



# DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TUNJUELO

## DEMANDA

## PRODUCTO 3

REALIZAR UNA PROPUESTA DE ESTRATEGIAS, METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS  
PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA, ASÍ COMO  
PARA DEFINIR LOS REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DEL SISTEMA DE  
INFORMACIÓN REGIONAL DEL RECURSO HÍDRICO  
ORDEN DE SERVICIO No. 2-02-4300-908-2013 EAB - EPAM



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: FI0203F08-02  
epam sa esp

BOGOTÁ  
HUMANANA

APP/04-12

## Objetivo:

PRESENTAR AL IDEAM Y A LOS FUNCIONARIOS DEL DISTRITO LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO DE:

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TUNJUELO

DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: FI0203F08-02

BOGOTÁ  
HUMANANA

# ASPECTOS GENERALES



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: FI0203F08-02



BOGOTÁ  
HUMANANA

The Bogotá Humana logo consists of the word "BOGOTÁ" in a multi-colored, bold, sans-serif font. Below it, the word "HUMANANA" is written in a black, sans-serif font, with a heart symbol integrated into the letter 'A'.

# CONCEPTOS DE LA DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO

**Demanda del Recurso Hídrico** es la extracción de agua del sistema natural, destinada a suplir las necesidades de consumo humano, la producción sectorial y las demandas de los ecosistemas no antrópicos. Incluye el agua extraída no consumida y el agua extraída consumida.

**Agua extraída no consumida:** Es el volumen de agua extraído del sistema natural, pero que no es utilizado efectivamente en ningún tipo de uso, retornando al sistema con variaciones en su calidad (caso de las pérdidas técnicas en los sistemas de acueducto).

**Consumo efectivo:** Es la cantidad real de agua utilizada en el consumo humano y en los procesos de producción económica, servicios y comercio, durante un período de tiempo dado. Incluye el consumo bruto más el almacenamiento menos las descargas



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

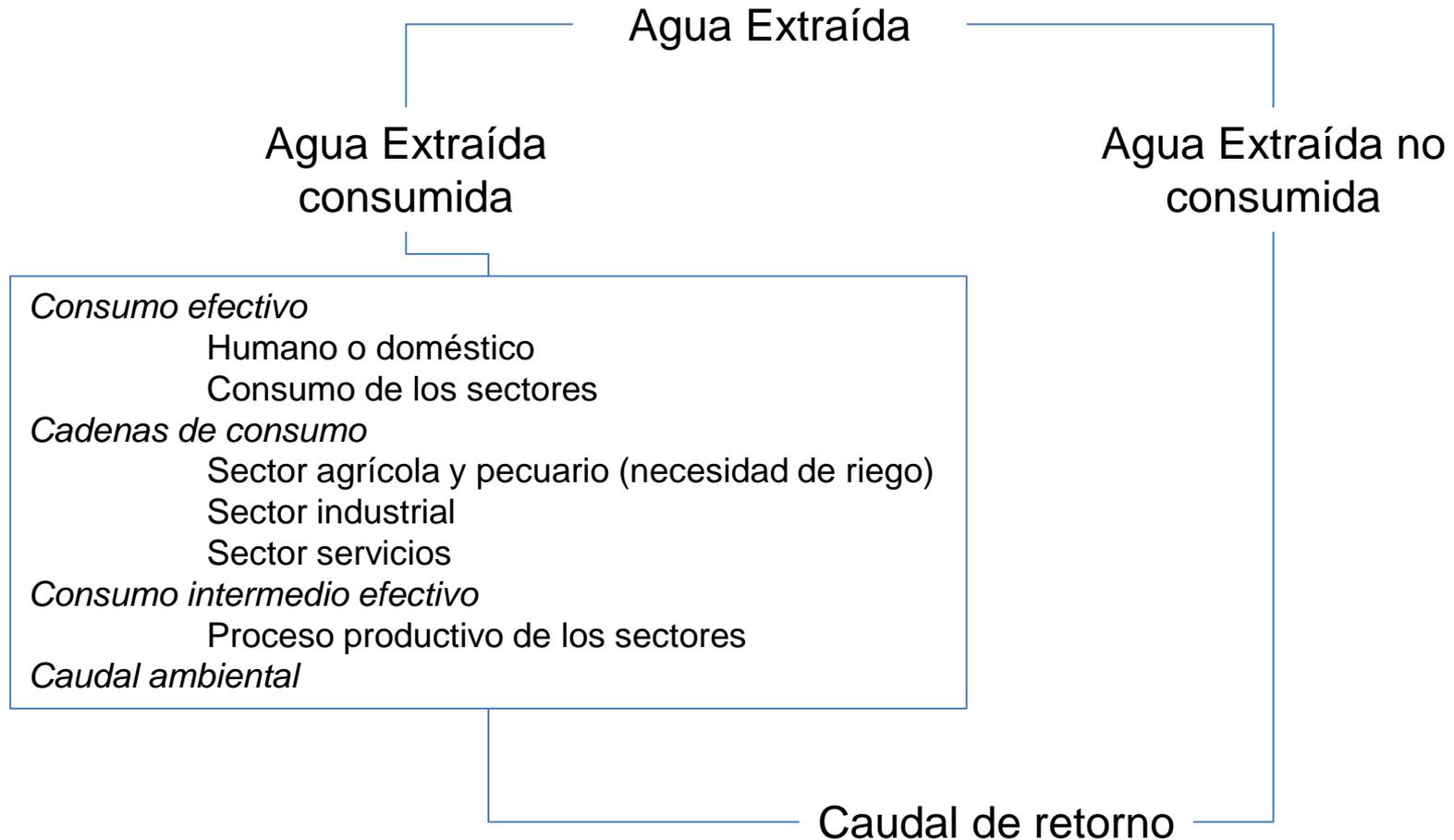


Formato: FI0203F08-02

Fuente: IDEAM, 2013

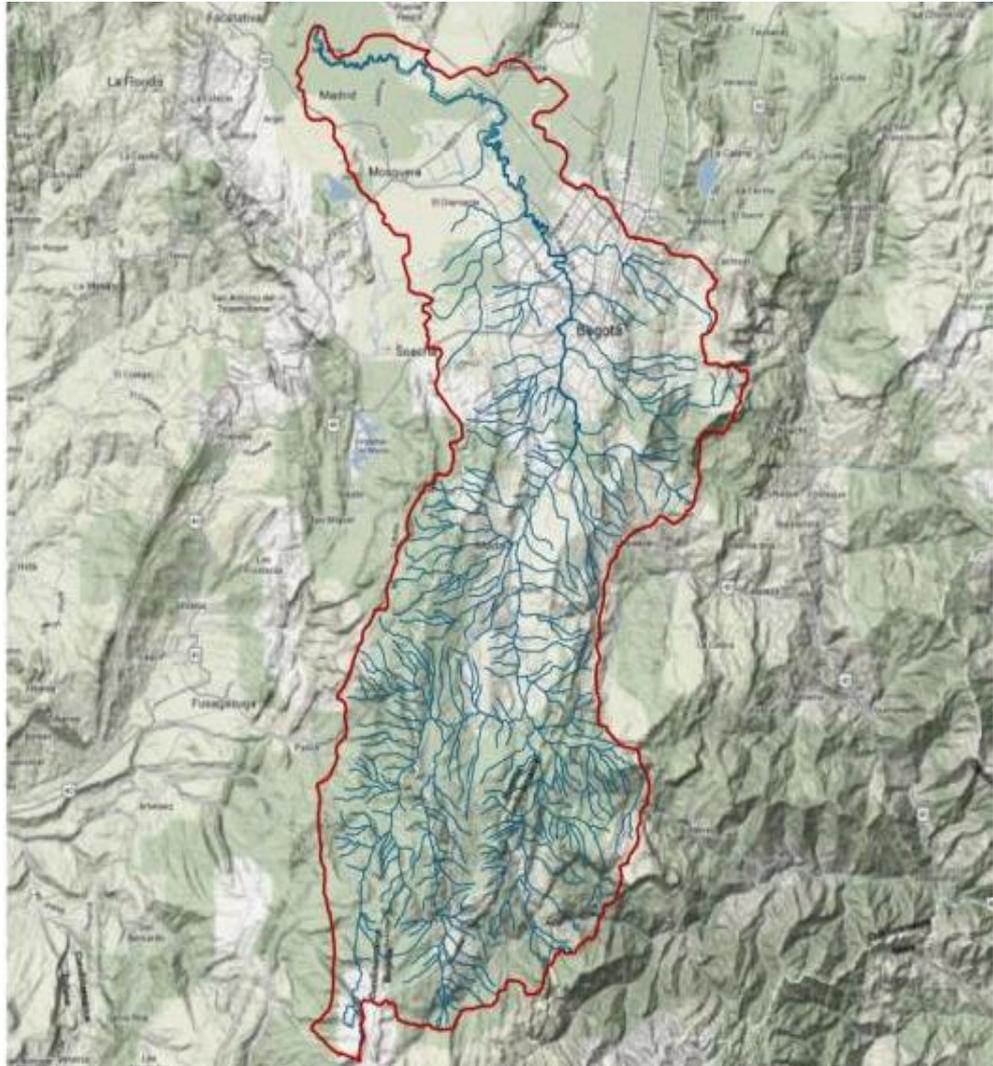
**BOGOTÁ**  
HUMANANA

# CONCEPTO DE LA DEMANDA DE AGUA



## Cuenca del Río Tunjuelo

Se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca y forma parte de la cuenca alta y media del río Bogotá. El río nace en el páramo de Sumapaz, a una altura de, aproximadamente, 3.450 msnm. Lo forman tres cauces principales, los ríos Mugroso, Chisacá y Curubital, que, al unirse, forman el cauce principal del río Tunjuelo.



# INFORMACIÓN UTILIZADA

- ✓ **Consumo humano en la zona urbana:** estadísticas de población al año 2012 a nivel de UPZ (SDP), mapas de localización de UPZ y localidad del Distrito Capital. Para la zona rural: datos de población POMCA de la cuenca, estadísticas y proyecciones del DANE. Estadísticas sobre concesiones de agua de la CAR para el sector rural.
- ✓ **Demanda sector servicios:** estadísticas de escolaridad y de salud de las Secretarías Distritales de Educación y Salud, información DANE, Ministerio de Protección Social, DNP y otras entidades. Estadísticas Cámara de Comercio de Bogotá por localidad y datos de POMCAs del río Tunjuelo de la CAR y la SDA.
- ✓ **Para la demanda de preservación de fauna y flora** se utilizaron las series de caudales de las estaciones de la EAB.
- ✓ **Sectores agrícola y pecuario:** estadísticas y mapas de cobertura vegetal y uso del suelo del POMCA del río Tunjuelo de la CAR, módulos de consumo establecidos por la CAR para la cuenca (Acuerdos 31 de 2005 y 4 y 29 de 2006), información ULATA de Usme.
- ✓ **Sector industrial:** estudios de la SDA sobre vertimientos industriales , información POMCAS del río Tunjuelo de la CAR y la SDA, datos Censo Inmobiliario del Catastro Distrital de los años 2012 y 2013.
- ✓ **Sector minero:** datos de los POMCAs del río Tunjuelo de la CAR y la SDA, módulos de consumo estimados por UIS-IDEAM, e informes de las industrias de la SDA.

# METODOLOGÍA DEL PRODUCTO

## Demanda del Recurso Hídrico



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: FI0203F08-02

El logo de Bogotá Humana, que muestra el texto "BOGOTÁ" en colores (B: azul, O: naranja, G: verde, O: rojo, T: negro) y "HUMANA" en negro, con un corazón rojo entre las H y A.

BOGOTÁ  
HUMANA

# INFORMACIÓN NECESARIA PARA DEMANDA

Sector	Fórmulas	Información necesaria y observaciones
<b>Consumo humano Ch</b>	$Ch = Cpc \cdot P + IANC$	<p>Consumo per cápita (Cpc): l/hab.día</p> <p>Población (P)</p> <p>Índice de agua no contabilizada IANC (por pérdidas técnicas); se da por lo general en % de Ch, por lo cual se debe estimar en L/s, multiplicando el resultado <math>Cpc \cdot P</math> por este porcentaje.</p> <p>El cálculo se debe hacer en forma separada para la población urbana y rural.</p> <p>Si no se dispone del consumo per cápita, se debe calcular por muestreo.</p> <p>Las proyecciones deben tener en cuenta el incremento de la población cada año y el posible decremento del consumo per cápita.</p> <p>Si se desea, el consumo en l/s se puede llevar a <math>m^3/s</math> o <math>m^3/año</math>.</p>
<b>Consumo del sector servicios y comercio</b>	$C_{ss} = C_c + O_f + O_t$ $C_c = C_{pu} \cdot U_{cc} + IANC$ $O_f = O_{fpu} \cdot U_{of} + IANC$ $O_t = O_{tpu} \cdot U_{ot} + IANC$	<p><math>C_c</math>: Consumo en hoteles, restaurantes y establecimientos de comercio.</p> <p><math>O_f</math>: Consumo en oficinas</p> <p><math>O_t</math>: Otros</p> <p>Normalmente, las empresas de acueducto no tienen datos desagregados para los diversos subsectores del sector servicios. Por esta razón se acostumbra estimar el consumo como un % del consumo humano Ch, y aplicar el mismo % de pérdidas técnicas asumido para Ch.</p>
<b>Consumo para preservación de fauna y flora</b>	$C_{pff} = Q_{75\%} \text{ o } Q_{85\%}$	<p>Equivale al caudal ambiental.</p> <p>Se estima como el percentil de excedencia del 75% o del 85% sobre la curva de duración de caudales medios diarios.</p>



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Fuente: Basado en IDEAM, 2013

# INFORMACIÓN NECESARIA PARA DEMANDA

Sector	Fórmulas	Información necesaria y observaciones
<p><b>Consumo del sector agrícola</b></p>	<p> <math>Csa = Da_{l/s.ha} * A</math>  <math>ETc = Kc * ETp</math> </p>	<p>Etc es la evapotranspiración del cultivo (en mm)                      ETp es la evapotranspiración de referencia potencial (en mm)                      Kc es el coeficiente del cultivo</p> $Kc_i = Kc_{prev} + \left[ \frac{i - \sum(L_{prev})}{L_{etapa}} \right] \times (Kc_{prox} - Kc_{prev})$ <p>                     Kci: Coeficiente del cultivo para el día i                      i: Número del día dentro de la etapa de crecimiento (1-duración de la etapa de crecimiento)                      L: Duración de la etapa considerada (días)  <math>\sum(L_{prev})</math>: Suma de las duraciones de las etapas previas (días)                 </p> $Da = 10 \sum_{i=1}^{Lp} \left[ \frac{(Kc \times ETp) - \left( \frac{P \times Ke}{100} \right)}{Kr} \right] \times A$ <p>                     Da: Requerimiento de agua del cultivo (m<sup>3</sup>/ha) (llevarlo a l/s.ha)                      10: Factor que aplica para convertir a m<sup>3</sup>/ha                      Lp: Duración del período de crecimiento (para <math>\sum</math> del día 1 al día Lp).                      Kc: Coeficiente de cultivo (adimensional)                      P: Precipitación (mm)                      Ke: Coeficiente de escorrentía (adimensional)                      Kr: Coeficiente de eficiencia de riego (adimensional)                      A: Área sembrada (ha)                 </p> <p>Dado que muchas veces no hay datos suficientes para calcular el requerimiento de agua de cada uno de los cultivos de una región, se acostumbra utilizar un módulo de riego medio en l/s.ha. Este módulo, multiplicado por el área, da la demanda total para riego agrícola.</p> <p>Otra forma alternativa es mediante encuestas entre productores para determinar el volumen de agua de riego utilizado en el año, y luego dividir este volumen por el área (ha) y por el número de segundos del</p>

# INFORMACIÓN NECESARIA PARA DEMANDA

Sector	Fórmulas	Información necesaria y observaciones
Consumo del sector pecuario	$C_{sp} = D_{p/l/s.ha} * A$ $C_{sp} = C_v + C_s + C_{ua}$	<p><math>C_v</math>: Consumo vital en cada fase del proceso productivo por especie (<math>m^3/cabeza.edad * \text{Número de cabezas}</math>)</p> <p><math>C_s</math>: Consumo en sacrificio (<math>m^3/año</math>)</p> <p><math>C_{ua}</math>: Consumo en lugares de manejo y alojamiento</p> <p>El <math>C_{ua}</math> de pastos de pastoreo o pastos de corte se puede considerar como un cultivo, por lo cual para su cálculo se puede utilizar la misma metodología de <math>C_{sa}</math>, estimando un módulo de riego de pastos. En caso de que haya estabulación, se debe agregar el consumo en el establo.</p> <p>Una forma alternativa de estimar <math>C_v</math> es mediante encuestas a productores sobre el agua consumida en un ciclo y en un año, y calcular el módulo de consumo en <math>m^3/cabeza.año</math>, valor a multiplicar por el número de cabezas (aves, puercos, etc, explotados en el año o en el ciclo para el cual se realiza el cálculo).</p> <p>El consumo en sacrificio debe estimarse sólo si éste se realiza en la finca. Si se realiza en mataderos urbanos, éstos deben considerarse como actividades industriales urbanas.</p>
Consumo recreativo	$C_r = Dev * A$	<p>En caso de cauces, embalse o lagunas utilizados exclusivamente para recreación activa, se debe calcular el área <math>A</math> (ha) y la evaporación a partir de superficies libres de agua, con base en registros de evaporación de tanque de estaciones cercanas. Con esta base se puede estimar el módulo consumo (<math>Dev</math>, en <math>l/s.ha</math>) de mantenimiento de estos cauces o cuerpo de agua, equivalente a su tasa de evaporación y estimar el consumo anual de agua en <math>l/s</math>. Si se trata de cauces con caudal ambiental o cuerpos de agua para fines energéticos, de riego o de acueducto, donde el uso recreativo es un plus, no habría necesidad de estimar el consumo de los mismos para fines recreativos, salvo que, para garantizar este uso, sea necesario establecer normas de regulación de niveles que impliquen un sacrificio de los usos principales.</p>

# INFORMACIÓN NECESARIA PARA DEMANDA

Sector	Fórmulas	Información necesaria y observaciones
Consumo industrial	$C_{si} = G_i + P_i + C + K$	<p> <i>G<sub>i</sub></i>: Consumo de diferentes sectores presentes en el área de estudio, sean grandes (G) o pequeños (P) (m<sup>3</sup>/año).  <i>C</i>: Consumo en construcción  <i>K</i>: Ajuste por cobertura                 </p> <p>                     Si la empresa de acueducto tiene registros de consumo de agua de la industria, se toma este dato. Si no tienen, se puede utilizar un % de <i>C<sub>h</sub></i> y adicionarlo con las pérdidas técnicas que le correspondan según el volumen utilizado. Lo mismo se aplica para la construcción.                 </p> <p>                     En los casos de industria rural, con concesiones de agua, el dato se debe tomar de la respectiva concesión, con verificación de campo. Este caso podría aplicarse en algunas grandes industrias urbanas con concesión de agua.                 </p> <p>                     En el caso de la construcción, un método alternativo es estimar el módulo de consumo de agua por metro cúbico de concreto, estimar la cantidad de concreto (incluido mortero) por metro cuadrado de construcción; y a partir de las estadísticas de metros cuadrados construidos en el año, estimar el consumo de agua en la industria. En todo caso, se debe tener cuidado en no duplicar el consumo, en los casos en que el concreto se fabrique en plantas industriales de concreto y su consumo de agua esté considerado en el uso industrial.                 </p>



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Fuente: Basado en IDEAM, 2013

# INFORMACIÓN NECESARIA PARA DEMANDA

Sector	Fórmulas	Información necesaria y observaciones
Consumo del sector energía	$C_e = V_{he} + V_{hf} + V_{ct}$	<p>Se consideran tres casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Centrales térmicas (<math>V_{ct}</math>). En este caso el agua es empleada principalmente para fines de enfriamiento y el cálculo se realiza de forma similar a cualquier otra industria.</li> <li>b) Embalses de generación (<math>V_{he}</math>). Éstos se utilizan para regular el caudal y poderlo utilizar en generación en horas pico o cuando la demanda del sistema interconectado lo justifique. Una vez utilizado, el caudal es descargado en la fuente, aguas abajo, por lo cual, para fines del balance hídrico de una unidad de análisis en particular, se puede considerar como un trasvase. En caso de que la descarga se realice dentro de la misma unidad de análisis, se debe considerar como un caudal de retorno. No obstante, se deben considerar las pérdidas por evaporación en el embalse como parte del mismo.</li> <li>c) Centrales al filo del agua (<math>V_{hf}</math>). En este caso no hay embalse de regulación sino una bocatoma que lleva el agua hasta la central y luego la descarga en la misma fuente o en otras vecinas. Como en el caso de las plantas con embalse, si la descarga se realiza en otra unidad de análisis o cuenca, se debe considerar como un trasvase. Si se realiza dentro de la misma unidad de análisis, se considera como un retorno.</li> </ul> <p>En el caso de embalses de propósito múltiple, se debe tener cuidado de no contabilizar la misma demanda para cada uso. En tal caso, el caudal de descarga del embalse se debe repartir entre los diferentes usuarios.</p>



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Fuente: Basado en IDEAM, 2013

# INFORMACIÓN NECESARIA PARA DEMANDA

Sector	Fórmulas	Información necesaria y observaciones
Consumo de minería	$C_m = C_{pp} + C_{aux} + A_{Mex} + K$ $C_{pp} = C_{exr} + C_{exp} + C_b + C_t$	<p>C<sub>pp</sub>: Consumo en el proceso productivo (m<sup>3</sup>/año)                      C<sub>aux</sub>: Consumo en actividades auxiliares (lavado de maquinaria, humectación de vías, etc) (m<sup>3</sup>/año)                      A<sub>Mex</sub>: Agua de mina extraída (hace parte del agua extraída no consumida) (m<sup>3</sup>/año)                      K: Ajuste por cobertura                      C<sub>exr</sub>: Consumo en la fase de exploración (m<sup>3</sup>/año)                      C<sub>exp</sub>: Consumo en la fase de explotación (m<sup>3</sup>/año)                      C<sub>b</sub>: Consumo en la fase de beneficio (m<sup>3</sup>/año)                      C<sub>t</sub>: Transformación (m<sup>3</sup>/año)</p> <p>El cálculo del consumo se puede hacer mediante la utilización de estándares (módulos) de agua consumida por unidad de producto o por actividad. En cada fase, al agua consumida se debe adicionar el agua almacenada, el agua extraída de mina y la reinyección, según sea el caso.</p> <p>El consumo de agua en la actividad minera depende del producto explotado, la tecnología utilizada, el volumen de producción, el número de trabajadores y otros aspectos, por lo cual no conviene generalizar.</p>



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

Fuente: Basado en IDEAM, 2013



# INFORMACIÓN NECESARIA PARA DEMANDA

Sector	Fórmulas	Información necesaria y observaciones
<b>Consumo de pesca, maricultura y acuicultura</b>	$Cspma = (P1 * CSC) + (P2 * CNC)$	<p>En el caso de la acuicultura:</p> <p>P1: Producción de peces en sistemas confinados (ton/año)</p> <p>CSC: Coeficiente de rendimiento a densidades finales, en sistemas confinados en tierra (m<sup>3</sup>/kg).</p> <p>P2: Producción de peces en sistemas no confinados (ton/año)</p> <p>CNC: Coeficiente de rendimiento a densidades finales en sistemas no confinados (m<sup>3</sup>/kg).</p> <p>El coeficiente de rendimiento varía con la especie de pez, el tamaño de los estanques (diámetro) y el número de animales por estanque, toda vez que el cálculo se hace con base en el consumo de oxígeno.</p> <p>El agua extraída no consumida corresponde a pérdidas por infiltración y evaporación.</p> <p>Para pesca y maricultura no existe metodología adoptada para los ERA. No obstante, la demanda para pesca en ríos puede formar parte del caudal ambiental, mientras que en embalses y lagos constituye, al igual que para la recreación, un plus, a no ser que, para el mantenimiento de la pesca sea necesario establecer normas específicas de operación que reduzcan el agua disponible para otros usos.</p>



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

Fuente: Basado en IDEAM, 2013

**BOGOTÁ**  
HUMANA

# INFORMACIÓN NECESARIA PARA DEMANDA

Sector	Fórmulas	Información necesaria y observaciones
Consumo para navegación y transporte acuático	$Cnt = f(\text{caudales, variabilidad, condiciones físicas del cauce})$	<p>La demanda de agua para navegación implica la regulación del flujo y el mantenimiento de unas condiciones de sección (ancho y profundidad) que permita el desplazamiento de la nave de diseño por el canal. Dado que no todos los ríos son navegables, es importante, en primer lugar, determinar si en la unidad de análisis existen ríos navegables o con potencial navegable. En caso de que así sea, se debe establecer la capacidad del cauce para diferentes tipos de embarcaciones, en función de sus caudales y variabilidad (régimen) de los mismos, forma del cauce, y determinar la nave de diseño para el canal navegable. Sólo así será posible determinar la demanda mínima de agua para soportar la actividad de navegación y transporte.</p>
Todos	<p>Cálculo de IASAP = <math>Q_{sub}/P_s</math></p> <p><math>Q_{sub}</math> = Total agua consumida para abastecimiento público (m<sup>3</sup>/s).</p> <p><math>P_s</math> = Población servida (hab)</p>	<p>IASAP = Índice de uso de agua subterránea para abastecimiento público.</p> <p><math>Q_{sub}</math> = Total consumo de agua subterránea para consumo humano (m<sup>3</sup>/s)</p> <p><math>P_s</math> = Población servida con aguas subterráneas (# hab)</p>



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



ACUEDUCTO AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Fuente: Basado en IDEAM, 2013

# INFORMACIÓN NECESARIA PARA DEMANDA

Sector	Información necesaria y observaciones
<b>NOTAS GENERALES</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) La estimación de la demanda se debe empezar por los sectores, las áreas y los usuarios más representativos, hasta alcanzar en el mediano plazo, el 100% de la jurisdicción, el 100% de usuarios y el 100% del consumo de agua.</li><li>2) Se deben desarrollar procedimientos de captura de datos (encuestas, entrevistas, etc), para apoyar el cálculo o actualización de módulos de consumo adecuados a cada región y uso.</li><li>3) Se debe documentar, en lo posible, el proceso de evaluación de la demanda.</li><li>4) La unidad de medida es el consumo por usuario en la unidad de tiempo. El usuario es la persona, establecimiento, especie de unidad pecuaria, cultivo de unidad agrícola, etc.</li><li>5) La unidad de cálculo es una unidad menor que la unidad de análisis, sobre la cual se estiman las demandas que, posteriormente, se deben agregar a nivel de las unidades de análisis.</li><li>6) La unidad espacial de análisis es la cuenca, sector de cuenca o sistema acuífero.</li><li>7) Son básicas las siguientes fuentes de información:<ul style="list-style-type: none"><li>- Registros del censo de usuarios del agua</li><li>- Reportes de usuarios continuos (en especial grandes usuarios)</li><li>- Reportes del Formulario Único de Inventarios de Aguas Subterráneas FUNIAS</li><li>- Mapas de usos del suelo</li><li>- Reportes de consumo de agua por usuario</li><li>- Población y tasas de crecimiento</li><li>- Tendencias de crecimiento de la economía regional</li><li>- Otros.</li></ul></li><li>8) IASAP: Índice de agua subterránea para abastecimiento público</li></ol>



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Fuente: Basado en IDEAM, 2013

# INDICADORES DE DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO

Indicador	Fórmula	Significado, información necesaria y otros aspectos
<p><b>Índice de uso del agua IUA</b></p>	<p>IUA =  <math>(Dh/OHRD) \cdot 100</math>                      Dh = <math>\Sigma</math>(volumen de agua extraída para usos sectoriales en un período determinado)                      OHRD = Oferta hídrica superficial regional disponible</p>	<p>Significado: Mide la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, con respecto a la oferta hídrica regional disponible neta, en un período determinado (mensual, anual) y en una unidad dada de análisis. Varía entre 0 y 100%. Mientras más alta mayor presión de la demanda.</p> <p>Información necesaria: Demanda total de agua superficial por los diferentes sectores usuarios (m<sup>3</sup>) (ver capítulo de demanda)</p> <p>Oferta hídrica superficial disponible: Se puede calcular por balance hídrico, por modelo lluvia – caudal, o a partir de datos de caudal de la estación hidrométrica (ver capítulo de oferta en Metodología para la evaluación regional del agua). La OHRD se debe calcular para condiciones medias y secas (año típico seco), según las series de caudales medios y mínimos mensuales de más de 15 años de registro.</p> <p>Cartografía básica del IGAC a escala 1:100.000, 1:25.000 o mayor.</p> <p>Forma de representación: Mapa de áreas de condiciones iguales de IUA</p>

# INDICADORES DE DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO

Indicador	Fórmula	Significado, información necesaria y otros aspectos
<p><b>Índice de extracción de agua subterránea IEAS</b></p>	<p>IEAS = Extracción total de agua subterránea/Recarga * 100</p>	<p><i>Significado:</i> Indicador de estado que mide el nivel actual de intensidad de uso que se hace de la oferta renovable de aguas subterráneas de un acuífero o sistema acuífero. Varía entre 0 y 100%. Mientras más alto mayor la intensidad de uso. Se calcula con periodicidad anual.</p> <p><i>Información necesaria:</i> Recarga media anual del acuífero o sistema acuífero, u oferta renovable de agua subterránea . La recarga se puede estimar por métodos tales como: balance hídrico, simulación numérica de la infiltración vertical, ley de Darcy para calcular rata recarga/descarga, mediciones de campo con pozos de observación, y modelo hidráulicos de flujo de aguas subterráneas, entre otros (ver capítulo de oferta). Extracción total de agua subterránea para los diferentes usuarios (ver capítulo de demanda)</p> <p>Delimitación unidad de análisis debe ser muy cuidadosa, porque normalmente no coinciden las profundidades y tomas de captación con los límites de las unidades geológicas.</p> <p>Cartografía geológica a escala adecuada.</p> <p>Cartografía hidrogeológica (MHC, mapas de flujos, otros)</p> <p>Cartografía básica del IGAC a escala 1:100.000, 1:25.000 o mayor.</p> <p><i>Forma de representación:</i> Mapa de acuíferos de iguales condiciones de IEAS</p>

# INDICADORES DE DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO

Indicador	Fórmula	Significado, información necesaria y otros aspectos
<p><b>Índice de agua subterránea para abastecimiento público con respecto al número de habitantes IASAP</b></p>	<p>IASAP = Agua subterránea para abastecimiento público/Número habitantes</p>	<p><i>Significado:</i> Indicador de estado que mide la cantidad de agua subterránea por habitante. Se expresa en unidades de volumen o caudal por habitante (l/hab.día). Mientras más alto mayor la intensidad de uso. Se calcula con periodicidad anual.</p> <p><i>Información necesaria:</i> Volumen anual de agua subterránea consumido para abastecimiento público, transformado en caudal por día.</p> <p>Población total abastecida con agua subterránea en la unidad</p> <p>Cartografía básica del IGAC a escala 1:100.000, 1:25.000 o mayor.</p> <p><i>Forma de representación:</i> Mapa de unidades de análisis de iguales condiciones de IASAP</p>



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

Fuente: Basado en IDEAM, 2013



# INDICADORES DE DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO

Indicador	Fórmula	Significado, información necesaria y otros aspectos
<p><b>Índice integral de uso del agua IIUA</b></p>	$IIUA = \frac{D}{O_{rg} + O_d}$ <p>D = Demanda total sectorial</p> <p>O<sub>rg</sub> = Oferta renovable de aguas subterráneas (recarga).</p> <p>O<sub>d</sub> = Oferta de agua superficial disponible</p>	<p><i>Significado:</i> Mide la presión por uso en relación con la oferta disponible de aguas superficiales y la oferta renovable de aguas subterráneas. Se expresa en unidades de volumen o caudal por habitante. Mientras más alto mayor la presión de uso. Se calcula con periodicidad anual.</p> <p><i>Información necesaria:</i> Demanda total de agua de los diferentes sectores usuarios (m<sup>3</sup>) (ver capítulo de demanda)</p> <p>Oferta hídrica superficial disponible: Se puede calcular por balance hídrico, por modelo lluvia – caudal, o a partir de datos de caudal de la estación hidrométrica (ver capítulo de oferta).</p> <p>Recarga media anual del acuífero o sistema acuífero, u oferta renovable de agua subterránea (ver capítulo de oferta). La recarga se puede estimar por métodos tales como: balance hídrico, simulación numérica de la infiltración vertical, ley de Darcy para calcular rata recarga/descarga, mediciones de campo con pozos de observación, y modelo hidráulicos de flujo de aguas subterráneas, entre otros (ver capítulo de oferta).</p> <p>Delimitación unidad de análisis para agua subterránea debe ser muy cuidadosa, porque normalmente no coinciden las profundidades y tomas de captación con los límites de las unidades geológicas.</p> <p>Cartografía geológica a escala adecuada.</p> <p>Cartografía hidrogeológica (MHC, mapas de flujos, otros)</p> <p>Cartografía básica del IGAC a escala 1:100.000, 1:25.000 o mayor.</p> <p><i>Forma de representación:</i> Mapa de unidades de análisis de iguales condiciones de IIUA</p>

# GENERALIDADES CUENCA DEL RÍO TUNJUELO



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: FI0203F08-02



BOGOTÁ  
HUMANANA

The Bogotá Humana logo consists of the word "BOGOTÁ" in a multi-colored, bold, sans-serif font. Below it, the word "HUMANANA" is written in a black, bold, sans-serif font. A small heart symbol is integrated into the letter 'A' of "HUMANANA".

# ASPECTOS GENERALES DE LA CUENCA

Jurisdicciones ambientales en el territorio de la cuenca

Entidad	Área (Ha)	(%) de Jurisdicción
Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR	29.216,45	71,32
Secretaría Distrital de Ambiente – SDA	11.387,03	27,80
Unidad de Parques Nacionales Naturales - UAESPNN	358,80	0,88
<b>TOTALES</b>	<b>40.962,28</b>	<b>100,00</b>

Participación de las áreas urbana y rural en la cuenca

Localidad	Área total (ha)	Área dentro de la cuenca (ha)	% Área parcial dentro de la cuenca	% Área total dentro de cuenca
Bosa	1.938,32	1.271,88	65,62%	3,11%
Kennedy	1.383,00	794,92	57,48%	1,94%
Tunjuelito	1.049,16	1.017,80	97,01%	2,48%
Rafael Uribe	1.309,41	719,23	54,93%	1,76%
San Cristóbal	1.373,08	777,96	56,66%	1,90%
Usme	3.249,34	3.249,34	100,00%	7,93%
Ciudad Bolívar	3.502,71	3.502,71	100,00%	8,55%
Puente Aranda	692,00	53,18	7,69%	0,13%
<b>Subtotal urbano Bogotá</b>	<b>14.497,02</b>	<b>11.387,03</b>	<b>78,55%</b>	<b>27,80%</b>
Veredas Usme	28.444,13	27.506,43	96,70%	67,15%
<b>Subtotal en Bogotá</b>	<b>42.941,15</b>	<b>38.893,46</b>	<b>90,57%</b>	<b>94,95%</b>
Soacha urbano	2.679,00	1.106,04	41,29%	2,70%
Soacha rural	5.273,14	962,78	18,26%	2,35%
<b>Subtotal en Soacha</b>	<b>7.952,14</b>	<b>2.068,82</b>	<b>26,02%</b>	<b>5,05%</b>
<b>Total cuenca</b>	<b>50.893,29</b>	<b>40.962,28</b>	<b>80,49%</b>	<b>100,00%</b>



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

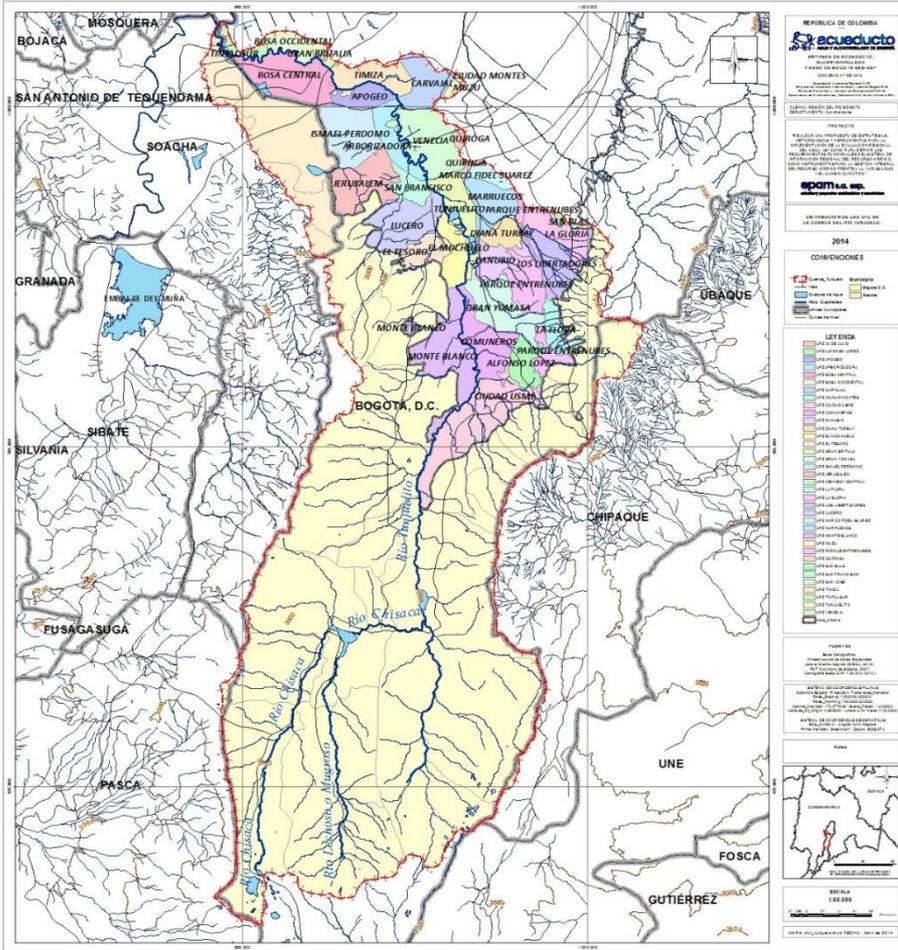


acueducto AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

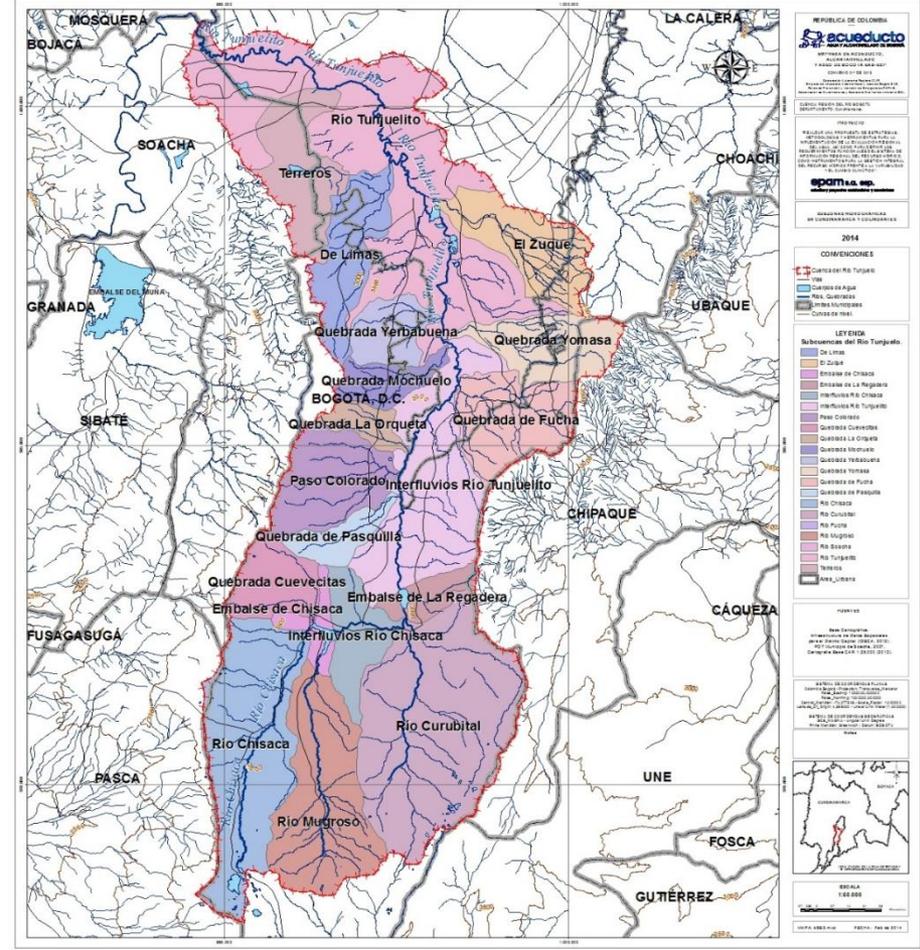


# ASPECTOS GENERALES DE LA CUENCA

UPZ en el territorio de la cuenca



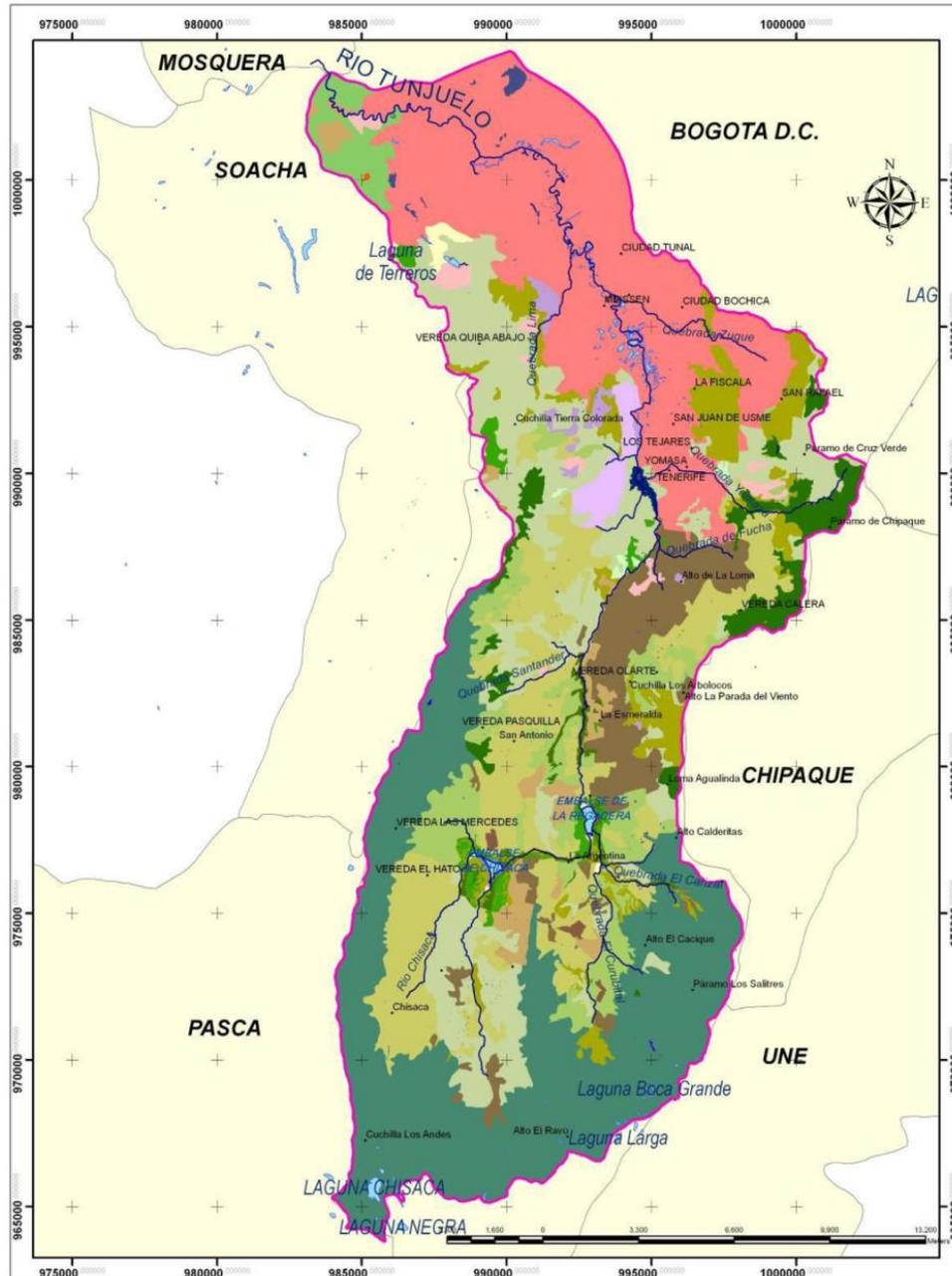
Subcuencas de la cuenca del río Tunjuelo



# COBERTURA DEL SUELO EN LA CUENCA

GRUPO	USO	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA %
TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	ZONAS URBANIZADAS	Tejido urbano continuo	8.686,77	20,91
		Tejido urbano discontinuo	345,58	0,83
	ZONAS DE EXTRACCIÓN MINERA Y ESCOMBRERAS	Explotaciones mineras	273,20	0,66
		Relleno sanitario Doña Juana	425,52	1,02
<b>Subtotal territorios artificializados</b>			<b>9.731,07</b>	<b>23,43</b>
TERRITORIOS AGRÍCOLAS	CULTIVOS ANUALES O TRANSITORIOS	Papa	2.305,97	5,55
		Otros cultivos transitorios	67,29	0,16
	PASTOS	Cultivos confinados (viveros y flores)	4,84	0,01
		Pastos tecnificados	657,07	1,58
		Pastos limpios	2.489,32	5,99
	MOSAICO DE ÁREAS AGROPECUARIAS HETEREOGÉNEAS	Pastos arbolados – enmalezados o enrastrados	6.109,35	14,71
		Mosaico de cultivos y pastos	811,72	1,95
Mosaico de pastos y cultivos	5.199,41	12,52		
<b>Subtotal territorios agrícolas</b>			<b>17.644,98</b>	<b>42,48</b>
BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	BOSQUES	Bosque alto andino	1.272,80	3,06
		Bosque secundario	242,93	0,58
		Bosque plantado	458,50	1,10
	ÁREAS CON VEGETACIÓN HERBÁCEA Y/O ARBUSTIVA	Vegetación de páramo y subpáramo	9.303,54	22,40
		Matorrales – arbustales o rastrojos	2.285,46	5,50
		Arbustales de retamo	19,00	0,05
	ÁREAS ABIERTAS SIN O CON POCA VEGETACIÓN	Afloramientos rocosos	0,78	0,00
		Tierras desnudas o degradadas	141,37	0,34
Rastrojos o pajonales en tierras eriales		68,41	0,16	
<b>Subtotal bosques y áreas seminaturales</b>			<b>13.792,79</b>	<b>33,21</b>
SUPERFICIES DE AGUA	AGUAS CONTINENTALES	Ríos	65,07	0,16
		Lagunas – lagos y ciénagas	122,39	0,29
		Embalses y cuerpos de agua artificiales	115,84	0,28
		Presa seca cantarrana	62,36	0,15
<b>Subtotal superficies de agua</b>			<b>365,66</b>	<b>0,88</b>
<b>TOTAL</b>			<b>41.534,50</b>	<b>100,00</b>

# COBERTURA DEL SUELO EN LA CUENCA



Fuente:  
POMCA Tunjuelo CAR, 2007

# RESULTADOS OBTENIDOS

## ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO TUNJUELO



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: FI0203F08-02

El logo de Bogotá Humana, que muestra el texto 'BOGOTÁ' en colores (B: azul, O: naranja, G: verde, O: rojo, TÁ: negro) y 'HUMANA' en negro con un corazón rojo en la 'U'.

BOGOTÁ  
HUMANA

# CONSUMO HUMANO

## Consumo doméstico urbano

Se usó el mapa de la cuenca sanitaria del río Tunjuelo de la EAB.

Se obtuvo de SDP la población y límites a nivel de UPZ para el año 2012.

Se calculó la densidad de población por UPZ en hab/ha.

Se calculó el área de cada UPZ dentro de la cuenca y se estimó la población de cada UPZ dentro de la cuenca sanitaria.

Se tomaron como base estudios existentes sobre evolución consumo sector residencial, y se seleccionaron las dotaciones correspondientes a las zonas 3-4-5 de la EAB, donde se ubica la cuenca del Tunjuelo.

Año	Dotación neta para uso residencial zonas 3-4-5 EAB (L/hab.d)
2008	68,00
2009	68,10
2010	65,88
2011	67,91
2012	70,43
2013	71,89
<b>Promedio 2012-2013</b>	<b>71,16</b>

EAB, Datos de consumo – Micromedición 2008-2013.xlsx

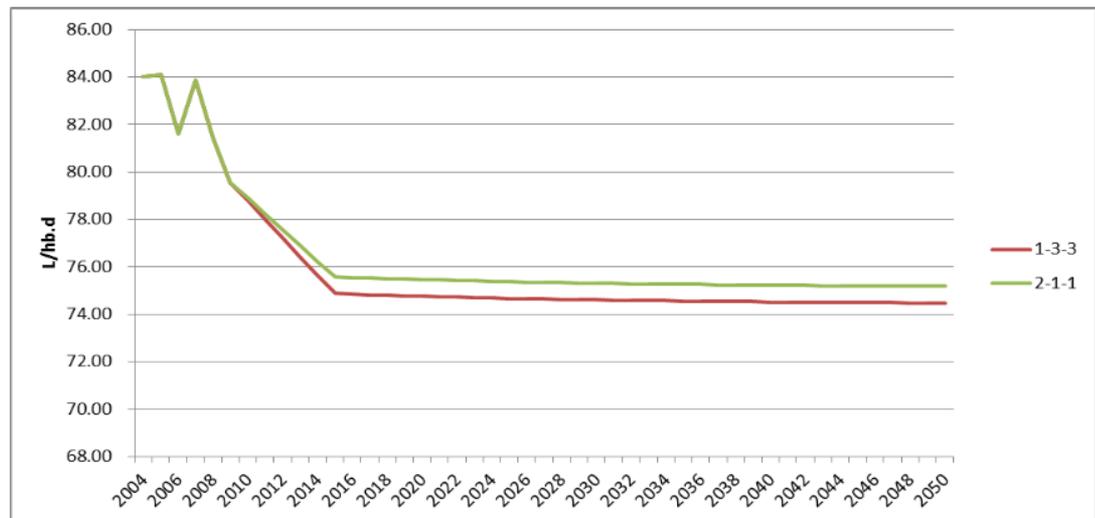
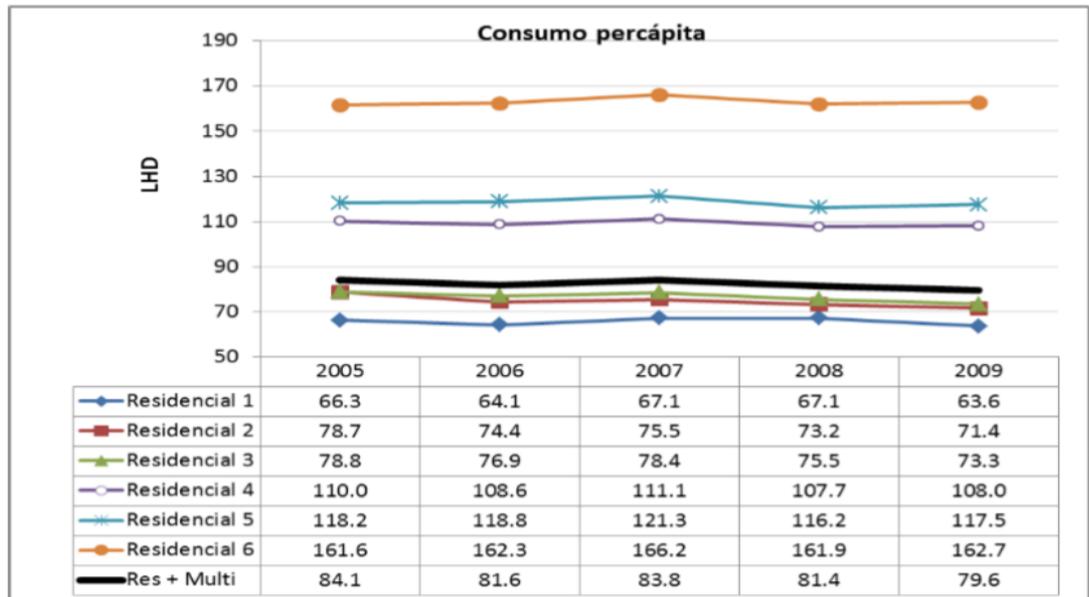


ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02



EAB – Cubillos, R, 2010

# CONSUMO HUMANO

## Consumo doméstico urbano

Se consultó la información EAB histórica de pérdidas totales o IANC.

Se tomó como IANC el promedio de las zonas 4 y 5 de la EAB para los años 2012-2013.

El cálculo de la demanda se hizo así:

$$P = D * A$$

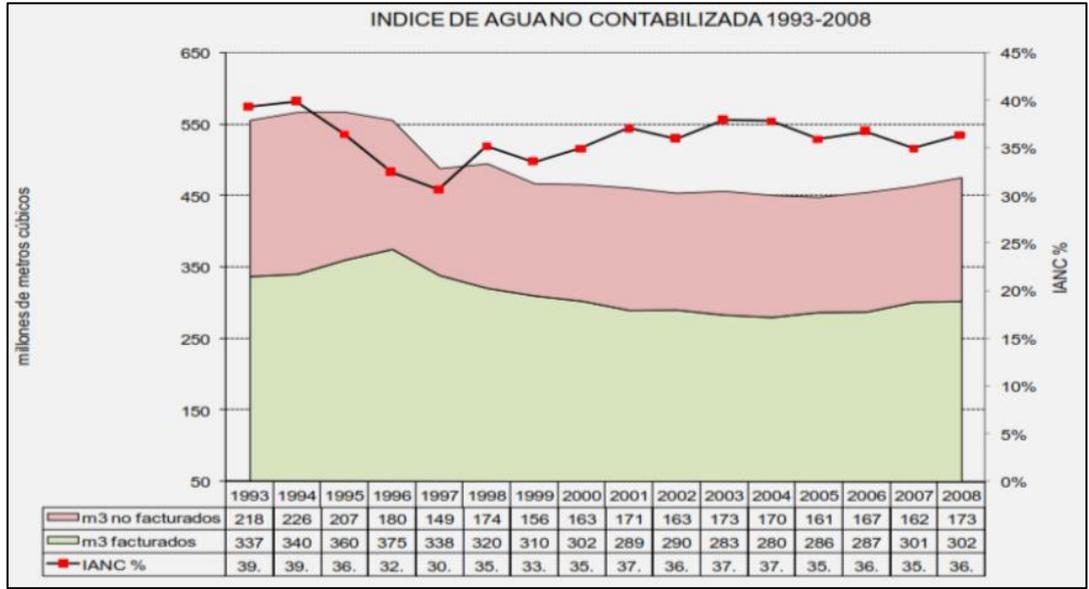
Donde P es la población, D es la densidad (hab/ha) y A el área de cada UPZ en ha.

$$Cpc_{bruta} = Cpc_{neta} / (1 - IANC)$$

Donde  $Cpc_{bruta}$  es la dotación bruta en L/hab.d,  $Cpc_{neta}$  es la dotación neta en L/hab.d, y IANC es el índice de pérdidas no contabilizadas en % (41,80%, convertido a fracción de 1 para el cálculo).

Con base en la dotación bruta residencial y en la población actual por UPZ, se calculó la demanda total media anual de agua para uso doméstico urbano en la cuenca así:

$$Chu_{urbano} = \sum P_{UPZ} * Cpc_{bruta} / 86.400, \text{ en L/s}$$



EAB – Cubillos, R, 2010

Año	IANC (%)			Promedio zonas 4 y 5
	Zona 3	Zona 4	Zona 5	
2008	34,58	42,02	39,69	40,86
2009	37,18	42,59	38,25	40,42
2010	38,03	44,17	37,74	40,96
2011	40,71	44,57	38,22	41,40
2012	39,67	45,39	38,39	41,89
2013	37,05	45,06	38,34	41,70
<b>Promedio 2012-13</b>				<b>41,80</b>

EAB, Datos de IANC – IPUF por zonas 2008-2013.xls



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



acueducto AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

**Chu<sub>urbano</sub>: Demanda de agua para consumo doméstico urbano en la cuenca**

**3.125,30 L/s**

# CONSUMO HUMANO

## Consumo doméstico rural y Soacha y consumo doméstico total

Se calculó la población por vereda de manera similar a la urbana:

$$P = D \cdot A$$

La dotación neta se tomó de la OPS, debido a que los datos existentes no permiten estimar dotación para la cuenca. El IANC se estimó a partir de la diferencia entre los caudales concesionados para uso doméstico y la dotación OPS:

$$Cpc_{neta} = 40 \text{ L/hab.día}$$

$$IANC = 54,28\%$$

$$Cpc_{bruta} = Cpc_{neta} / (1 - IANC) = 87,49 \text{ L/hab.día}$$

$$Chu_{rural} = \sum_{vereda} Cpc_{bruta} / 86.400, \text{ en L/s}$$

Área	Consumo
Rural cuenca	12,81 L/s
Rural y urbano Soacha	36,99 L/s
<b>Chu<sub>rural y Soacha</sub> : Demanda de agua para consumo doméstico rural y urbano Soacha</b>	<b>49,80 L/s</b>

Área	Consumo doméstico total
Chu <sub>urbano</sub>	3.125,30 L/s
Chu <sub>rural</sub>	49,80 L/s
<b>Ch = Chu<sub>urbano</sub> + Chr<sub>rural y Soacha</sub></b>	<b>3.175,10 L/s</b>



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



ACUEDUCTO  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

BOGOTÁ  
HUMANANA

# CONSUMO SECTOR SERVICIOS

## Consumo servicios educativos

Se partió de la población total de estudiantes y profesores y administrativos del sector oficial y no oficial, según Encuesta de Calidad de Vida 2012, por localidad.

Se adoptó una dotación equivalente a 1/3 de la dotación de un habitante en sector residencial.

Se utilizó el mismo IANC urbano.

$$Cse = \Sigma P_{\text{estudiantes+prof}} * Cpc_{\text{bruta}} / 86.400, \text{ en L/s}$$

$$Cse = 600.995 \text{ hab} * 40,76 \text{ L/hab.d} / 86.400$$

Localidad	Nivel de escolaridad oficial					% Cuenca	Escolaridad cuenca
	Preescolar	Primaria	Secundaria	Media	Total		
Total estudiantes	45,121	275,154	252,511	103,416	676,202		441,193
Profesores y administrativos					32,702		21,337
<b>Total</b>							<b>462,530</b>

Localidad	Nivel de escolaridad no oficial					% Cuenca	Escolaridad cuenca
	Preescolar	Primaria	Secundaria	Media	Total		
Total estudiantes	34,877	72,865	55,158	24,864	187,764		117,516
Profesores					33,471		20,949
<b>Total</b>							<b>138,465</b>

ECV, 2012



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



agua y alcantarillado de bogotá

**Cse. Demanda de agua para consumo de servicios educativos en la cuenca**

**283,56 L/s**

# CONSUMO SECTOR SERVICIOS

## Consumo servicios de salud

Se partió de las estadísticas de establecimientos personal de salud, camas, % de ocupación, camas ocupadas y número de consultas diarias de diversas fuentes (MinProtección, otros), por localidad.

Según las mismas fuentes, se adoptaron dotaciones según el tiempo promedio y usos en el establecimiento, con respecto a un habitante en sector residencial.

Se utilizó el mismo IANC urbano.

$$Csa = \Sigma P_{\text{personal involucrado}} * Cpc_{\text{bruta}} / 86.400, \text{ en L/s}$$

$$Csa_{\text{personal salud}} = 122,27 \text{ L/hab.d} * 40.381 \text{ hab} / 86.400 = 57,15 \text{ L/s}$$

$$Csa_{\text{personal consulta}} = 34,36 \text{ L/hab.d} * 8.022 \text{ hab} / 86.400 = 3,19 \text{ L/s}$$

$$Csa_{\text{personal hospitalizado}} = 122,27 \text{ L/hab.d} * 1.433 \text{ hab} / 86.400 = 2,02 \text{ L/s}$$

Localidad	UPAS	UBAS	CAMI	Hospital I	Hospital II	Hospital III	IPS privadas	Total
<b>Total establecimientos</b>	40	17	9	5	1	3	810	885
<b>Personal promedio /establecimiento</b>	25	12	40	182	227	410	45	
<b>Total personal</b>	1.000	204	360	910	227	1.230	36.450	40.381
<b>Camas/1000 hab (2)</b>				0.12	0.14	0.34	0.14	
<b>Camas</b>				371	433	1051	433	
<b>% ocupación (2)</b>				36.0%	57.4%	76.4%	57.4%	
<b>Camas ocupadas (personal hospitalizado)</b>				133	248	803	248	1433

Nivel	Concepto	Total pacientes
1	Pacientes por consulta médica, odontológica, control, enfermería, salud mental o laboratorio	3.494
2	Pacientes por consulta médica, odontológica, control, enfermería, salud mental o laboratorio	1.196
3	Pacientes por consulta médica, odontológica, control, enfermería, salud mental o laboratorio	3.332
	<b>Total diario</b>	<b>8.022</b>

Ministerio Protección Social, 2012; otros, 2014



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



ACUEDUCTO  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

**Css. Demanda de agua para consumo de servicios de salud en la cuenca**

**62,36 L/s**



# CONSUMO SECTOR SERVICIOS

## Consumo servicios de hoteles, restaurantes y establecimientos de comercio

Se partió de las estadísticas disponibles de número de establecimientos de restaurantes y hoteles y comercios, distribuidos según su tamaño, según registros de la Cámara de Comercio para las localidades de la cuenca.

Según las mismas fuentes, se adoptó un número promedio de empleados para cada tipo de tamaño de establecimiento y un número promedio de clientes por día.

Se adoptaron dotaciones según tiempo promedios de estadía y usos en el establecimiento, para empleados y clientes.

Se utilizó el mismo IANC urbano.

$$Csc_{\text{empleados}} = E * Cpe / 86400$$

$$Csc_{\text{vcomercios}} = Vc * Cpc / 86400$$

$$Csc_{\text{vresthot}} = Vr * Cpr / 86400$$

Categorías	Importancia %	Comercios	Rest. y hotel.	Empleados/ por establecimiento	Clientes/día		Dotación (L/hab.d)			Consumo (L/s)			
					Comercio	Restaurantes y hoteles	Empleados Cpe	Clientes comercios Cpc	Clientes restaurantes Cpr	Empleados	Clientes comercios	Clientes restaurantes	Consumo total
Famiasempresas	95.98	9454	2224	2	50	20	97,82	12,23	30,57	26,44	66,89	15,73	109,07
Microempresas	3.22	318	75	10	100	50	97,82	12,23	30,57	4,44	4,49	1,32	10,26
Pequeñas	0.73	72	19	50	500	100	97,82	12,23	30,57	5,17	5,11	0,67	10,95
Mediana	0.040	4		200	5000		97,82	12,23	30,57	0,90	2,82	0,00	3,73
Grande	0.025	2		500	10000		97,82	12,23	30,57	1,41	3,53	0,00	4,94
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>9850</b>	<b>2317</b>										<b>138,94</b>



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

Csc. Demanda de agua para consumo de restaurantes, hoteles y comercios en la cuenca

138,94 L/s



# CONSUMO SECTOR SERVICIOS

## Consumo de oficinas

Se partió de las estadísticas disponibles de número de establecimientos de oficinas, distribuidas según su tamaño, según registros de la Cámara de Comercio para las localidades de la cuenca.

Según las mismas fuentes, se adoptó un número promedio de empleados para cada tipo de tamaño de establecimiento y un número promedio de clientes por día.

Se adoptaron dotaciones según tiempo promedios de estadía y usos en el establecimiento, para empleados y clientes.

Se utilizó el mismo IANC urbano.

$$Cso_{empleados} = E * Cpe / 86400$$

$$Cso_{voficinas} = Vo * Cpo / 86400$$

$$Cso_{vadmon} = Va * Cpa / 86400$$

Categorías	Importancia %	Oficinas	Admon pública	Empleados/ por establecimiento	Clientes/día		Dotación (L/hab.d)			Consumo (L/s)			
					Oficinas	Admon pública	Empleados Cpe	Clientes oficinas Cpo	Clientes admon pública Cpa	Empleados	Clientes oficinas	Clientes admon pública	Consumo total
Famiedades	95.98	3264		2	50		97,82	12,23	12,23	7,39	23,10	0,00	30,49
Microempresas	3.22	110	57	10	100	50	97,82	12,23	12,23	1,89	1,55	0,40	3,84
Pequeñas	0.73	25	2	50	500	100	97,82	12,23	12,23	1,53	1,77	0,03	3,32
Mediana	0.040	1		200	5000		97,82	12,23	12,23	0,31	0,97	0,00	1,29
Grande	0.025	1		500	10000		97,82	12,23	12,23	0,49	1,22	0,00	1,71
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>3401</b>	<b>59</b>										<b>40,64</b>



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

Cso: Demanda de agua para consumo de oficinas en la cuenca

40,64 L/s



# CONSUMO SECTOR SERVICIOS

## Consumo en otros sectores de servicios

Se partió de las estadísticas disponibles de número de establecimientos no definidos, distribuidas según su tamaño, según registros de la Cámara de Comercio para las localidades de la cuenca.

Según las mismas fuentes, se adoptó un número promedio de empleados para cada tipo de tamaño de establecimiento y un número promedio de clientes por día.

Se adoptaron dotaciones según tiempo promedios de estadía y usos en el establecimiento, para empleados y clientes.

Se utilizó el mismo IANC urbano.

$$Csn_{empleados} = E * Cpe / 86400$$

$$Csn_{visitantes} = Vn * Cpn / 86400$$

Categorías	Importancia %	No definidas	Empleados/ por establecimiento	Clientes /día	Dotación (L/hab.d)		Consumo (L/s)		
					Empleados Cpe	Clientes Cpn	Empleados	Clientes no definidas	Consumo total
Famiempresas	95.98	3762	2	50	97,82	12,23	8,52	26,62	35,14
Microempresas	3.22	126	10	100	97,82	12,23	1,43	1,79	3,22
Pequeñas	0.73	29	50	500	97,82	12,23	1,63	2,04	3,66
Mediana	0.040	2	200	5000	97,82	12,23	0,36	1,12	1,48
Grande	0.025	1	500	10000	97,82	12,23	0,56	1,40	1,97
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>3920</b>							<b>45,47</b>



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



ACUEDUCTO AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

Csn. Demanda de agua para consumo de establecimientos no definidos en la cuenca

45,47 L/s



# CONSUMO SECTOR SERVICIOS

## Total demanda para servicios en la cuenca

En total, la demanda para servicios en la cuenca es la siguiente, con un factor de ajuste por cobertura del 10%:

$$C_{ss} = C_{se} + C_{sa} + C_{sc} + C_{so} + C_{sn} + K$$

Sector de servicios	Consumo (L/s)
Cse: Sector servicios educación	283,56
Csa: Sector servicios de salud	62,36
Csc: Sector restaurantes y comercio	138,94
Cso: Sector servicios de oficina	40,64
Csn: Otros no definidos	45,47
K: Factor de ajuste por cobertura (10%)	57,10
<b>Total sector servicios y comercio</b>	<b>628,17</b>



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

# CONSUMO PRESERVACIÓN FLORA Y FAUNA

## Consumo para preservación de fauna y flora en la cuenca

El consumo para preservación de fauna y flora, o caudal ambiental, se estima como el percentil de excedencia del 75% o del 85% sobre la curva de duración de caudales medios diarios.

Para el caso de la cuenca del Tunjuelo, existen variaciones según se trate de sectores regulados o no regulados.

Para fines de planificación no conviene utilizar el caudal ambiental de caudales regulados.

Por tanto, se recomienda adoptar un caudal ambiental de 0,429 m<sup>3</sup>/s.

Variación de caudales ambientales según regulación o no, con percentil de 75%

Río-Estación	Caudal medio multianual m <sup>3</sup> /s	Caudal ambiental m <sup>3</sup> /s	Relación caudal ambiental/caudal medio	Caudal disponible m <sup>3</sup> /s
Río Chisacá – La Toma	0,72	0,178	0,2472	0,542
Río Mugroso – El Herradero	0,6	0,07	0,1167	0,53
Río Curubital – Puente Australia	1,97	0,018	0,0091	1,952
Toma+Herradero+Pte Australia	3,29	0,266	0,0809	3,024
Río Tunjuelo- Puente Bosa	5,3	2,78	0,5245	2,52
Río Tunjuelo con relación Qamb/Qmed cuenca alta	5,3	0,429	0,0809	4,871

Cpff. Demanda de agua para consumo de preservación fauna y flora

429,0 L/s



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: FI0203F08-02

BOGOTÁ  
HUMANANA

# CONSUMO DEL SECTOR AGRÍCOLA

## Consumo del sector agrícola en la cuenca

El consumo del sector agrícola se calcula así:

$$Csa = Da_{l/s.ha} * A$$

Donde:

$Da_{l/s.ha}$ : requerimiento de agua del cultivo, en  $m^3/ha$ , o en  $L/s.ha$ ; A: área ocupada por el cultivo o área agrícola, en ha

Se hizo uso de los módulos de consumo establecidos por la CAR para esta zona, teniendo en cuenta que la actividad agrícola de la cuenca no reporta uso de riego sino en las siguientes unidades:

Otros cultivos transitorios:	67,29 ha
Cultivos confinados:	4,84 ha
Total área bajo riego:	72,13 ha

Por tanto, la demanda de riego se puede estimar así, con módulo anual de 0,75 L/s.ha:

Cultivos transitorios y confinados (hortalizas):  $0,75 \text{ L/s.ha} * 72,13 \text{ ha} = 54,10 \text{ L/s}$



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



ACUEDUCTO  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

**Csa. Demanda de agua para consumo del sector agrícola**

**54,10 L/s**

**BOGOTÁ**  
HUMANANA

# CONSUMO DEL SECTOR PECUARIO

## Consumo del sector pecuario en la cuenca

El consumo del sector pecuario se calcula así:

$$C_{sp} = D_{p_{l/s.ha}} * A$$

Donde:

$D_{p_{l/s.ha}}$ : requerimiento de agua para pasto, en  $m^3/ha$ , o en  $L/s.ha$

A: área ocupada por el pasto o pecuaria, en ha.

Se hizo uso de los módulos de consumo establecidos por la CAR para esta zona, teniendo en cuenta que la actividad pecuaria de la cuenca no reporta uso de riego a pastos sino en las siguientes unidades:

Pastos tecnificados (Soacha): 657 ha

Por tanto, la demanda de riego se puede estimar así, con módulo anual de 1,72 L/s.ha:

Pastos tecnificados: 1,72 L/s.ha \* 657 ha = 1.130,04 L/s

**Csp: Demanda de agua para consumo del sector pecuario**

**1.130,04 L/s**



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



ACUEDUCTO  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

# CONSUMO DEL SECTOR AGRÍCOLA

## Módulos de consumo CAR para la cuenca del río Tunjuelo

TIPO CULTIVOS	CULTIVOS	MESES	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	TOTAL	
		P Total	28.57	38.06	59.56	91.85	111.59	101.24	105.01	87.07	66.38	87.37	89.45	41.17	907.33	
		PP(mm)	10.17	17.40	32.87	57.20	45.09	38.42	24.74	23.36	26.70	48.81	51.85	14.04	390.64	
		ETP (mm)	76.20	66.04	71.68	70.14	65.82	66.46	64.76	67.77	75.36	71.97	67.28	73.04	836.53	
TRANSITORIOS	CEREALES (CEBADA, TRIGO Y AVENA)	Kc	0.70	0.00	0.20	0.40	0.70	0.90	0.70	0.00	0.20	0.40	0.70	0.90	5.80	
		Etm (mm)	53.34	0.00	14.34	28.06	46.08	59.82	45.33	0.00	15.07	28.79	47.10	65.73	403.65	
		Fet	0.65	0.50	0.76	1.00	1.00	1.00	0.93	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10.69
		Eta	32.14	0.00	10.89	28.06	46.08	59.82	42.16	0.00	15.07	28.79	47.10	65.73	375.83	
		CAMBIO ALMAC	-21.97	17.40	21.98	29.14	-0.98	-21.40	-17.42	23.36	11.63	9.96	0.00	-51.70	0.00	
		AGUA SUELO (mm)	0.00	17.40	39.38	68.52	67.54	46.14	28.72	52.08	63.71	73.67	73.67	21.97	552.79	
		DEFICIT (mm)	21.20	0.00	3.44	0.00	0.00	0.00	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.81
		Nec Neta Riego (m3/ha)	211.99	0.00	34.41	0.00	0.00	0.00	31.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	278.13
		Módulo Riego (lt/s/ha)	0.08	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
TRANSITORIO	CEBOLLA	Kc	0.80	0.00	0.50	0.75	1.00	0.88	0.80	0.00	0.50	0.75	1.00	0.88	7.85	
		Etm (mm)	60.96	0.00	35.84	52.60	65.82	58.15	51.81	0.00	37.68	53.98	67.28	63.91	548.04	
		Fet	0.50	0.50	0.76	1.00	0.93	0.76	0.65	0.65	0.76	0.93	0.93	0.65	9.02	
		Eta	10.17	0.00	27.24	52.60	61.22	44.20	30.47	0.00	28.64	50.20	62.57	23.34	390.64	
		CAMBIO ALMAC	0.00	17.40	5.64	4.59	-16.12	-5.78	-5.73	23.36	-1.93	-1.39	-10.72	-9.31	0.00	
		AGUA SUELO (mm)	0.00	17.40	23.04	27.63	11.51	5.73	0.00	23.36	21.42	20.03	9.31	0.00	159.42	
		DEFICIT (mm)	50.79	0.00	8.60	0.00	4.61	13.96	21.34	0.00	9.04	3.78	4.71	40.56	157.39	
		Nec Neta Riego (m3/ha)	507.89	0.00	86.01	0.00	46.08	139.57	213.43	0.00	90.43	37.78	47.10	405.65	1573.95	
		Módulo Riego (lt/s/ha)	0.20	0.00	0.03	0.00	0.02	0.05	0.08	0.00	0.03	0.01	0.02	0.16	0.61	
TRANSITORIO	PAPA	Kc	0.40	0.00	0.40	0.90	1.00	0.90	0.40	0.00	0.40	0.90	1.00	0.90	7.20	
		Etm (mm)	30.48	0.00	28.67	63.12	65.82	59.82	25.91	0.00	30.14	64.77	67.28	65.73	501.75	
		Fet	0.50	0.50	0.76	1.00	0.93	0.76	0.65	0.65	0.85	1.00	0.93	0.65	9.18	
		Eta	10.17	0.00	21.79	63.12	61.22	44.85	16.84	0.00	25.62	64.77	62.57	19.69	390.64	
		CAMBIO ALMAC	0.00	17.40	11.08	-5.93	-16.12	-6.43	7.90	23.36	1.08	-15.97	-10.72	-5.65	0.00	
		AGUA SUELO (mm)	0.00	17.40	28.48	22.56	6.43	0.00	7.90	31.26	32.34	16.37	5.65	0.00	168.40	
		DEFICIT (mm)	20.31	0.00	6.88	0.00	4.61	14.96	9.07	0.00	4.52	0.00	4.71	46.05	111.11	
		Nec Neta Riego (m3/ha)	203.09	0.00	68.81	0.00	46.08	149.65	90.67	0.00	45.22	0.00	47.10	460.48	1111.09	
		Módulo Riego (lt/s/ha)	0.08	0.00	0.03	0.00	0.02	0.06	0.03	0.00	0.02	0.00	0.02	0.18	0.43	
TRANSITORIO	HORTALIZA	Kc	0.50	0.50	0.90	0.90	0.50	0.50	0.90	0.90	0.50	0.50	0.90	0.90	8.40	
		Etm (mm)	38.10	33.02	64.51	63.12	32.91	33.23	58.29	61.00	37.68	35.98	60.55	65.73	584.13	
		Fet	0.50	0.50	0.65	0.85	0.76	0.85	0.85	0.65	0.65	0.76	1.00	0.65	8.67	
		Eta	10.17	16.51	33.77	53.66	25.01	28.25	49.54	32.35	24.49	27.35	60.55	29.00	390.64	
		CAMBIO ALMAC	0.00	0.89	-0.89	3.54	20.08	10.17	-24.80	-8.99	2.21	21.46	-8.71	-14.96	0.00	
		AGUA SUELO (mm)	0.00	0.89	0.00	3.54	23.62	33.79	8.99	0.00	2.21	23.67	14.96	0.00	111.68	
		DEFICIT (mm)	27.93	16.51	30.74	9.47	7.90	4.98	8.74	28.65	13.19	8.64	0.00	36.73	193.49	
		Nec Neta Riego (m3/ha)	279.29	165.10	307.45	94.69	78.99	49.85	87.43	286.51	131.88	86.36	0.00	367.34	1934.89	
		Módulo Riego (lt/s/ha)	0.11	0.06	0.12	0.04	0.03	0.02	0.03	0.11	0.05	0.03	0.00	0.14	0.75	



# CONSUMO DEL SECTOR AGRÍCOLA Y PECUARIO

## Módulos de consumo CAR para la cuenca del río Tunjuelo

TIPO CULTIVOS	CULTIVOS	MESES	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	TOTAL
		P Total	28.57	38.06	59.56	91.85	111.59	101.24	105.01	87.07	66.38	87.37	89.45	41.17	907.33
		PP(mm)	10.17	17.40	32.87	57.20	45.09	38.42	24.74	23.36	26.70	48.81	51.85	14.04	390.64
		ETP (mm)	76.20	66.04	71.68	70.14	65.82	66.46	64.76	67.77	75.36	71.97	67.28	73.04	836.53
PERMANENTE	VIVERO	Kc	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	0.90	0.80	1.00	1.00	0.90	0.80	0.80	11.10
		Etm (mm)	76.20	66.04	64.51	70.14	65.82	59.82	51.81	67.77	75.36	64.77	53.82	58.43	774.50
		Fet	0.50	0.50	0.65	0.85	0.76	0.76	0.65	0.65	0.65	0.76	0.85	0.50	8.08
		Eta	10.17	17.40	32.87	57.20	45.09	38.42	24.74	23.36	26.70	48.81	51.85	14.04	390.64
		CAMBIO ALMAC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		AGUA SUELO (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		DEFICIT (mm)	66.03	48.64	31.64	12.94	20.73	21.40	27.07	44.42	48.66	15.97	1.98	44.39	383.86
		Nec Neta Riego (m3/ha)	660.30	486.37	316.37	129.42	207.30	213.99	270.70	444.16	486.57	159.67	19.78	443.93	3838.56
		Módulo Riego (lt/s/ha)	0.25	0.19	0.12	0.05	0.08	0.08	0.10	0.17	0.19	0.06	0.01	0.17	1.48
TRANSITORIO	LEGUMBRES	Kc	1.00	0.60	0.60	1.00	0.60	0.60	1.00	0.60	0.60	1.00	0.60	0.60	8.80
		Etm (mm)	76.20	39.62	43.01	70.14	39.49	39.88	64.76	40.66	45.22	71.97	40.37	43.82	615.14
		Fet	0.50	0.50	0.65	0.85	0.76	0.85	0.76	0.65	0.65	0.76	0.85	0.65	8.43
		Eta	13.26	17.40	27.95	59.62	30.02	33.90	46.84	23.36	26.70	48.81	34.31	28.48	390.65
		CAMBIO ALMAC	-3.09	0.00	4.92	-2.42	15.08	4.52	-22.10	0.00	0.00	0.00	17.53	-14.45	0.00
		AGUA SUELO (mm)	0.00	0.00	4.92	2.50	17.58	22.10	0.00	0.00	0.00	0.00	17.53	3.09	67.71
		DEFICIT (mm)	62.94	22.22	15.05	10.52	9.48	5.98	17.93	17.31	18.51	23.16	6.06	15.34	224.50
		Nec Neta Riego (m3/ha)	629.40	222.21	150.52	105.21	94.79	59.82	179.26	173.07	185.13	231.64	60.55	153.38	2244.97
		Módulo Riego (lt/s/ha)	0.24	0.09	0.06	0.04	0.04	0.02	0.07	0.07	0.07	0.09	0.02	0.06	0.87
PERMANENTE	CITRICOS	Kc	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	7.20
		Etm (mm)	45.72	39.62	43.01	42.08	39.49	39.88	38.86	40.66	45.22	43.18	40.37	43.82	501.92
		Fet	0.65	0.50	0.65	0.85	0.93	0.93	0.85	0.76	0.76	0.85	1.00	0.76	9.49
		Eta	27.02	17.40	27.95	35.77	36.73	37.09	33.03	30.90	34.36	36.70	40.37	33.31	390.64
		CAMBIO ALMAC	-16.85	0.00	4.92	21.43	8.36	1.33	-8.29	-7.55	-7.66	12.10	11.48	-19.27	0.00
		AGUA SUELO (mm)	0.00	0.00	4.92	26.34	34.71	36.04	27.75	20.20	12.54	24.64	36.12	16.85	240.12
		DEFICIT (mm)	18.70	22.22	15.05	6.31	2.76	2.79	5.83	9.76	10.85	6.48	0.00	10.52	111.28
		Nec Neta Riego (m3/ha)	186.99	222.21	150.52	63.12	27.65	27.91	58.29	97.59	108.52	64.77	0.00	105.18	1112.76
		Módulo Riego (lt/s/ha)	0.07	0.09	0.06	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.04	0.02	0.00	0.04	0.43
PERMANENTE	PASTOS	Kc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12.00
		Etm (mm)	76.20	66.04	71.68	70.14	65.82	66.46	64.76	67.77	75.36	71.97	67.28	73.04	836.53
		Fet	0.50	0.50	0.65	0.85	0.76	0.76	0.65	0.65	0.65	0.76	0.85	0.50	8.08
		Eta	10.17	17.40	32.87	57.20	45.09	38.42	24.74	23.36	26.70	48.81	51.85	14.04	390.64
		CAMBIO ALMAC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		AGUA SUELO (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		DEFICIT (mm)	66.03	48.64	38.80	12.94	20.73	28.04	40.02	44.42	48.66	23.16	15.43	59.00	445.88
		Nec Neta Riego (m3/ha)	660.30	486.37	388.05	129.42	207.30	280.45	400.23	444.16	486.57	231.64	154.34	590.01	4458.83
		Módulo Riego (lt/s/ha)	0.25	0.19	0.15	0.05	0.08	0.11	0.15	0.17	0.19	0.09	0.06	0.23	1.72



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: F10203F08-02

BOGOTÁ  
HUMANANA

## Consumo del sector recreativo en la cuenca

El consumo recreativo se estima así:

$$Cr = Dev_{l/s.ha} * A$$

Donde:

$Dev_{l/s.ha}$ : módulo de consumo en L/s.ha

A: área de recreación activa, en ha.

En la cuenca no hay cauces, embalses o lagunas utilizados exclusivamente para recreación activa, por lo cual este uso no existe.

Los dos embalses existentes dentro de la cuenca (Chisacá y La Regadera) tienen uso restringido para recreación activa, ya que su objeto es la producción de agua para el acueducto de Bogotá. La laguna de Chisacá o Los Tunjos, donde nace el río Tunjuelo, tampoco puede ser usada para recreación activa, pues se encuentra dentro el Parque Nacional Natural de Sumapaz.



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



ACUEDUCTO  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

**Cr. Demanda de agua para consumo del  
sector recreativo**

**0,0 L/s**

**BOGOTÁ  
HUMANANA**

## Consumo de procesos industriales en la cuenca

El consumo industrial se estima así:

$$C_{si} = G_i + P_i + C + K$$

Donde:

$G_i$ : Consumo de diferentes sectores presentes en el área de estudio, sean grandes o pequeños ( $m^3/año$ ).

$C$ : Consumo en construcción.

$K$ : Ajuste por cobertura

El consumo de los diferentes sectores  $G_i$  se estimó de la siguiente manera:

- Con base en los estudios existentes de la SDA y en las estadísticas de la Cámara de Comercio, se determinó el número de industrias por sector para la cuenca del río Tunjuelo.
- Con base en los caudales de vertimiento (SDA, 2009), se determinaron los caudales utilizados en cada industria según su tamaño, para lo cual se tuvieron en cuenta los consumos internos y/o las pérdidas de proceso al interior de la industria. Se estima que estas pérdidas varían en promedio entre 10% para industrias poco consumidoras de agua y 40% para industrias altamente consumidoras (alimentos y bebidas por ejemplo).



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

**$G_i$ : Demanda de agua para consumo industrial**

**1.131,17 L/s**

# CONSUMO INDUSTRIAL

Consumo de sectores industriales de la cuenca del río Tunjuelo

Tipo de industria	Microempresa		Pequeña empresa		Mediana empresa		Total	
	Número	Caudal unitario (L/s)	Número	Caudal unitario (L/s)	Número	Caudal unitario (L/s)	Número	Caudal total (L/s)
<b>Curtiembres</b>	298	0,53	42	1,29	10	3,29	350	243,40
<b>Textiles</b>	611	0,65	10	0,65	1	0,65	622	404,30
<b>Alimentos y bebidas</b>	523	0,37	2	0,33		1,70	525	192,43
<b>Cárnicos</b>	49	0,28	6	0,25	2	1,18	57	17,33
<b>Metalmecánicas</b>	257	0,46	11	0,92	1	0,71	269	127,93
<b>Madera y papel</b>	114	0,48	1	0,25		2,09	115	54,40
<b>Plástico y caucho</b>	114	0,14	6	0,59	1	1,28	121	20,48
<b>Químicos</b>	87	0,14		0,00		0,00	87	11,96
<b>Otras químicas (1)</b>	235	0,06		0,00		0,00	235	14,36
<b>Maquinaria (1)</b>	136	0,06		0,00		0,00	136	8,31
<b>Equipo transporte (1)</b>	75	0,06		0,00		0,00	75	4,58
<b>No metálicos (1)</b>	56	0,06		0,00		0,00	56	3,42
<b>Reciclaje (1)</b>	57	0,06		0,00		0,00	57	3,48
<b>Otras manufacturas (1)</b>	311	0,06		0,00		0,00	311	19,01
<b>Lavaderos de carros</b>	15	0,19	6	0,31	1	1,09	22	5,78
<b>TOTAL</b>	<b>2.938</b>		<b>84</b>		<b>16</b>		<b>3.038</b>	<b>1131,17</b>

NOTA: Estos caudales incluyen un factor de consumo interno o pérdida que fluctúa entre 10% (industrias poco consumidoras) y 40% (alimentos y bebidas). Por esto difieren de los presentados en la tabla de vertimientos

\*Datos de número de establecimientos de SDA-UN, 2007. Datos de caudales unitarios estimados con base en SDA – U-Andes, 2009.



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: FI0203F08-02

**BOGOTÁ**  
HUMANANA

## Consumo del sector de la construcción

Para el cálculo del consumo del sector de construcción (C) se procedió de la siguiente manera:

- ✓ Se determinó el número total de metros cuadrados de construcción en el último año disponible para las localidades de la cuenca del Tunjuelo.
- ✓ Este número se ajustó para la cuenca, de acuerdo con la población de cada localidad dentro de la cuenca.
- ✓ De acuerdo con la literatura disponible, se determinó el consumo promedio de agua por metro cuadrado de construcción.
- ✓ Con base en los anteriores datos, se calculó la demanda para el sector de la construcción, así:

$$Co = Ac * Dc / 31.536.000$$

Donde:

Ac: área construida en metros cuadrados por año en la cuenca.

Dc: Módulo de consumo de agua por metro cuadrado de construcción

Co: Consumo de agua en L/s

De acuerdo con las estadísticas de la Unidad Administrativa de Catastro Distrital, el área construida en las localidades de la cuenca sumó 731.742 m<sup>2</sup> en 2012.

De igual manera, de acuerdo con los datos consignados en Construdata Nov-Dic 2012, se estimó un consumo de 9.063,25 litros para una construcción tipo de 100 m<sup>2</sup> de área, lo que, con un error posible del 10%, daría un módulo promedio de 100 litros/m<sup>2</sup> de construcción.

De esta manera, la demanda de agua para construcción es:

$$Co = 731.742 \text{ m}^2/\text{año} * 100 \text{ L/m}^2 = 2,32 \text{ L/s}$$

Co: Demanda de agua para construcción

2,32 L/s



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



# CONSUMO INDUSTRIAL

Consumo de sectores de la construcción de la cuenca del río Tunjuelo

Localidad	Area nueva construida 2012 m2	Area nueva construida 2013 m2	Diferencia	Índice de crecimiento
Bosa	259.214	242.220	-16.994	-7
Kennedy	172.934	1.007.304	834.371	83
Tunjuelito	34.673	40.724	6.052	15
Rafael Uribe	39.,811	68.982	29.171	42
San Cristóbal	50.712	81.471	30.759	38
Usme	90.604	73.919	-16.685	-23
Ciudad Bolívar	22.579	129.036	106.457	83
Puente Aranda	61.214	303.471	242.257	80
<b>Total</b>	<b>731.742</b>	<b>1.947.129</b>	<b>1.215.387</b>	<b>62</b>

Consumo industrial total:

Sector industrial	Consumo (L/s)
Gi: Sector de industrias	1.131,17
Co: Sector de construcción	2,32
K: Factor de ajuste por cobertura (10%)	113,35
<b>Total sector industrial Csi</b>	<b>1.246,84</b>



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

## Consumo del sector de energía

El consumo del sector energía se estima así:

$$C_e = V_{he} + V_{hf} + V_{ct}$$

Donde:

$V_{ct}$ : consumo en centrales térmicas.

$V_{hf}$ : consumo en centrales hidráulicas al filo del agua.

$V_{he}$ : consumo en centrales hidroeléctricas de embalse.

En la cuenca no existen centrales térmicas ni hidroeléctricas que utilicen en forma exclusiva las aguas de la cuenca para generación. No obstante, conviene anotar que las aguas del río Bogotá, aguas abajo de la desembocadura del río Tunjuelito, son utilizadas en las centrales hidroeléctricas de los sistemas Pagua y Casalco. Pero este uso es subsidiario a los demás usos del agua en la cuenca, toda vez que la generación se realiza con las aguas residuales que llegan al final de la sabana de Bogotá, en el sitio de Alicachín. Los embalses de regulación de Chisacá y La Regadera tienen como uso principal el abastecimiento de parte de la población de Bogotá, y sus aguas vuelven al río Tunjuelo y luego al río Bogotá en forma de aguas residuales.

# CONSUMO DEL SECTOR DE MINERÍA

## Consumo del sector de minería

En la cuenca del río Tunjuelo hay dos tipos de industrias extractivas: las industrias de arcilla (chircales y ladrilleras) y las industrias de gravas y arena.

$$C_{mm} = C_{pp} + C_{aux} + A_{Mex} + K$$

$$C_{pp} = C_{exr} + C_{exp} + C_b + C_t$$

Donde:

$C_{pp}$ : Consumo en el proceso productivo (m<sup>3</sup>/año)

$C_{aux}$ : Consumo en actividades auxiliares (lavado de maquinaria, humectación de vías, etc) (m<sup>3</sup>/año)

$A_{Mex}$ : Agua de mina extraída (hace parte del agua extraída no consumida) (m<sup>3</sup>/año)

$K$ : Ajuste por cobertura

$C_{exr}$ : Consumo en la fase de exploración (m<sup>3</sup>/año)

$C_{exp}$ : Consumo en la fase de explotación (m<sup>3</sup>/año)

$C_b$ : Consumo en la fase de beneficio (m<sup>3</sup>/año)

$C_t$ : Transformación (m<sup>3</sup>/año)

### Industrias de gravas

Descripción	Cantidad
Reservas actuales	27 millones m <sup>3</sup>
Reservas potenciales (con desvío del río)	49 millones m <sup>3</sup>
Valor reservas (a 2006)	\$ 1 billón (reservas actuales)
Producción anual (\$ 2006)	\$ 200.000 millones (\$ 2003)
Empleo generado	1.531 personas
Arenas extraídas 2005	1.741.404 m <sup>3</sup> /año
Gravas extraídas 2005	6.901.647 m <sup>3</sup> /año
Recebo extraído 2005	641.628 m <sup>3</sup> /año
Arcillas extraídas 2005	1.573.528 m <sup>3</sup> /año

Fedesarrollo, 2006, en UN-SDA, 2007

### Industrias de arcillas

Zona	Tamaño					Empleo			
	Familiar	Pequeña	Mediana	Grande	Total	Directo	Indirecto	Otro	Total
Molinos	26	2	0	1	29	182	116	588	886
Usme	23	3	3	8	37	1.288	1.170	384	2.842
Mochuelo	24	10	2	2	38	394	172	330	896
<b>TOTAL</b>	<b>73</b>	<b>15</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>105</b>	<b>1.864</b>	<b>1.458</b>	<b>1.302</b>	<b>4.624</b>

Zona	Producción (ton/mes)									
	Familiar	%	Pequeña	%	Mediana	%	Grande	%	Total	%
Molinos	642	2,0	45	1,4			2.511	78,5	3.198	4,6
Usme	1.428	2,5	870	1,5	3.352	5,8	51.465	89,8	57.296	82,0
Mochuelo	1.972	21,0	2.216	23,6	1.050	11,1	4.150	44,2	9.388	13,4
<b>TOTAL</b>	<b>4.042</b>	<b>5,8</b>	<b>3.131</b>	<b>4,5</b>	<b>4.582</b>	<b>6,5</b>	<b>58.126</b>	<b>83,2</b>	<b>69.882</b>	<b>100,0</b>

Analfit, 1999, en UN-SDA, 2007

# CONSUMO DEL SECTOR DE MINERÍA

## Consumo de la industria de arcillas

$$C_{ppa} = 77 \text{ L/ton} * 64.570.958 \text{ ton/año} = 2,05 \text{ L/s}$$

$$C_{cauxe} = 4.624 \text{ empl} * 97,82 \text{ L/empl.d} / 86.400 = 5,23 \text{ L/s}$$

$$C_{cauxo} = 0,02 * 11 + 0,01 * 5 + 0,005 * 15 + 0,005 * 73 = 0,71 \text{ L/s}$$

(11 – 5 – 15 – 73: número de industrias)

$$C_{ma} = C_{ppa} + C_{cauxe} + C_{cauxo} = 2,05 + 5,23 + 0,71 = 7,99 \text{ L/s}$$

Se asume módulo de 77 L/ton (UIS-IDEAM)

Se asume módulo de 97,82 L/hab.d

Se asumen módulos de actividades auxiliares de 0,02 L/s para industrias grandes, 0,01 L/s para las medianas y 0,005 L/s para las pequeñas y familiares

## Consumo de la industria de gravas

$$C_{ppg} = 100 \text{ L/m}^3 * 8.643.051 \text{ m}^3/\text{año} / 31.536.000 \text{ s/año} = 27,41 \text{ L/s}$$

$$C_{cauxeg} = 1.531 \text{ empl} * 97,82 \text{ L/empl.d} / 86.400 = 1,73 \text{ L/s}$$

$$C_{cauxog} = 21,89 * 0,02 \text{ L/s} = 0,44 \text{ L/s}$$

(21,89: Relación de producción Fundación San Antonio a producción total gravas Tunjuelo)

$$C_{mg} = C_{ppg} + C_{cauxeg} + C_{cauxog} = 27,41 + 1,73 + 0,44 = 29,58 \text{ L/s}$$

Se asume módulo de 100 L/ton (Fundación San Antonio)

Se asume módulo de 97,82 L/hab.d

Limpieza oficinas	= 9,46 m <sup>3</sup> /mes
Vivero	= 7,36 m <sup>3</sup> /mes
Riego vías (30,10 m <sup>3</sup> /ha.mes) (para 0,9 ha)	= 27,09 m <sup>3</sup> /mes
Riego áreas de revegetalización	= 13,00 m <sup>3</sup> /mes
Total (56,91 m <sup>3</sup> /mes) (Fundación San Antonio)	= 0,02 L/s

### Sector minero

### Consumo (L/s)

C<sub>ma</sub>: Sector de arcillas

7,99

C<sub>mg</sub>: Sector de gravas

29,58

K: Factor de ajuste por cobertura (10%)

3,76

Total sector minero C<sub>mm</sub>

41,33

## CONSUMO DE PESCA Y ACUICULTURA

Sólo la acuicultura se practica en la cuenca, pero a una escala tan pequeña, que no se considera significativa frente a los demás usos del agua. La pesca en los ríos y embalses es. Igualmente, de muy escasa importancia y, de todas maneras, su demanda está incluida en el caudal ambiental.

Cspma. Demanda de agua para consumo del sector de pesca y acuicultura

0,0 L/s

## CONSUMO PARA NAVEGACIÓN Y TRANSPORTE ACUÁTICO

No hay ríos navegables en la cuenca, por lo cual la demanda para este uso es nula. En los embalses, la navegación está restringida, debido a sus efectos sobre el principal uso de los mismos, que es el consumo humano. Las lagunas de Los Tunjos o Chisacá, donde nace el Tunjuelo, están localizadas en área del PNN Sumapaz, donde esta actividad se encuentra igualmente restringida

Cnt. Demanda de agua para consumo del sector de navegación y transporte acuático

0,0 L/s



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

# RESUMEN DE DEMANDA DE AGUA

Sector	Área	Demanda parcial (L/s)	Demanda total (L/s)
Consumo humano Ch	Urbano	3.125,30	3.175,10
	Rural	49,80	
Servicios C <sub>ss</sub>	Educación	283,56	628,17*
	Salud	62,36	
	Servicios y comercio	138,94	
	Oficinas	40,64	
	Otros	45,47	
Preservación de fauna y flora C <sub>pf</sub>	Caudal ambiental	429,0	429,00
Agrícola C <sub>a</sub>	Consumo agrícola	54,10	54,10
Pecuario C <sub>p</sub>	Consumo pecuario	1.130,04	1.130,04
Recreativo C <sub>r</sub>	Recreativo	0	0
Industrial C <sub>i</sub>	Sectores industriales	1.131,17	1.246,89*
	Construcción	2,32	
Energía C <sub>e</sub>	Energía térmica	0	0
	Energía hidroeléctrica	0	
Minería C <sub>m</sub>	Industria de arcillas	7,99	41,33*
	Industria gravillera	29,58	
Pesca y acuicultura C <sub>sp</sub>	Pesca y acuicultura	0	0
Navegación y transporte C <sub>nt</sub>	Navegación y transporte	0	0
<b>Total</b>			<b>6.704,63</b>

\*Con ajuste por cobertura del 10%

Volumen de agua extraída

Demanda total – caudal ambiental

6.275,63



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

BOGOTÁ  
HUMANANA

# INDICADORES DE DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO

## Índice de uso del agua superficial (IUA)

Se agua utilizada por los diferentes sectores de usuarios en un periodo determinado y una unidad espacial de análisis en relación con la oferta hídrica regional disponible neta para las mismas unidades de tiempo y espaciales (IDEAM, 2013). La fórmula establecida por el IDEAM para este indicador es:

$$IUA = (Dh/OHRD) * 100$$

Dónde:

IUA: Índice de uso del agua; Dh:  $\Sigma$  (volumen de agua extraída para usos sectoriales en un periodo determinado); OHRD: oferta hídrica superficial regional disponible (oferta bruta – caudal ambiental) (1) y (2):

$IUA = (6.275,63 \text{ L/s} / 4.871 \text{ L/s}) * 100$	128,84% (con caudal actual)
$IUA = (6275,63 / 750,64) * 100$	836,04% (con caudal menos transvases)

Se puede concluir que la cuenca presenta un IUA en la categoría de “muy alto”, lo que implica que la presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible. En ambos casos se observa que la demanda es superior a la oferta.

Rango (Dh/On)*100 IUA	Categoría IUA	Significado
>50	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible.
20,01 – 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible.
10,01 – 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible.
1-10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible.
$\leq 1$	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible.

# INDICADORES DE DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO

## Índice de extracción de agua subterránea (IEAS)

Extracción (E )

Estado legal	SDA (L/s)	CAR (L/s)	Total (L/s)
Concesionado	66,86		66,86
Consumido	38,60	26,29	64,89

Recarga (R )

$$R = P + Tr - Ex + Rt - Es - ETR$$

$$R = 911,6 \text{ mm} + 317,22 \text{ mm} - 483,15 \text{ mm} + 302,77 \text{ mm} - 408,04 - 471,85 \text{ mm}$$

$$R = 168,61 \text{ mm} = 2.190,06 \text{ L/s} = 2,19 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{IEAS} = (64,89 \text{ L/s}) / (2.190,06 \text{ L/s}) * 100 = 2,96\%$$

El IEAS se clasifica como bajo, es decir, la presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible

Rango (E/Rn)*100 IEAS	Categoría IUA	Significado
>50	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible.
20,01 – 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible.
10,01 – 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible.
1-10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible.
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible.



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

## Índice de agua subterránea para abastecimiento público (IASAP)

El IASAP es un indicador de estado que mide la cantidad de agua subterránea por habitante.  
En la cuenca del Tunjuelo, el estado de sus parámetros es el siguiente:

Volumen anual de agua subterránea consumido para abastecimiento público = 0 L/s

Población total abastecida con agua subterránea en la unidad = 0

Por tanto:

$$\text{IASAP} = \text{Agua subterránea para abastecimiento público} / \text{Número de habitantes}$$

$$\text{IASAP} = 0 \text{ L/s} / 0 \text{ habitantes} = 0$$

IASAT = 0 L/s) / 0 hab)

0 L/hab

# INDICADORES DE DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO

## Índice integral de uso del agua (IIUA)

Se agua utilizada por los diferentes sectores de usuarios en un periodo determinado y una unidad espacial de análisis en relación con la oferta hídrica regional disponible neta superficial y subterránea para las mismas unidades de tiempo y espaciales (IDEAM, 2013). La fórmula establecida por el IDEAM para este indicador es:

$$IIUA = \frac{D}{O_{rg} + O_d}$$

Dónde:

$D = 6.275,63 \text{ L/s}$

$O_d = \text{OHRD} = 4.871 \text{ L/s}$ , sin transvase, o:  $4.871 \text{ L/s} - 4.120,36 \text{ L/s} = 750,64 \text{ L/s}$  (con transvase)

$O_{rg} = 2.190,06 \text{ L/s}$  (por balance hídrico)

**$IIUA = (6.275,63 \text{ L/s} / 7.061,06 \text{ L/s}) * 100$**

**88,87% (con caudal actual)**

$IIUA = (6275,63 / 2.940,7) * 100$

213,40% (con caudal menos transvases)

Se puede concluir que la cuenca presenta un IIUA en la categoría de “muy alto”, lo que implica que la presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible. En ambos casos se observa que la demanda es superior a la oferta.

Rango (Dh/On)*100 IIUA	Categoría IUA	Significado
>50	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible.
20,01 – 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible.
10,01 – 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible.
1-10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible.
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible.



**GRACIAS**



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

epam sa esp