

6.3.2. OFERTA Y DEMANDA HIDRICA

- **OFERTA HIDRICA:** Es aquella porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal, escurre por los cauces mayores de los ríos y demás corrientes superficiales, alimenta lagos, lagunas y reservorios, confluye con otras corrientes y llega directa o indirectamente al mar. Usualmente esta porción de agua que escurre por los ríos es denominada por los hidrólogos como escorrentía superficial y su cuantificación conforma el elemento principal de medición en las redes de seguimiento hidrológico existentes en los distintos países¹

La oferta hídrica de una cuenca, corresponde también al volumen disponible de agua para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre. Al cuantificar la escorrentía superficial a partir del balance hídrico de la cuenca, se está estimando la oferta de agua superficial de la misma. El conocimiento del caudal del río, su confiabilidad y extensión de la serie del registro histórico son variables que pueden influir en la estimación de la oferta hídrica superficial. Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca².

Para la estimación o cálculo de la Oferta Hídrica Superficial de la Subcuenca Quebrada Miraflores, se tuvo en cuenta como principal insumo el documento elaborado por CORPONARIÑO denominado “ÍNDICE DE ESCASEZ DE AGUA SUPERFICIAL CUENCA RÍO PASTO 2008 - 2009”, ya que, como se ha mencionado a lo largo del Diagnóstico, la corriente hídrica objeto de ordenamiento es uno de los principales afluentes del río Pasto.

A continuación se presenta un resumen del procedimiento llevado a cabo para determinar la Oferta Hídrica Neta Superficial de la Subcuenca Quebrada Miraflores.

Tabla 55. Procedimiento Cálculo Precipitación

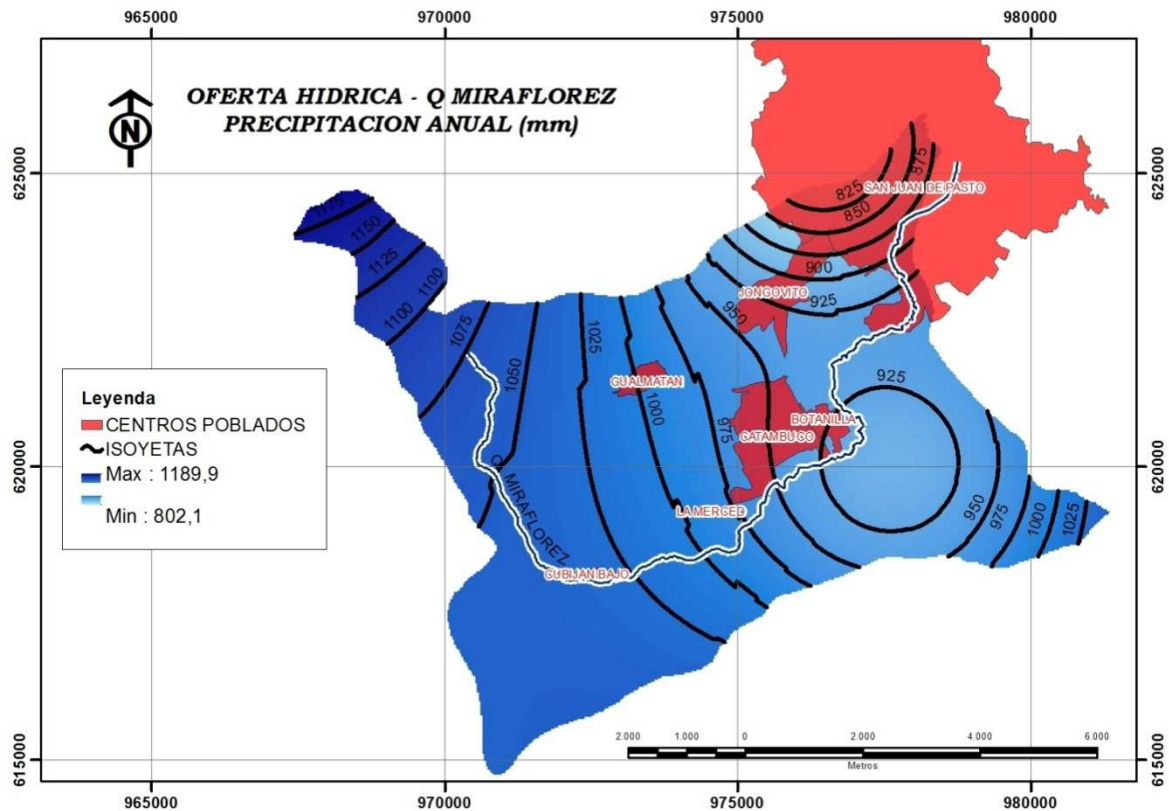
PROCEDIMIENTO		OBSERVACIONES
IDENTIFICACIÓN DATOS	Precipitación.shp	Georeferenciaciones de las estaciones con su respectivo valor de precipitación anual serie 1990 a 2008.
MÉTODO DE PREDICCIÓN	ArcMAP. Geostatistical Analyst / Geostatistical Wizard / Input Data / Attribute / Geostatistical methods selection / Inverse Distance Weighting / Next	-
BÚSQUEDA DE PUNTOS PRÓXIMOS	Searching Neighborhood / Sector Type and Smooth factor / ellipse Angle / next	Se selecciona la división y ángulo del elipse, en la que se van a distribuir las estaciones vecinas, buscando agrupar en lo posible tres estaciones por cuadrante.
MAPA INTERPOLADO	Cross Validation – Finish Data export to raster / Cell size / output raster	El mapa interpolado fue exportado a un modelo raster (ESRI Grid) con un tamaño en eje X y Y de 30 m.

FUENTE: CORPONARIÑO, Índice de Escasez para aguas superficiales Río Guaitara, Pasto – Nariño, 2009.

1. IDEAM. Metodología para El Cálculo del Índice de Escasez de Agua Superficial. BOGOTÁ, D.C., 2004. p 10
2. CORPONARIÑO Índice de Escasez de Agua Superficial Cuenca Río Pasto, 2008 - 2009. p 21 y 22.

Como resultado se obtuvieron unos Mapas Temáticos, los cuales se describen a continuación:

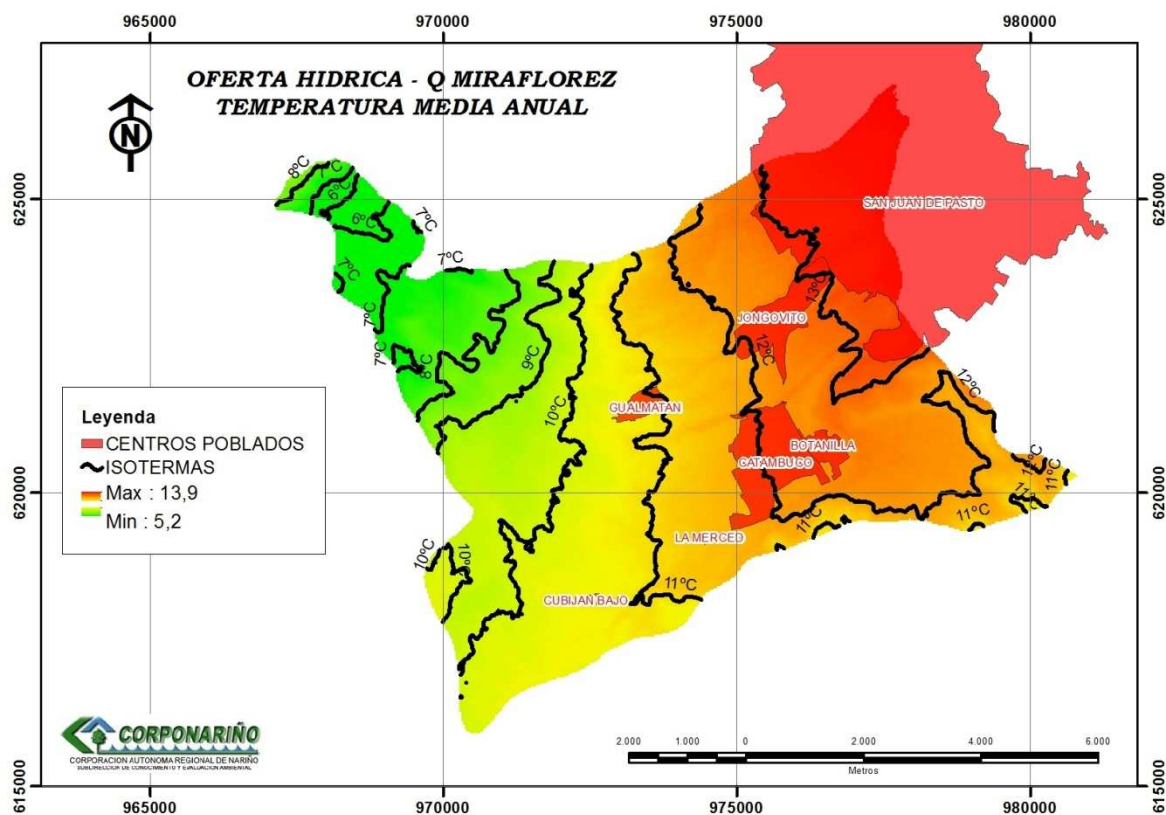
Mapa 8. Precipitación Subcuenca Quebrada Miraflores



FUENTE. Este estudio, Corponariño 2011.

Para la obtención del mapa de isotermas, se utilizó la información media de temperatura recopilada del documento de Índice de Escasez del Río Pasto e interpolarla con la georeferenciación de las estaciones hidrometeorológicas presentes en el área de estudio, para después, a partir de la utilización de la extensión "spatial analyst" del software arcgis generar las superficies y las isolíneas de temperatura.

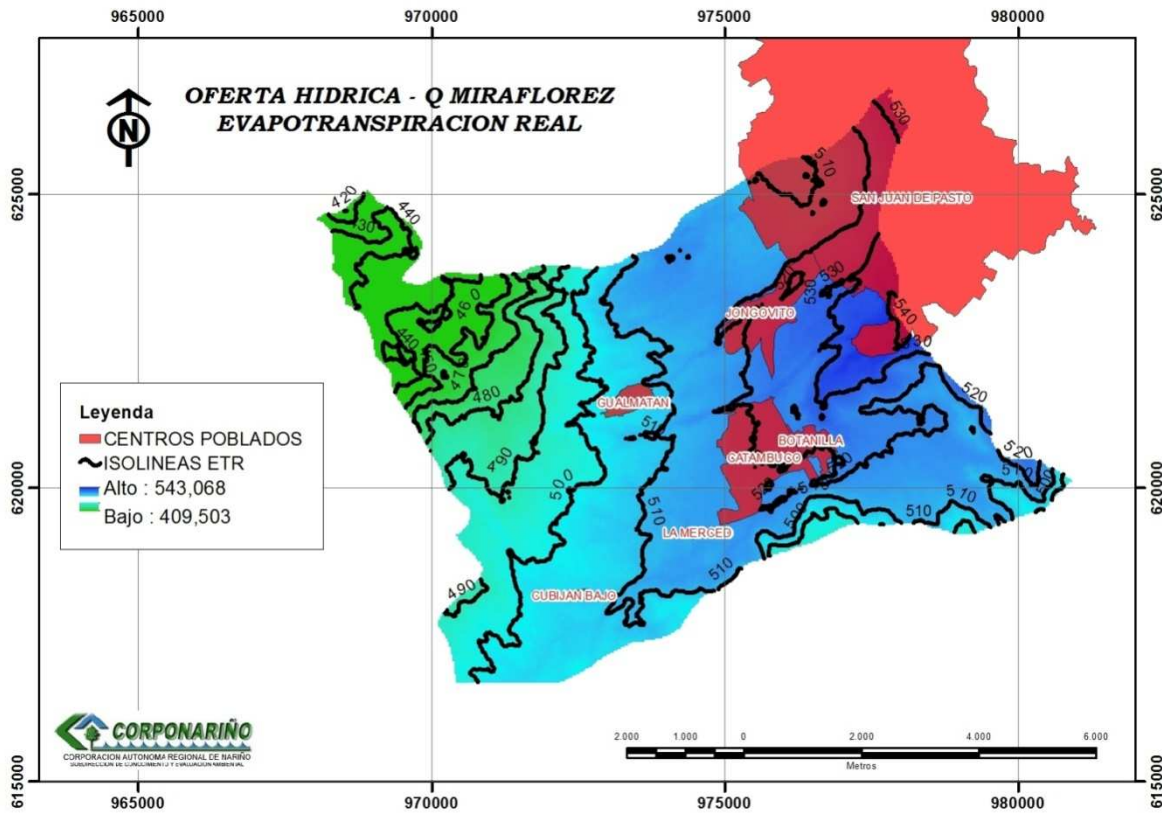
Mapa 9. Isothermas Subcuenca Quebrada Miraflores



FUENTE. Este estudio, Corponariño 2011.

Para el cálculo de la evapotranspiración es necesario tener en cuenta los mapas de precipitación y temperatura en formato raster obtenidos en los pasos anteriores, con el fin de llevar a cabo un análisis espacial y algebra de mapas, en formatos raster de 30 metros por pixel. Para ello es necesario trabajar con el software ArcGIS – ArcToolbox, herramienta *Spatial AnalystTools*.

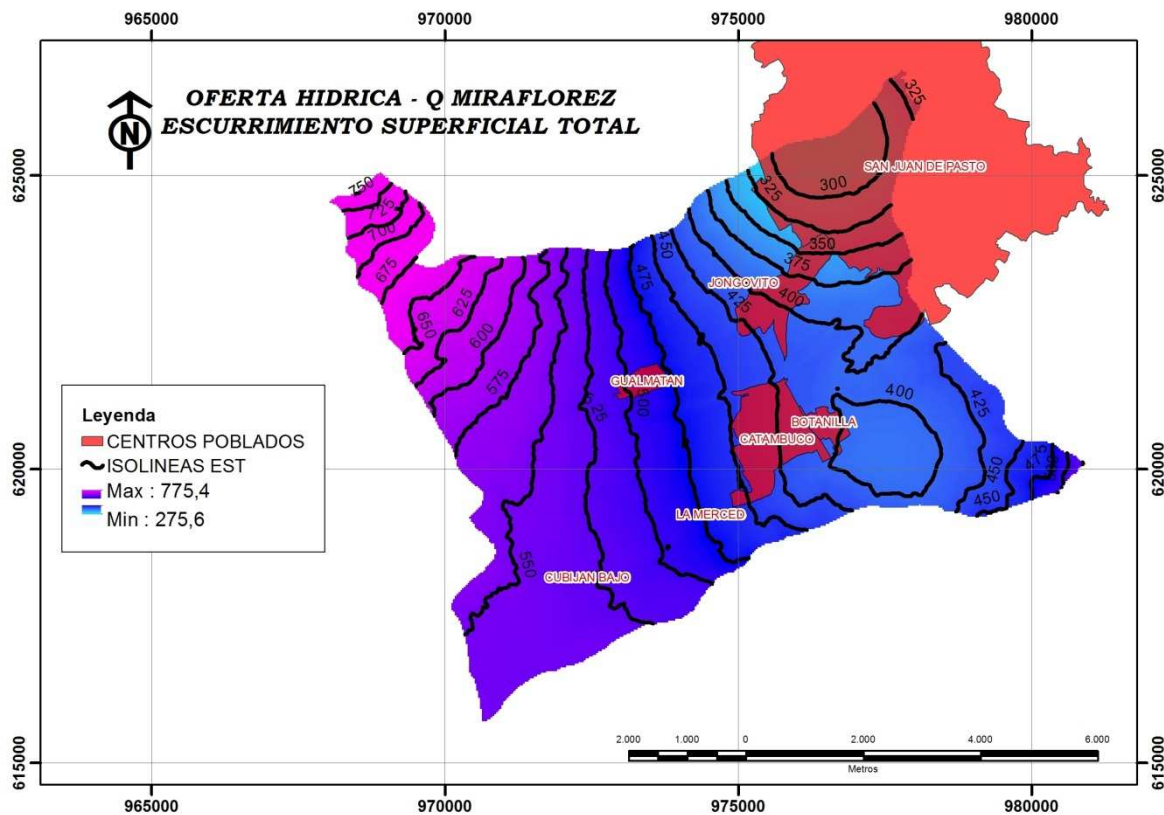
Mapa 10. Evapotranspiración Real Subcuenca Quebrada Miraflores



FUENTE. Este estudio, Corponariño 2011.

Para la obtención del valor de escurrimiento superficial total en lámina de agua fue necesario operar los mapas de precipitación y evapotranspiración real, utilizando técnicas de álgebra de mapas en Arcgis con rasters de resolución 30x30 metros.

Mapa 11. Esgurrimento Superficial Total Subcuenca Quebrada Miraflores



FUENTE. Este estudio, Corponariño 2011.

Para aplicar la fórmula de Oferta hídrica neta, se transformó el valor de lámina de agua resultado del mapa de escurrimiento superficial total a caudal expresado en (millones de m³/año) usando la siguiente fórmula, propuesta en la guía metodológica para el cálculo del índice de escasez establecida por el IDEAM.

$$Y = (Q * t) / (A * 10000) \longrightarrow Q = Y(A * 10000) / t$$

Dónde:

Y = Esgurrimento superficial total (mm)
Q= Caudal (millones de m³/año)
t= 864000 año
A= 0,009Km²

Para su aplicación se utilizó la herramienta del software Arcgis, calculadora raster, de la extensión Spatyal Analys, teniendo en cuenta que esta ópera la totalidad de los valores en lámina de agua presentes en el mapa de escurrimiento superficial total. Como resultado final se obtuvo el valor de caudal presente en el área aferente al cauce principal de la quebrada Miraflores, expresado en millones de metros cúbicos/año:

OFERTA HIDRICA TOTAL = 27,915 millones m³/año

Finalmente aplicando los factores de reducción por régimen de estiaje (25%) y reducción por fuentes frágiles en cuanto a la reducción de la calidad del agua (25%), alternativa metodológica propuesta por el IDEAM, sobre la oferta hídrica superficial total, se estima la oferta hídrica disponible para lo cual se emplea la siguiente ecuación:

$$OH_N = OH_T - (OH_T * (R_{FF} + R_{RE}))$$

Dónde:

OH_N = Oferta hídrica neta (millones m³/año)

OH_T = Oferta hídrica total (millones m³/año)

R_{FF} = Factor de reducción por fuentes frágiles (%)

R_{RE} = Factor de reducción por régimen de estiaje (%)

OFERTA HIDRICA NETA = 13,9575 millones m³/año

La Oferta Hídrica calculada, corresponde a la disponibilidad de agua superficial presente en toda el área de la Subcuenca Miraflores la cual por condiciones topográficas y geomorfológicas escurre hacia un Talweg o Cauce Principal.

Los datos finales de la Oferta Hídrica Superficial, se obtuvieron del Documento de Índice de Escasez del Río Pasto elaborado anteriormente por CORPONARIÑO, ya que este fue adoptado y aprobado mediante Acto Administrativo, dando validez a los resultados ahí obtenidos.

Actualmente se han realizado ajustes relacionados con el perímetro de la Subcuenca Miraflores, acortando un poco su área con respecto a la calculada anteriormente. Este aspecto influiría en el valor actual de la Oferta Hídrica Neta Superficial disminuyendo un poco la cantidad de agua disponible de la Subcuenca.

Aparte de la disposición de agua superficial calculada, la Subcuenca cuenta principalmente en su parte media, con afloramientos naturales o nacimientos de agua, los cuales son altamente aprovechados por los habitantes, ganaderos y granjeros de la zona para uso domestico, agrícola y pecuario principalmente. Cabe mencionar que la disponibilidad de agua subterránea está influenciada por las condiciones climáticas y fisiográficas de la Subcuenca, de manera que también está relacionada con el comportamiento superficial de las aguas naturales.

La oferta de agua superficial se ve fuertemente alterada y limitada por la calidad del recurso hídrico debido a las descargas puntuales de origen domestico, industrial y de servicios, así como los vertimientos difusos o esporádicos de origen agrícola y pecuario.

- DEMANDA HIDRICA: La Demanda Hídrica Total de la Subcuenca Quebrada Miraflores fue calculada anteriormente por CORPONARIÑO como insumo para la determinación del Índice de Escasez de Agua Superficial de la Cuenca del Río Pasto.

Por lo tanto, para fines del presente Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico, se tuvo en cuenta dicha Demanda, cuya información y datos fueron extraídos del documento denominado “INDICE DE ESCASEZ DE AGUA SUPERFICIAL CUENCA RÍO PASTO 2008 - 2009”, el cual fue elaborado por la Corporación teniendo en cuenta la metodología desarrollada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

La Demanda Hídrica corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales (actividades antrópicas sociales y económicas) expresado en millones de metros cúbicos.

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

Donde:

DT = Demanda Total de agua

DUD = Demanda de Agua para Uso Doméstico

DUI = Demanda de Agua para uso Industrial.

DUS = Demanda de Agua para el Sector Servicios.

DUA = Demanda de Agua para Uso Agrícola.

DUP = Demanda de Agua para Uso Pecuario.

a) Demanda de Agua Uso Doméstico - DUD. Cantidad de agua consumida por la población urbana y rural para suplir sus necesidades, expresada en términos de volumen en metros cúbicos.

El cálculo de la demanda de agua para consumo humano se realiza empleando la siguiente expresión:

$$DUD = \text{Demanda per cápita urbana} * \text{número de habitantes urbanos} + \text{Demanda per cápita rural} * \text{número de habitantes rurales.}$$

b) Demanda de Agua Uso Industrial - DUI. Cantidad de agua consumida por los diferentes sectores de la industria manufacturera y extractiva. El cálculo de la demanda para uso industrial se realiza utilizando la siguiente expresión:

$$DUI = \sum_{i=1}^n Vp_i * Fc_i$$

En donde:

DUI = Demanda de agua para uso industrial

Vp i = Volumen de producción según sector económico

Fci = Factor de consumo según sector económico

c) Demanda de Agua para el Sector Servicios - DUS. Cantidad de agua consumida por el sector servicios incluye entre otros: comercio, transporte y almacenamiento, comunicaciones, bancos, seguros y servicios a empresas, alquileres de vivienda, servicios personales y servicios del gobierno.

El cálculo de la demanda para el sector servicios se realiza utilizando la siguiente expresión:

En donde:

DUS = Demanda de agua para el sector servicios

N i = Número de establecimientos por tipo de servicio

Fcs i = Factor de consumo por tipo de servicio

d) Demanda de Agua Uso Agrícola - DUA. La principal fuente de agua para la agricultura es la precipitación, los volúmenes adicionales necesarios para el desarrollo de cultivos, deben ser previstos por sistemas de riego.

La estimación de la demanda de agua se realiza a partir de la siguiente expresión:

En donde:

DUA = Demanda de agua para el sector agrícola

P = Precipitación

ETP = Evapotranspiración potencial

Kc = Coeficiente de uso de agua del cultivo (FAO 33)

ha = Número de hectáreas cultivadas

e) Demanda de Agua Uso Pecuario. Es el resultado de multiplicar el volumen de producción de animales de importancia comercial, por un factor de consumo promedio aproximado.

$$DUP = \sum_{i=1}^n V_{pai} \times Fca$$

En donde:

DUP: Demanda de agua para uso pecuario

Vpai: Volumen de producción por tipo de animal industrial

Fca: Factor de consumo según producción animal

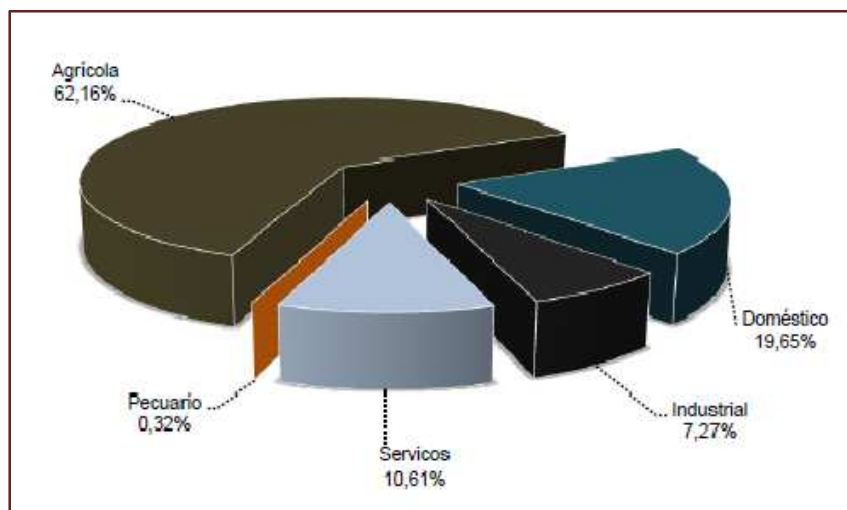
Aplicando las formulas descritas anteriormente y aplicando la metodología IDEAM, la Demanda Hídrica Total calculada para la Subcuenca Miraflores, expresada en millones de metros cúbicos al año, es la siguiente:

Cuadro 8. Demanda Total Subcuenca Quebrada Miraflores

	DUD (mm ³ /año)	DUI (mm ³ /año)	DUS (mm ³ /año)	DUA (mm ³ /año)	DUP (mm ³ /año)	DUTOTAL (mm ³ /año)
SubCuenca Quebrada Miraflores	1,1949	0,4419	0,6451	3,7800	0,0194	6,0813

Fuente: INDICE DE ESCASEZ DE AGUA SUPERFICIAL CUENCA RÍO PASTO - CORPONARIÑO 2008 – 2009

Grafica 7. Clasificación Demanda Sectorial Subcuenca Quebrada Miraflores



Fuente: INDICE DE ESCASEZ DE AGUA SUPERFICIAL CUENCA RÍO PASTO - CORPONARIÑO 2008 – 2009

La Demanda de Agua fue calculada para toda la Subcuenca Miraflores.

La mayor demanda de agua sectorial se presenta por uso agrícola, debido a la gran cobertura de suelo que presenta la Subcuenca destinada para la siembra de cultivos como papa, cebolla, hortalizas y pastos naturales para la ganadería semiintensiva e intensiva.

De acuerdo al Diagnostico efectuado, se pudo determinar que en la actualidad, las fuentes hídricas superficiales de la Subcuenca quebrada Miraflores son utilizadas principalmente para uso agrícola y pecuario, ya que el agua para uso domestico, consumo humano, industrial y de servicios es captada de nacimientos, afloramientos naturales o pozos subterráneos.

Teniendo en cuenta el actual nivel de intervención antrópica existente y su distribución en la Subcuenca Miraflores, las condiciones más adecuadas u optimas tanto de calidad como de cantidad del recurso hídrico superficial para su aprovechamiento y satisfacción de los usos demandados, se presentan principalmente en las partes altas de las corrientes o fuentes hídricas. Es por esto que la mayoría de las captaciones superficiales se concentran, refiriéndonos al Cauce Principal, en la parte alta de la Quebrada a excepción de la Bocatoma de EMPOPASTO SA ESP que está ubicada en la parte media ya que

cuenta con la infraestructura y recursos necesarios para el tratamiento y purificación del agua captada.

- **INDICE DE ESCASEZ:** Se establece como la relación entre la Oferta Hídrica Neta Superficial y la Demanda Total de Agua ejercida en el desarrollo de actividades económicas y sociales.

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

En donde:

I_E = Índice de escasez (%)

D = Demanda de agua (m³)

O_n = Oferta hídrica superficial neta (m³)

La escasez se registra cuando la cantidad de agua tomada de las fuentes existentes es tan grande que se suscitan conflictos entre el abastecimiento de agua para las necesidades humanas, las ecosistémicas, las de los sistemas de producción y las de las demandas potenciales (IDEAM, 2004).

En el siguiente cuadro se establece por categoría los umbrales críticos de presión sobre el recurso hídrico e interpretación del porcentaje de oferta hídrica utilizada.

Tabla 56. Umbrales Críticos De Presión, Índice De Escasez

CATEGORIA	% DE LA OFERTA HÍDRICA UTILIZADA	INTERPRETACIÓN
ALTO	> 40%	Existe fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda. En estos casos la baja disponibilidad de agua es un factor limitador del desarrollo económico. Se requieren fuertes inversiones económicas para mejorar la eficiencia en la utilización del agua en los sectores productivos y en los sistemas de abastecimientos de agua potable.
MEDIO	20 – 40%	Cuando los límites de presión exigen entre el 20 y el 40% de la oferta hídrica disponible es necesario el ordenamiento tanto de la oferta como de la demanda. Es menester asignar prioridades a los distintos usos y prestar particular atención a los ecosistemas acuáticos para garantizar que reciban el aporte hídrico requerido para su existencia. Se necesitan inversiones para mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos hídricos.
MODERADO	10 – 20%	Indica que la disponibilidad de agua se está convirtiendo en un factor limitador del desarrollo. Se debe implementar un mejor sistema de monitoreo y seguimiento del agua y desarrollar proyecciones del recurso hídrico a corto y largo plazo.
BAJO	<10%	No se experimentan presiones importantes sobre el recurso hídrico en términos de cantidad.

Fuente: Metodología índice de escasez. IDEAM, 2004.

Relacionando la Oferta Hídrica Neta Superficial con la Demanda Total de la Subcuenca Quebrada Miraflores, el Índice de Escasez calculado se relaciona en la Tabla 56.

Tabla 57. Índice De Escasez Subcuenca Quebrada Miraflores

	OFERTA NETA (mm ³ /año)	DEMANDA TOTAL (mm ³ /año)	INDICE ESCASEZ (%)	CATEGORIA
SubCuenca Quebrada Miraflores	13,9575	6,0813	43,57	ALTO

Fuente: INDICE DE ESCASEZ DE AGUA SUPERFICIAL CUENCA RÍO PASTO - CORPONARIÑO 2008 – 2009

El Índice de Escasez calculado de manera global para la Subcuenca Quebrada Miraflores presenta un porcentaje mayor al 40%, correspondiente a una categoría Alta de presión sobre el recurso hídrico, denotando una baja disponibilidad de agua en condiciones de calidad y cantidad aptas para la satisfacción de los usos demandados.

Este aspecto es un fuerte limitante para el desarrollo económico y humano que se pretenda acrecentar en el área de la Subcuenca Miraflores. Por lo tanto se considera urgente establecer medidas para intervenir en la recuperación, mantenimiento, ordenamiento y reglamentación del recurso hídrico.

El Índice de Escasez calculado para la Subcuenca, actualmente se está viendo reflejado en los conflictos presentados entre los distintos usuarios del recurso hídrico quienes se quejan por la falta de continuidad de agua y las condiciones variables de calidad de esta.

En la zona media y baja de la Subcuenca Miraflores no se presentan casi captaciones de aguas sobre las corrientes superficiales, principalmente por los niveles de contaminación que estas fuentes presentan. Por lo tanto puede existir una disponibilidad de agua en cantidad pero una gran limitante en calidad lo que requeriría de grandes inversiones en tratamiento y depuración para volverla apta para la satisfacción de los usos requeridos.

6.4 PERFIL DE MODELACIÓN O TOPOLOGIA

El Perfil de Modelación o Topología consiste en un diagrama diseñado en Excel, el cual permite visualizar la ubicación y distribución de los usuarios de calidad y cantidad identificados a lo largo de todo el trayecto del cauce principal de la fuente hídrica objeto de ordenamiento, desde su nacimiento hasta su desembocadura.

Es una herramienta técnica utilizada como insumo para el desarrollo y aplicación de modelos de simulación de calidad del agua, para identificar cuáles son los usos actuales que se le está dando a la corriente superficial y para proponer escenarios prospectivos.

La Topología está compuesta o estructurada por los siguientes elementos:

- Titulo y Leyenda: El titulo identifica el nombre de la fuente hídrica superficial objeto de ordenamiento y la Leyenda ubicada a un costado del esquema principal, relaciona con colores cada uno de los elementos que conforman el Perfil de Modelación.