ANEXO 2

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

HERRAMIENTA DE CUANTIFICACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA CIUDAD DE CALI, COLOMBIA

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 3
2. OBJETIVO 3
   2.1. OBJETIVOS DEL PRESENTE ANEXO 3
3. IDENTIFICACIÓN DE SECTORES 3
4. METODOLOGÍA EMPLEADA 4
   4.1. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DE HUELLA HÍDRICA 4
      4.1.1. Objetivo General 4
      4.1.2. Objetivos Específicos 4
5. IDENTIFICACIÓN DE LÍMITES 5
   5.1. ALCANCE DE LA EVALUACIÓN 5
   5.2. LÍMITES DE LA EVALUACIÓN 6
6. MECANISMOS DE CUANTIFICACIÓN EMPLEADOS 6
7. HUELLA HÍDRICA 7
   7.1. HUELLA HÍDRICA AZUL 7
      7.1.1. Sector Residencial 8
      7.1.2. Sector Comercial 8
      7.1.3. Sector Industrial 9
      7.1.4. Sector Público 9
   7.2. HUELLA HÍDRICA GRIS 9
      7.2.1. Sector Residencial 11
      7.2.2. Sector Comercial 11
      7.2.3. Sector Industrial 12
      7.2.4. Sector Público y Servicios Municipales 13
   7.3. HUELLA HÍDRICA VERDE 13
   7.4. HUELLA HÍDRICA INDIRECTA 14
8. REFERENCIAS 16

Índice de Tablas

Tabla 1. Población y superficie por distritos. .....**Error! Bookmark not defined.**
Tabla 2. Explicación de variables 8
Tabla 3. Fuentes de información para cuantificación de la HH Azul..... 8
Tabla 4. Actividades Operativas y de Servicio Sector Público. 9

1. Introducción

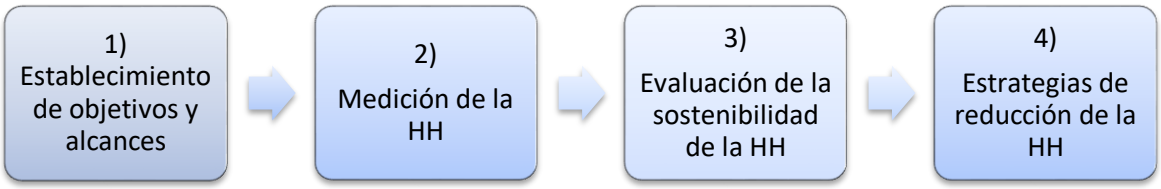
El presente documento realiza una descripción de los criterios y procedimientos -organizados secuencialmente- que fueron aplicados durante el cálculo de la Huella Hídrica (HH) de la ciudad de Santiago deCali,siguiendo los estándares globales definidos en el Manual para la Evaluación de la Huella Hídrica elaborado por la Water Footprint Network (2011).

2. Objetivo

2.1. Objetivos del presente anexo

Describir paso a paso todos los procedimientos empleados para la estimación de la Huella Hídricade la gestión 2015de la ciudad de Santiago deCali, para que el personal del Gobierno Municipal pueda entender a cabalidad todas las especificaciones que se consideraron para calcularla Huella Hídrica de su ciudad.

Figura 1. Pasos para la evaluación de la HH



Fuente: Elaboración propia

3. Identificación de Sectores

Los sectores identificados y evaluados durante la cuantificación de la HH fueron:

- ✓ *Sector Residencial*. Evaluado a partir del porcentaje de evaporación establecido en estudios de la WFN y FAO para actividades domésticas en la región, y el volumen de agua consumida en el sector.
- ✓ *Sector Industrial.*Evaluado a partir de un estudio de balances hídricos industriales y el volumen de agua consumida para el sector.
- ✓ *Sector Comercial.*Evaluado a partir de datos estadísticos de funcionarios del sector, el uso de agua per cápita por funcionario, establecidoa través de encuestas realizadas al personal del Gobierno Municipal y el consumo de agua para el sector.
- ✓ *Sector Público y Servicios Municipales*. Evaluado a partir de datos de consumo de agua en instalaciones municipales y actividades de riego de árteas verdes de la ciudad. Este sector, a la vez incluye las categorías:

- Institucional.Que agrupa las dependencias administrativas y los servicios municipales que son de responsabilidad directa del Gobierno Municipal.
- Áreas verdes.Que evalúa la incorporación y evaporación de agua por el riego en las áreas verdes de la ciudad.

A continuación se presenta una descripción metodológica del cálculo de la HH para cada sector, en base a la cuantificación de la HH realizada para la ciudad.

4. Metodología empleada

4.1. Definición de los objetivos de la evaluación de Huella Hídrica

Como primer paso se definieron los objetivos –generales y específicos- de la evaluación, este paso es importante porque a partir de ellos se establecen los límites y alcances para la evaluación.

4.1.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia del uso de agua en la ciudad de Calimediante la determinación dela Huella Hídrica, para establecer el nivel de efecto sobre los recursos hídricos, compararlocon referentes tanto locales como internacionales, e identificar posiblesmedidas para la mejor gestión del agua.

4.1.2. Objetivos Específicos

OE1: Cuantificar el volumen de agua -Huella Hídrica directa e indirecta- consumida,utilizada y contaminada en la ciudad durante la gestión 2015, mediante la adecuación de la metodología desarrollada por la Water Footprint Network (WFN) a las condiciones actuales de la ciudad.

OE2: Identificar posibles medidas de reducción de uso, consumo y contaminación de aguaa partir de la Huella Hídrica cuantificada, que permitan gestionar adecuadamente elrecurso agua en la ciudad.

OE3: Implementar acciones piloto de reducción de la HH de forma demostrativa,incentivando la participación de los actores clave y la población en general.

OE4: Transferir capacidades y herramientas generadas -software, guías, respaldosdocumentales, etc.- para futuras evaluaciones de la Huella Hídrica de la ciudad;contribuyendo al desarrollo de capacidades operativas en el personal del Gobierno Municipalypromoviendo su sostenibilidad como herramienta de gestión ambiental.

OE5: Difundir los resultados y experiencias obtenidas durante la evaluación de la HuellaHídrica de la ciudady la población en general.

OE6: Desarrollar un Plan de Acción para que el Gobierno Municipal pueda dar continuidad a laimplementación de sus estrategias de adaptación al cambio climático.

5. Identificación de límites

5.1. Alcance de la evaluación

La ciudad de Cali está formada por 22 comunas (urbanas) y 15 corregimientos (rurales).

Tabla 1. Población y superficie por comunas y corregimientos.

Nombre	Tipo	Población 2015 (Habitantes)	% de población	Superficie (km^2)
Comuna No.1	Urbano	88,432	3.73	119,2
Comuna No.2		114,651	4.84	
Comuna No.3		46,400	1.96	
Comuna No.4		53,369	2.25	
Comuna No.5		112,089	4.73	
Comuna No.6		189,837	8.01	
Comuna No.7		71,334	3.01	
Comuna No.8		102,388	4.32	
Comuna No.9		44,994	1.90	
Comuna No.10		110,854	4.68	
Comuna No.11		107,339	4.53	
Comuna No.12		66,881	2.82	
Comuna No.13		177,641	7.50	
Comuna No.14		172,696	7.29	
Comuna No.15		159,369	6.72	
Comuna No.16		107,170	4.52	
Comuna No.17		139,665	5.89	
Comuna No.18		131,453	5.55	
Comuna No.19		112,947	4.77	
Comuna No.20		69,331	2.93	
Comuna No.21		112,336	4.74	
Comuna No.22		11,160	0.47	

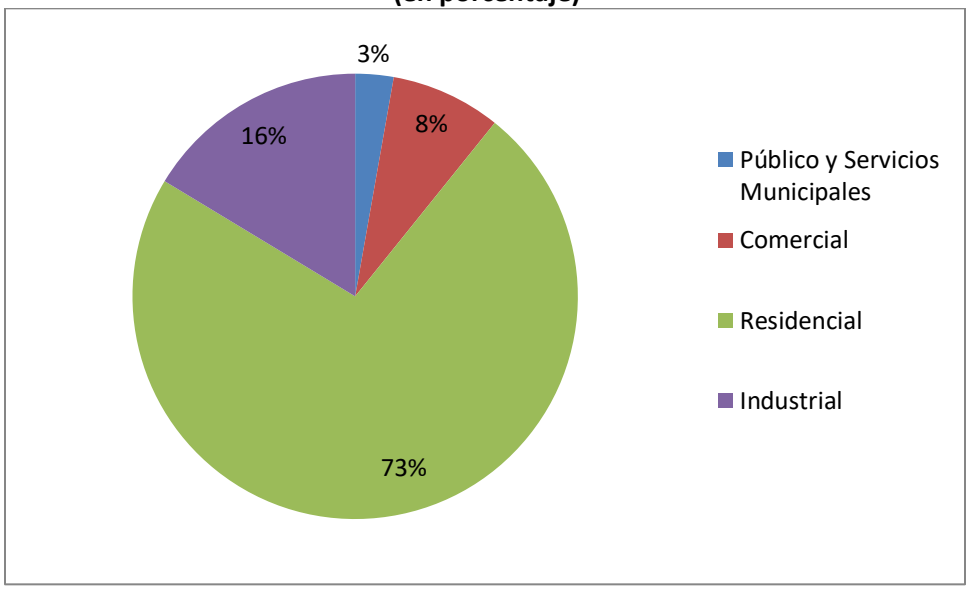
Fuente: Elaboración propia en base a Cali en Cifras, 2015.

La evaluación consideró solo el área urbana de la ciudad, debido a que concentra el mayor porcentaje de la población y las actividades residenciales, industriales, comerciales y públicas se desarrollan en mayor proporción, y por tanto generan más HH.

5.2. Límites dela evaluación

Se identificaron, evaluaron y seleccionaron los sectores que formarán parte de la evaluación delProyecto a nivel de ciudad. Los sectores priorizados para la evaluación de HH se definieron en base a las categorías de consumo de agua establecidas por la entidad operadora de los servicios de agua potable y alcantarillado[1]. La Figura 2 presenta el consumo de agua en porcentaje por cada sector de la ciudad.

Figura 2. Composición sectorial del volumen de agua consumida en 2015 (en porcentaje)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de EMCALI y DAGMA de la MSC.

El consumo de agua del sector industrial proviene de dos fuentes, el agua facturada obtenida del sistema de distribución (EMCALI), y agua subterránea extraída de forma particular por cada industria.

6. Mecanismos de cuantificación empleados

La ecuación general de cuantificación de la HH es la siguiente:

$$HH_{Total} = HH_{Directa} + HH_{Indirecta} \quad \text{(Ec.1)}$$

[1]Los sectores evaluados fueron seleccionados siguiendo la información de facturación de agua en la ciudad de Cali por la Empresa Municipal de Cali (EMCALI)

La HH directa en general, está dada por la suma de los tres tipos de huellas, a partir de la siguienteecuación:

$$HH_{Directa} = HH_{Azul} + HH_{Verde} + HH_{Gris} \quad \text{(Ec.2)}$$

Así mismo, la HH directa de la ciudad fue estimada utilizando la siguiente ecuación:

$$HH_{Directa} = HH\ directa_{Residencial} + HH\ directa_{Comercial} + HH\ directa_{Industrial} + HH\ directa_{Público} \text{(Ec.3)}$$

La HH de cada uno de los sectores es la suma de las HH evaluadas. Por lo tanto, la ecuación aplicada a la evaluación de la HH de la ciudad es la siguiente:

$$HH_{Residencial} = HHAzul_{Resid} + HHGris_{Resid} + HHIndirecta_{Resid} \quad \text{(Ec.4)}$$

$$HH_{Comercial} = HHAzul_{Comerc} + HHGris_{Comerc} \quad \text{(Ec.5)}$$

$$HH_{Industrial} = HHAzul_{Ind} + HHGris_{Ind} \quad \text{(Ec.6)}$$

$$HH_{Público} = HHAzul_{Pub} + HHGris_{Pub} + HHIndirecta_{Pub} + HHVerde_{Pub} \quad \text{(Ec.7)}$$

La HH Indirecta fue cuantificada solamente de manera demostrativa, se consideraron únicamente los productos de la canasta familiar que cuentan con una HH equivalente para el sector residencial, estos valores fueron tomados de la base de datos de la Water Footprint Network.

7. Huella Hídrica

7.1. Huella Hídrica Azul

Para el cálculo de la HH azul se aplicó de forma general la siguiente fórmula:

$$HH\ Azul = Incorp. + Evap. + FRP \quad \text{(Ec.8)}$$

Dónde:

Incorp= Volumen de agua incorporada
Evap= Volumen de agua evaporada
FRP= Flujo de Retorno Perdido (volumen de agua que se pierde de la cuenca hidrológica por extracción)

Estas variables pueden ser entendidas como:

Tabla 2. Explicación de variables de la HH Azul.

	Variables
Agua incorporada	Agua que es consumida/bebida por la población. Agua que es incorporada en fases de la cadena de producción en industrias.
Agua evaporada	Agua que se pierde en actividades por lo general operativas. Como un autoclave, calderos, torres de enfriamiento, etc.
Flujo de retorno perdido	Volumen de agua que se pierde de la cuenca (agua vertida al mar).

Fuente: Elaboración propia

Para obtener estos volúmenes de agua, se utilizó la siguiente relación:

$$HH\ Azul = Volumen\ Afluente - Volumen\ Efluente \qquad \text{(Ec.9)}$$

Dónde:
Vol afluente= Volumen de agua que ingresa a la actividad evaluada.
Vol efluente= Volumen de agua que es descargada al alcantarillado.

Tabla 3. Fuentes de información para cuantificación de la HH Azul.

	Fuente directa de información
Afluente	Facturas mensuales de agua por unidad (conjunto de hogares, industrias, comercios, etc.)
Efluente	Medición producto del balance hídrico sectorial.

Fuente: Elaboración propia

Otra fuente de información, fue el porcentaje de HH Azul reportado por WFN y FAO en estudios realizados en la región para actividades del sector doméstico.

7.1.1. Sector Residencial

Para la cuantificación de la HH Azul del Sector Residencial, se utilizó como volumen de evaporación, el 10% del total de agua consumida en el sector. La ecuación que se aplica para la obtención de dicho resultado es la siguiente:

$$HH\ Azul_{Residencial} = Consumo\ de\ agua\ (m3) * \%\ (evaporación) \quad \text{(Ec.10)}$$

7.1.2. Sector Comercial

En el Sector Comercial, la HH Azul se cuantificó en base al consumo per cápita de agua porfuncionarioadministrativo, tomando como base encuestas aplicadas para la medición de HH del sector administrativoenla evaluación a nivel de Gobierno Municipal como parte del Proyecto

Huella de Ciudades. Es importante aclarar que la HH del Sector Comercial está relacionadacon el uso y consumo de agua de la población activa en el sector y no así con los procesosespecíficos dentro del mismo (actividades de servicio u operativas). Las limitaciones de información y la variedad de servicios queexisten en el Sector Comercial, no permitieron profundizar el estudio de la HH.La HH Azul del sector está determinada por la siguiente ecuación:

$$HH\ Azul_{Comercial} = HH\ Azul_{Per\ cápita} * No\ de\ funcionarios_{Comercial} \qquad \text{(Ec.11)}$$

7.1.3. Sector Industrial

La HH Azul del Sector Industrial, está relacionada con la incorporación y evaporación de agua enlos procesos industriales. Debido a la falta de información por tipo de industria, la medición se realizó para todo el sector, tomando como base los resultados obtenidos por el Proyecto Huella de Ciudades para los casos de estudio de las ciudades de La Paz, Quito y Lima. Por lo tanto, la HH Azul se cuantifica utilizando lasecuaciones8 y 9 presentadas anteriormente y considerando el 30% de incorporación en productos y evaporación en procesos. Para una nueva evaluación deberá tomarse en cuenta el balance hídricopor industria para determinar valores por rubro dentro del sector.

7.1.4. Sector Público

La HH del Sector Público es el resultado de la evaluación de las actividades administrativas, de servicio y operativas del Gobierno Municipal, y actividades de riego en áreas verdes, limpieza de calles y mercados, piletas públicas y otros dentro de esta categoría de facturación. A continuación, en la Tabla 4 se describen las actividades consideradas para este estudio.

Tabla 4. Actividades Operativas y de Servicio Sector Público.

Unidad	Actividad Operativa/ Administrativa
Central	- Oficinas tanto administrativas como operativas, tomando en cuenta las unidades alas que pertenecen, datos generados por el Proyecto Huella de Ciudades.
Áreas verdes	- Mantenimiento de áreas verdes de la ciudad por el riego.

Fuente: Elaboración propia

7.2. Huella Hídrica Gris

La HH gris, como se explicó en la sección de conceptos generales, refleja el volumen de agua que requiere un cuerpo de agua para asimilar una carga de contaminantes determinada, y llevarla a niveles ambientales aceptables, establecidos por la norma local. Para su evaluación se consideró el volumen del afluente y efluente de cada sector, así como la calidad de agua.

Para su cuantificación se utilizaron los parámetros de DBO_5y DQO, ya que capturan los contaminantes que generan las principales actividades evaluadas sin considerar el sector industrial, donde si existen otros factores de contaminación importantes, en futuras evaluaciones se recomienda realizar mediciones en función a varios parámetros de calidad de agua. Cabe remarcar que según la metodología, la elección de parámetros puede variar, dependiendo del usuario de la herramienta, del tipo de proceso y efluente que haya dentro de las instalaciones. Siempre y cuando sea considerada para todas las unidades evaluadas.

Para la cuantificación de la HH gris directa se aplicó la siguiente fórmula:

$$HH_{Gris} = \frac{(Efl * Conc_{Efl}) - (Afl * Conc_{Afl})}{Conc_{max} - Conc_{nat}} \quad \text{(Ec.12)}$$

Donde:

Efl * Conc. Efl= Carga orgánica en el efluente, estimada a partir del caudal del efluente y la concentración de los parámetros de calidad DBO_5 y DQO.
Afl * Conc. Afl= Carga orgánica en el afluente, estimada a partir del caudal del afluente y la concentración de los parámetros de calidad de DBO_5 y DQO.
Con.max= Concentración máxima permitida del cuerpo de agua receptor según la normativa ambiental para los parámetros de calidad DBO_5 y DQO.
Conc.nat= Concentración natural libre de impactos antropogénicos, medida en función a los parámetros de calidad de DBO_5 y DQO del cuerpo de agua receptor.

Los datos comunes para la evaluación de la HH Gris de la ciudad son:

- ✓ La concentración en el afluente, que se refiere a la calidad de agua potable en términosde DBO_5 y DQO.
- ✓ La concentración de efluentes, que se refiere a la calidad de agua residual en términosde DBO_5 y DQO.
- ✓ La concentración máxima determinada por la normativa ambiental local.
- ✓ La concentración natural, que se refiere a la calidad de agua sin impactos antropogénicos.

Las concentraciones máximas permitidas para los cuerpos de agua se realizaron en base a los límites máximo permitidos, establecidos en la normativa local[2] que establece los parámetros y los valores límites máximo permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua y en los sistemas de alcantarillado sanitario.

[2]En la ciudad de Cali el estudio se basó en la Resolución 631 emitida por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia sobre calidad máxima permitida para el vertido de efluentes residuales.

La concentración natural de los cuerpos de agua en términos de DBO_5 y DQO, bajo un estadoambiental con ausencia de impactos, es un valor estandarizado por el Proyecto Huella de Ciudades y se basa en los siguientes estudios de respaldo:

1) Identificación de vertimientos puntuales y tomas de agua en los cauces de los ríos Meléndez, Cañaveralejo y quebradas afluentes en el perímetro urbano del Municipio de Santiago de Cali, 2004.
2) Informes de monitoreo de calidad de agua en los ríos Malacatos y Zamora de la ciudad de Loja.
3) 3) Informe de Campañas de Muestreo en Cuerpos de Agua de la Cuenca del Río Katari, 2009, 2010, 2011 como parte del proyectoPROLAGO en La Paz Bolivia.

A continuación, se detallan las fuentes de las variables utilizadas en la ecuación de la HHGris en cada uno de los sectores evaluados.

7.2.1. Sector Residencial

Para determinar la HH Gris del sector residencial, se utilizaron datos de consumo de agua delsector, porcentaje de evaporación en actividades domésticas, y concentración en los efluentes.

Para determinar el volumen del efluente, como se menciona en la Tabla 3, se aplicó la siguienteecuación:

$$Vol\ efluente_{Residencial} = Vol\ afluente_{residencial} * (100\% - \%\ HHAzul_{Residencial})$$

(Ec.13)

Dónde:
Vol afluente residencial= Volumen facturado por el sector.
% HH Azul residencial= Porcentaje de HH Azul establecido para el sector doméstico.

La carga orgánica en el efluente resdencial, fue estimada a partir del caudal del efluente y la concentración de los parámetros de calidad DBO_5 y DQO[3].

7.2.2. Sector Comercial

Como se mencionó con anterioridad, la HH del sector Comercial se cuantificó en base a la cantidadde funcionarios en el sector. La información sobre la amplia gama de actividades

[3]La calidad de agua en efluentes del sector, fuero datos proporcionados por EMCALI y corresponden a mediciones realizadas a la entrada de la Planta de Tratamiento de agua residual "Cañaveralejo".

operativas que seencuentran dentro del Sector Comercial, no se encuentra disponible, lo que fue una limitante importante para lograr ahondar con mayor detalle.

El volumen del afluente necesario para la aplicación de la ecuación de la HH Gris, se determinó conel volumen de agua utilizada por los funcionarios del sector. Este dato se puede obtener con lasiguiente ecuación:

$$Vol\ Afluente = No\ de\ funcionarios\ sector * Uso\ de\ agua\ per\ cápita\ funcionario$$

(Ec.14)

Dónde:

Vol afluente= Volumen de agua que utiliza el sector. En el caso del Sector Comercial, el volumen de agua que utilizan los funcionarios y no así los servicios que proveen.

No de funcionarios sector=Cantidad de personas empleadas en el sector comercial. Dato que es obtenido de datos estadísticos de la ciudad.

Uso de agua per cápita por funcionario= Volumen de agua que utiliza un funcionario del sector. Por las características del uso y consumo de agua, se pueden utilizar los datos per cápita de un funcionarios administrativo del sector Público.

El volumen del efluente, se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$VolEfluente_{comercial} = Consumo\ PPC\ de\ agua_{(funcionario)} x\ Nº\ de\ funcionarios\ del\ sector$$

(Ec.15)

Finalmente, la concentración del efluente, fue obtenida de reportes periódicos que realizan las entidades distribuidoras de agua en el marco del cumplimiento regulatorio en el tema.

7.2.3. Sector Industrial

La HH del sector Industrial, fue cuantificada a partir de la estimación de las HH de las industriasdentro del área de evaluación. Por lo tanto, las variables que se utilizaronson propias del sector y presentan una muestra representativa.

- ✓ El volumen facturado del sector, es utilizado para obtener el porcentaje derepresentatividad de la evaluación.
- ✓ El volumen del efluente de las industrias fue obtenido del balance hídrico estándarparaestesector.
- ✓ La concentración en el efluente, es parte de un estudio de monitoreo de calidad de agua en ríos de la ciduad.

El volumen del efluente, se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$VolEfluente_{industrial} = Vol\ afluente_{industrial} x\ (100\% - \%HH\ Azul_{(industrial)}) \quad \text{(Ec.16)}$$

Dónde:

Vol afluente industrial= Volumen de agua que utiliza el sector.

% HH Azul industrial=Volumen de agua evaporada e incorporada en productos del sector.

7.2.4. Sector Público y Servicios Municipales

La HH Gris del sector Público y Servicios Municipales, es la suma de las HH de la cuantificación de las unidades municipales.Como se mencionó anteriormente, son incluidas las actividades administrativas y operativas, y consumo de agua para el mantenimiento de áreas verdes, piletas públicas y otras. A continuación se encuentran los datos generales del Sector Público que se utilizaronpara la cuantificación de la HH Gris.

Para la cuantificación de la HH Gris, se utilizó la ecuación 12. El volumen del efluente resultó del balance hídrico realizado. Si no se tenía calculado el volumen del efluente, se lo cuantificó con la siguiente ecuación:

$$Vol\ efluente = Vol\ afluente - HH\ Azul \quad \text{(Ec.17)}$$

Las concentraciones en los efluentes generados, depende de la actividad evaluada.

7.3. Huella Hídrica Verde

El programa CROPWAT[4] es un programa desarrollado por la FAO de acceso gratuito. Escomplementado por el programa CLIMWAT[5], igualmente de acceso gratuito.

La HH Verde total a nivel de Gobierno Municipal es la suma de las HH Verdes cuantificadas para todas lasa áreas verdes de la ciudad. La ecuación para la medición es:

$$HH\ Verde = HH\ Verde_{pasto} + HH\ Verde_{arbustos} + .. + HH\ Verde_{N} \quad \text{(Ec.18)}$$

$$HH\ Verde = CWU_{Verde} * Superficie\ Áreas\ Verdes \quad \text{(Ec.19)}$$

Complementariamente a la HH Verde, las plantaciones en áreas verdes también implican la generación de HH Azul por la evapotranspiración de las plantaciones. Para esta medición se aplica la siguiente ecuación:

[4]Disponible en www.cropwat.com
[5]Disponible en www.climwat.com

$$HH\ Azul = CWU_{Azul} * Superficie\ Áreas\ Verdes \qquad \text{(Ec.20)}$$

Dónde:

CWU.verde= Uso de agua de lluvia de la cobertura cuantificada

CWU.azul= Uso de agua extra (riego) de la cobertura cuantificada

Superficie de áreas verdes= Superficie de áreas verdes de la cobertura cuantificada (ha)

El valor de **CWUverde y CWUazul**fueron calculados con las ecuaciones presentadas acontinuación:

$$CWU_{Verde} = 10 \times \sum_{d=1}^{lgp} ETverde \qquad \text{(Ec.21)}$$

$$CWU_{Verde} = 10 \times \sum_{d=1}^{lgp} ETverde \qquad \text{(Ec.22)}$$

Dónde:

CWU.verde= Componente verde en el uso de agua de las plantas, es decir, el aprovechamiento de agua de la lluvia por parte de las plantas.

CWU.azul= Componente azul en el uso de agua de las plantas, es decir, el aprovechamiento de agua azul, en muchos casos potable, por parte de las plantas.

ETverde= Evapotranspiración del agua verde, agua de lluvia, y está definida por la siguiente relación:

$$ET\ verde = \min(ET_c, P_{eff}) \qquad \text{(Ec.23)}$$

Dónde:

ETc= Evapotranspiración verde acumulada en base a Peff

Peff= Precipitación pluvial efectiva

ETazul= Evapotranspiración del agua azul, agua dulce de la cuenca, y está definida por la resta entre la evapotranspiración menos la precipitación efectiva, si esta es menor a cero, entonces la evapotranspiración azul es cero. La siguiente relación de máximo, resume lo explicado anteriormente:

$$ET\ azul = max(0, ETc - P_{eff}) \qquad \text{(Ec.24)}$$

7.4. Huella Hídrica Indirecta

La Huella Hídrica Indirecta representa el volumen de agua dulce consumida o contaminada entoda la cadena de producción de un producto consumido de la canasta familiar. Cada productotiene una HH asociada, que está dada por la WFN en su sitio web o en las cuentas nacionales. Esasí que

para calcular la HH indirecta, se debe considerar la HH del producto (establecida por WFN[6]) y lacantidad de productos consumidos en un año:

$$HH_{Indirecta} = \sum_p (C_p * HH_{Prod}) \quad \text{(Ec.25)}$$

Dónde:
Cp= Cantidad de productos consumidos (unidad/tiempo)
HHprod= Huella Hídrica equivalente del producto (volumen)

Como se mencionó en un inicio, la HH Indirecta no forma parte de la HH Total, fue cuantificadasolo de manera demostrativa.En la base de la Water Footprint Network, se encuentran las equivalencias hídricas de productosagrícolas así como de estudios sobre la HH de productos elaborados como el papel, etc.

[6]Disponible en http://www.waterfootprint.org/?page=files/productgallery, http://www.waterfootprint.org/?page=files/WaterStat-ProductWaterFootprints

8. Referencias

1. Huella de Agua Directa: Volumen de agua relacionado al consumo/uso de agua en procesos directos. Huella de Agua Indirecta: Volumen de agua asociado a los bienes (productos) y servicios(transporte) consumidos por un consumidor.

2. Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2011) National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption, Value of Water Research Report Series No. 50, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. http://www.waterfootprint.org/Reports/Report50-NationalWaterFootprints-Vol2.pdf

3. Disponible en http://www.waterfootprint.org/?page=files/productgallery, http://www.waterfootprint.org/?page=files/WaterStat-ProductWaterFootprints

4. LostReturnFlow se refiere a la parte del flujo de retorno que no está disponible para su reutilización dentro de la misma cuenca en el mismo periodo, ya sea porque se devuelve a otra cuenca de captación (o descarga en el mar) o ya que se devuelve en otro período de tiempo.

5. Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2011) National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption; Value of Water Research Report Series No. 50, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. http://www.waterfootprint.org/Reports/Report50-NationalWaterFootprints-Vol1.pdf

6. La Demanda Bioquímica de Oxigeno, es un parámetro que mide el contenido de materia orgánica biodegradable en un cuerpo de agua y la cantidad de oxigeno que necesita para su descomposición.

7. La Demanda Química de Oxigeno, mide la cantidad de sustancias que puede ser oxidadas por medios químicos en un cuerpo de agua.

8. Herramienta Cropwat, disponible en www.cropwat.com

9. Herramienta Climwat, disponible en www.climwat.com

10. Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2011) National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption, Value of Water Research Report Series No. 50, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. http://www.waterfootprint.org/Reports/Report50-NationalWaterFootprints-Vol2.pdf

11. Equivalente indirecto de productos: http://www.waterfootprint.org/?page=files/productgallery, http://www.waterfootprint.org/?page=files/WaterStat-ProductWaterFootprints

12. Cámara de Comercio de Colombia. Informe Económico Anual, 2015. Información disponible en la página Web de esta institución.

13. Municipalidad de Santiago de Cali. Departamento Administrativo de Planeación. Documento estadístico Cali en Cifras, 2015. Información publicada en la página web de la Municipalidad.

14. Facturas de servicios públicos entregados por la empresa prestadora del servicio EMCALI, 2015. Información no publicada.

15. Municipalidad de Santiago de Cali. Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA). Información no publicada.

16. Resolución 631 emitida por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia sobre calidad máxima permitida para el vertido de efluentes residuales.