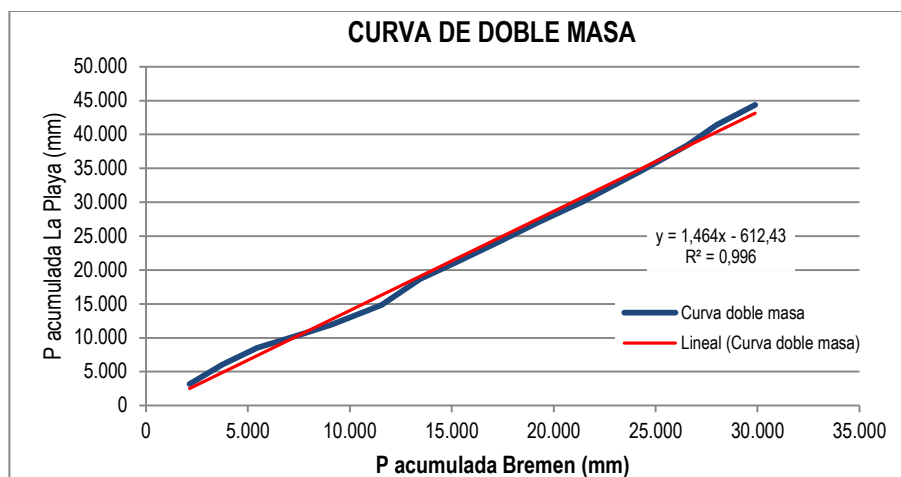
3.1.1 Análisis de la información de precipitación

Para el análisis de consistencia de datos de precipitación se utilizó el método de la curva de Doble Masa en correlación con la estación La Playa localizada en el municipio de Salento (Latitud: 04°38'N, Longitud: 75°35' W y Altitud: 1880 m.s.n.m).

² Resolución 865 de 2004. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Esta estación climatológica posee un registro similar de datos y se encuentra ubicada a una altura media cercana a la estación Bremen; entre los 1880 y 2005 m.s.n.m.

Figura 12. Curva de doble masa para el análisis de consistencia de datos en la estación Bremen



Fuente: Elaboración propia con datos CRQ.

Se observa de la figura anterior, algunos cambios de pendiente en los datos acumulados (curva de doble masa), es decir, algunos de los puntos presentan ondulaciones periódicas respecto a la recta media, sin embargo la literatura indica que un cambio de pendiente sólo debe aceptarse cuando esta es lo suficientemente notoria y persistente, situación que no se presenta en la curva de doble masa obtenida para la estación Bremen contra la estación La Playa.

Debido a que los quiebres son suaves y cortos, no se hace necesario realizar ajustes a los datos observados para la estación Bremen.

3.1.2 Pérdidas hidrológicas

Para la precipitación de diseño de las unidades hidrográficas, se estimaron las “pérdidas hidrológicas” (cantidad de precipitación que se infiltra, se evapora o se estanca en la cuenca) y la escorrentía básica, para obtener finalmente la precipitación efectiva sobre cada unidad hidrográfica, parámetro a partir del cual se obtuvo el correspondiente caudal de diseño.

Para este estudio se usó la metodología del Soil Conservation Service (SCS) que permite determinar las pérdidas hidrológicas en la cuenca mediante la asignación de un coeficiente según el tipo de suelo y el uso del mismo. Si en la cuenca existen cambios en el tipo y el uso del suelo, el coeficiente se pondera según las áreas de influencia. Para la aplicación del método se tiene en cuenta que las pendientes fuertes, desde el punto de vista hidráulico, disminuyen la infiltración, por lo que en este caso particular se considera una impermeabilidad baja en el terreno.

La precipitación efectiva se estimó por el método del SCS, a partir de la precipitación total acumulada mediante las siguientes fórmulas:

$$P_e = \frac{(P_{tacum} - I_a)^2}{P_{tacum} - I_a + S} \quad I_a = 0,2 * S \quad S(mm) = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) * 25,4$$

La metodología para obtener los números de curva CN se basó en las referencias presentadas por el SCS.

3.1.3 Número de curva

El número de curva, depende del tipo de suelo, del tipo de tratamiento superficial del mismo, de su condición hidrológica y de la humedad antecedente que puede relacionarse con la precipitación en los 5 días anteriores.

Para definir el número de curva (CN) se requiere ubicar la zona dentro de un grupo hidrológico del suelo, el cual está definido como el potencial de infiltración después de una lluvia prolongada. Según García, Monsalve & Lozano: “Estos suelos pueden considerarse como arcillas arenosas de baja plasticidad baja a media, por lo que pueden catalogarse en el Grupo Hidrológico C” (2010).

Para el cálculo del CN de cada unidad hidrográfica se utilizó la imagen digital del uso del suelo a escala 1:10.000 en la plataforma SIQ-Quindío. Finalmente, con la información de cobertura y grupo hidrológico de suelos de cada polígono y mediante la utilización de tablas se calculó el valor de CN para cada uno de éstos, el cual fue ponderado con respecto al área total de cada unidad hidrográfica, para finalmente obtener el CN ponderado. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para el cálculo del CN en las unidades hidrográficas de las quebradas Chorro Bolillos y Lacha.

Tabla 9. Número de curva ponderado para la unidad hidrográfica quebrada Chorro Bolillos

TIPO Y USO DEL SUELO	Área (Ha)	Grupo de Suelo	Número de Curva	% Área	NC * %A
Bosque de Galería y Ripario	32.53	C	70	18.01%	12.61
Eucalipto	1.12		70	0.62%	0.43
Vegetación Secundaria Baja	2.93		79	1.62%	1.28
Zonas Pantanosas	1.37		2	0.76%	0.02
Pastos Limpios	142.06		79	78.64%	62.13
Pastos enmalezados	0.62		79	0.34%	0.27
TOTAL	180.64				100.00%

Fuente: Elaboración propia con datos SIQ-Quindío.

Tabla 10. Número de curva ponderado para la unidad hidrográfica quebrada Lacha

TIPO Y USO DEL SUELO	Área (Ha)	Grupo de Suelo	Número de Curva	% Área	NC * %A
Bosque de Galería y Ripario Arbolado	46.37	C	70	29.65%	20.76
Eucalipto	4.95		70	3.17%	2.22
Vegetación Secundaria Baja	3.82		79	2.44%	1.93
Zonas Pantanosas	0.88		2	0.56%	0.01
Pastos Limpios	66.23		79	42.35%	33.46
Pastos Enmalezados	5.58		79	3.57%	2.82
Pastos Arbolados	1.49		72	0.96%	0.69
Tomate de árbol	0.85		85	0.55%	0.46
Plantación Forestal	23.50		70	15.03%	10.52
Vegetación Secundaria Alta	2.70		70	1.73%	1.21
TOTAL	156.37				100.00%

Fuente: Elaboración propia con datos SIQ-Quindío.

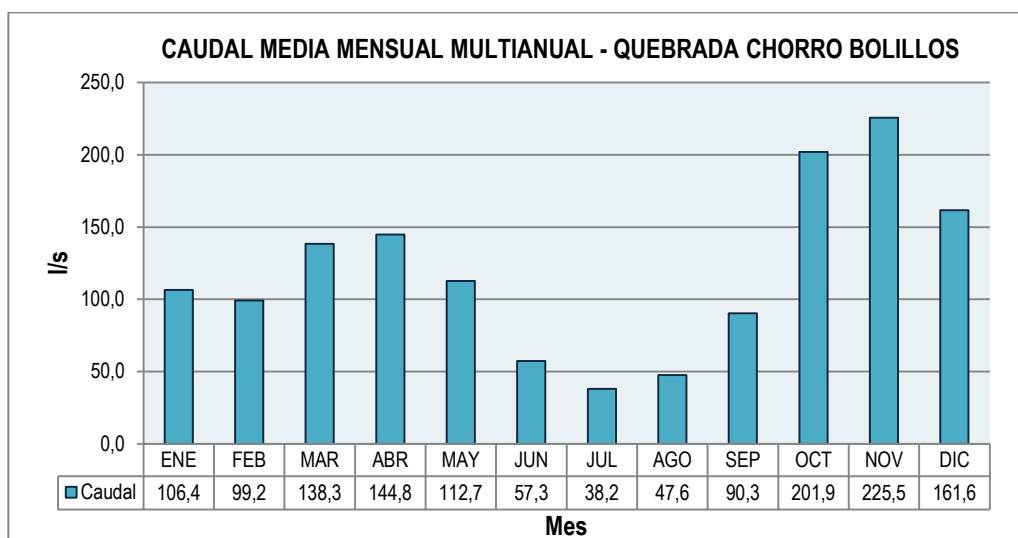
A partir de la zonificación por usos del suelo de las unidades hidrográficas quebradas Chorro Bolillos y Lacha, se establece el número de curva para los cálculos hidrológicos de **76.74** y **74.07** respectivamente, dando como resultado un mayor escurrimiento de agua en la quebrada Chorro Bolillos por poseer mayor número de curva³.

3.1.4 Caudal Medio Mensual Multianual

Se considera para el presente estudio de oferta y disponibilidad hídrica de las unidades hidrográficas quebradas Chorro Bolillos y Lacha, el uso de la metodología a escala mensual, buscando identificar el Régimen Natural de Caudales, ya que los caudales presentan variabilidad de acuerdo al periodo del año o al comportamiento estacional del clima.

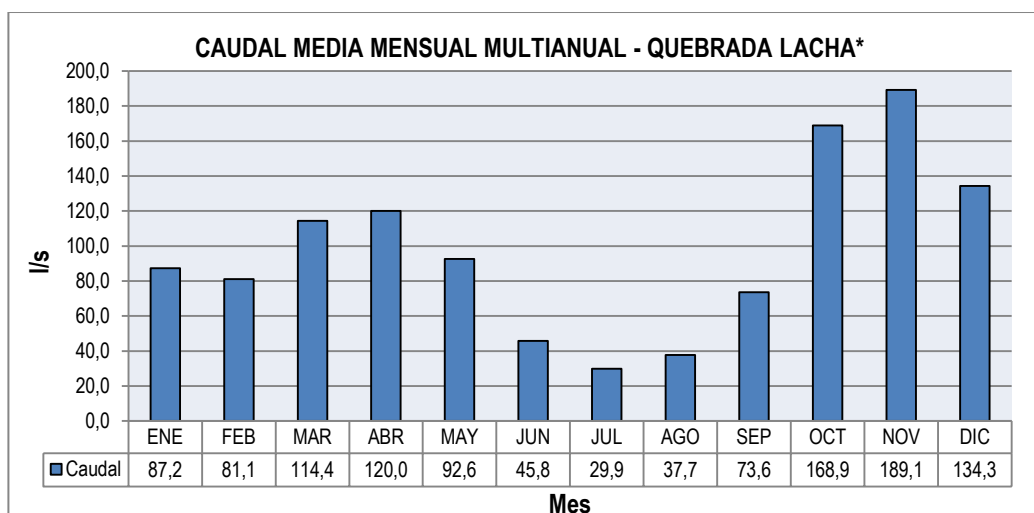
³ La capacidad de la cuenca hidrográfica para abstraer agua de la precipitación es inversamente proporcional al número de curva de escorrentía. Para CN=100 no es posible abstracción alguna, con la escorrentía siendo igual a la precipitación. Por otro lado para CN=1 prácticamente toda la precipitación puede ser abstraída, con la escorrentía siendo esencialmente igual a cero. (Tomado de: Hidrología en la Ingeniería, Germán Monsalve S).

Figura 13. Caudal medio mensual multianual, para la unidad hidrográfica quebrada Chorro Bolillos



Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Caudal medio mensual multianual, para la unidad hidrográfica quebrada Lacha



*Caudal medio mensual calculado hasta la unión con la quebrada Chorro Bolillos (Bocatoma ESAQUIN SA ESP).
Fuente: Elaboración propia

Basados en los registros de precipitación provenientes de la estación meteorológica Bremen y la metodología anteriormente expuesta, fue posible el cálculo de la oferta hídrica (escorrentía) en la quebrada Chorro Bolillos antes de su confluencia con la quebrada Lacha (Bocatoma ESAQUIN SA ESP) y Quebrada Lacha con cierre en el mismo punto. Los meses de marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre corresponden al mayor volumen de agua a lo largo del año. La reducción del caudal, se hace evidente en los meses de junio a septiembre, siendo el mes de julio el mes de menor oferta hídrica (38.2 l/s y 29.9 l/s respectivamente).

4.1.3.1. Cuantificación de la oferta hídrica neta disponible

De conformidad con la Resolución 865 de 2004, para obtener la oferta hídrica neta disponible, se debe reducir la oferta hídrica total calculada mediante el método empleado en los apartes anteriores, “*por calidad del agua y por caudal mínimo ecológico*”.

- ***Reducción de la Oferta por Calidad de Agua***

Se puede establecer que por el hecho de ser una fuente de montaña de poca intervención antrópica, las unidades hidrográficas presentan un grado de autopurificación y/o recuperación ante el impacto generado por los posibles contaminantes de origen antrópico. Esta cualidad es debida a las elevadas tasas de: degradación de la materia orgánica, reaireación y degradación de las bacterias; características típicas de las corrientes de montaña.

Por lo tanto, la oferta en las unidades hidrográficas Chorro Bolillos y Lacha no será afectada por este factor.

- ***Reducción de Oferta por Caudal Ecológico***

El caudal mínimo, ecológico o caudal mínimo remanente es, por definición, el caudal requerido para el sostenimiento del ecosistema, la flora y la fauna de una corriente de agua⁴. La inclusión del caudal ambiental se sustenta, además, en la regulación establecida por el MAVDT (Decreto Nro. 3930 de 2010), que define el caudal ambiental como: “*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 su cálculo es posible emplear diferentes metodologías, tal como lo propone la mencionada Resolución 865 de 2004, haciendo viable únicamente dos (2) para el caso en análisis, las cuales son: “*Mínimo histórico*” y “*Porcentaje de Descuento*”

Para el caso de estudio se emplea la segunda metodología del *Porcentaje de Descuento*. Este considera como caudal mínimo ecológico un valor aproximado del 25% del caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente en estudio que para el presente análisis corresponde al 25% del caudal de 38.2 l/s, es decir, 10 l/s para la quebrada Chorro Bolillos. La quebrada Lacha posee un caudal mínimo mensual de 30 l/s, dando como resultado un valor de 7 l/s aplicando la reducción del 25%. Es de anotar que este caudal mínimo se establece para el mes de julio en ambas unidades.

3.2 RESULTADOS OFERTA Y DEMANDA HIDRICA

El resumen consolidado de las disponibilidades hídricas se presenta a continuación la cual permite dimensionar la situación de oferta y demanda en las unidades

⁴ Resolución 865 de 2004. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

hidrográficas. De igual manera, se presenta la relación entre la oferta y la demanda de agua evaluada como Índice de Escasez a nivel mensual (MAVDT, Resolución 865 de 2004).

Tabla 11. Categorías e interpretación del índice de escasez

Categoría	Rango	Color	Explicación
Alto	> 50%	Rojo	Demanda alta
Medio alto	21-50%	Naranja	Demanda apreciable
Medio	11-20%	Amarillo	Demanda baja
Mínimo	1-10%	Verde	Demanda muy baja
No significativo	<1%	Azul	Demanda no significativa

Fuente: IDEAM, 2004.

Tabla 12. Oferta, unidad hidrográfica quebrada Chorro Bolillos

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
Qmedio (m³/s)	0.106	0.099	0.138	0.145	0.113	0.057	0.038	0.048	0.090	0.202	0.226	0.162	0.119
Qecológico (m³/s)	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	
Qdisponible (m³/s)	0.097	0.090	0.129	0.135	0.103	0.048	0.029	0.038	0.081	0.192	0.216	0.152	0.109
Qdisponible (Mm³/mes)	0.259	0.217	0.345	0.351	0.276	0.124	0.077	0.102	0.209	0.515	0.560	0.407	0.287

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Oferta, unidad hidrográfica quebrada Lacha

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
Qmedio (m³/s)	0.087	0.081	0.114	0.120	0.093	0.046	0.030	0.038	0.074	0.169	0.189	0.134	0.098
Qecológico (m³/s)	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	
Qdisponible (m³/s)	0.080	0.074	0.107	0.112	0.085	0.038	0.022	0.030	0.066	0.161	0.182	0.127	0.090
Qdisponible (Mm³/mes)	0.214	0.178	0.286	0.292	0.228	0.099	0.060	0.081	0.171	0.432	0.471	0.340	0.238

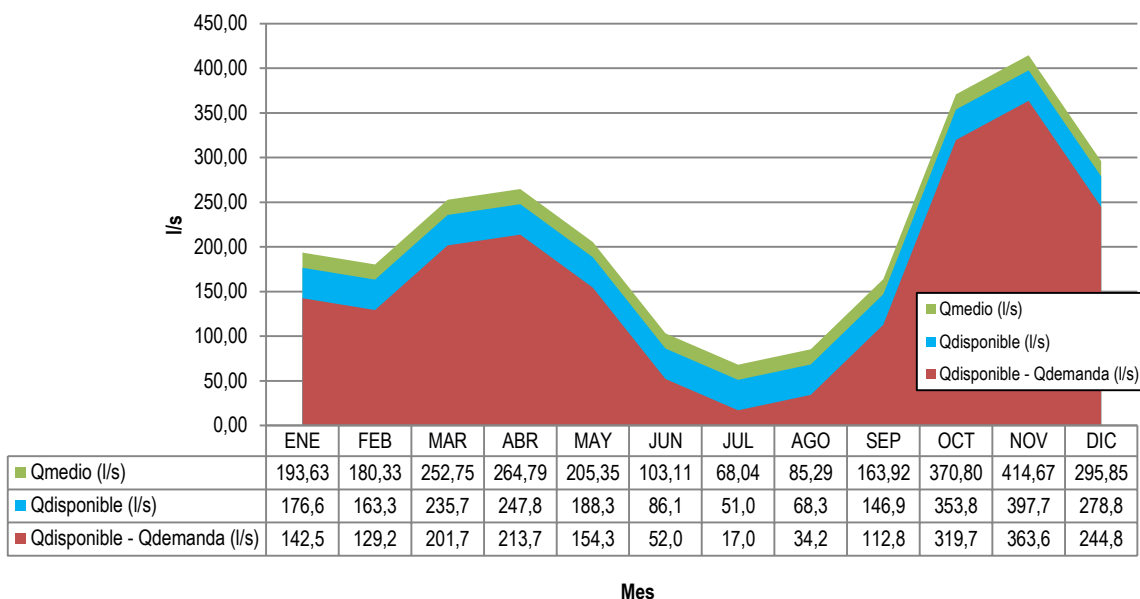
Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Oferta y Demanda para las unidades hidrográficas Chorro Bolillos y Lacha hasta el punto de captación "Bocatoma ESAQUIN SA ESP" municipio de Filandia, Quindío

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
Qmedio (m³/s)	0.194	0.180	0.253	0.265	0.205	0.103	0.068	0.085	0.164	0.371	0.415	0.296	0.217
Qecológico (m³/s)	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	
Qdisponible (m³/s)	0.177	0.163	0.236	0.248	0.188	0.086	0.051	0.068	0.147	0.354	0.398	0.279	0.200
Qdemanda (m³/s)	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	
Qdisponible (Mm³/mes)	0.473	0.395	0.631	0.642	0.504	0.223	0.137	0.183	0.381	0.948	1.031	0.747	0.525
Qdemanda (Mm³/mes)	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087
Índice de Escasez (%)	18.47%	22.11%	13.83%	13.60%	17.32%	39.14%	63.91%	47.77%	22.94%	9.22%	8.47%	11.70%	24.04%

Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Oferta y Demanda para las unidades hidrográficas Chorro Bolillos y Lacha hasta el punto de captación “Bocatoma ESAQUIN SA ESP” municipio de Filandia, Quindío



Mes

De acuerdo a los resultados, la capacidad de regulación del agua en las unidades hidrográficas es alta para el primer semestre del año y finales del segundo semestre, por lo que la mayor parte del tiempo se considera una demanda baja en relación con la oferta hídrica. La presión por el uso del agua puede evidenciarse para los meses de menor oferta hídrica como lo son junio, julio y agosto. Para el mes de julio se tiene la peor condición equivalente a un índice de escases “Alto” (Demanda Alta-poca oferta), es decir, para un caudal disponible de 51.0 l/s y una demanda de 34.1 l/s, la corriente hídrica luego de la captación, quedaría con un caudal de 17l/s más un caudal ecológico de 17.0 l/s, lo que daría un total de 34 l/s.

En general, la suma de la oferta hídrica disponible de las quebradas Chorro Bolillos y Lacha en relación con la demanda de agua hasta el sitio de captación “Bocatoma ESAQUIN SA ESP” para la zona urbana del municipio de Filandia y fincas aledañas (Acueducto Regional rural de Filandia), no evidencia a lo largo del año presión sobre el recurso hídrico, a excepción de los meses de junio, julio y agosto donde los caudales disminuyen a causa de la poca precipitación en la zona, dando como resultado poca disponibilidad del recurso hídrico frente a la demanda de agua.

Es de recordar que la oferta hídrica para estos cuerpos de agua es asociada en gran parte por la escorrentía superficial que generan las lluvias en la zona. No obstante, existen periodos donde esta condición es alterada temporalmente debido a la ocurrencia de fenómenos climatológicos como La Niña y El Niño. Para el caso de mayor vulnerabilidad en la oferta hídrica (Fenómeno del Niño) o episodios prolongados en la reducción de las precipitaciones, se recomienda realizar monitoreos constantes (aforos) al punto aguas arriba de la captación de ESAQUIN SA ESP luego de la confluencia de la quebrada Chorro Bolillos con la quebrada Lacha. Con lo anterior, se pretende cuantificar un caudal medio no inferior a los 70 l/s; condición más crítica según el cuadro anterior.

En la zona de estudio se evidencia actividad agropecuaria como la ganadería. Como resultado de lo anterior, el uso del suelo que mayor predomina en la zona es de Pastos Limpios. Es sabido que este tipo de uso ejerce presión sobre los suelos en zonas con pendiente moderada a alta, por la acción del peso de los animales generando un aporte alto del material en suspensión como arena y grava hacia los cuerpos de agua, por ende, aumentando la concentración de sedimentos sobre estas, (generación de procesos erosivos). De acuerdo a lo anterior, se recomienda control de este tipo de uso fuera de la zona de protección de las quebradas Chorro Bolillos y Lacha, donde no solo se podrían generar problemas de tipo erosivo, si no que a su vez, podría verse alterada la calidad del agua en las corrientes hídricas por la deposición de materia orgánica proveniente del ganado.

El caudal ambiental o ecológico de 17 l/s considerado en este estudio, no toma en consideración la variación mensual de los caudales, por lo que se recomienda a la autoridad ambiental CRQ, realizar aforos periódicos a lo largo del año con el fin de controlar el caudal mínimo requerido para la preservación del ambiente acuático luego de la captación de la empresa ESAQUIN SA ESP.

4. BIBLIOGRAFIA

- García Pedro (2010). Proyecto de investigación 454, Análisis espacial y temporal del índice de escasez de agua en la cuenca del río Quindío investigación aplicada, facultad de ingeniería – Universidad del Quindío.
- Montserrat, Blanco & Ramírez (2005). Propuesta metodológica para la adaptación del parámetro del número de curva a las nuevas fuentes de datos, Pol.Ind. León, España.
- Monsalve, G (1995). Hidrología en la ingeniería. Escuela colombiana de ingeniería. Bogotá.