

ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA AZUL Y VERDE DE LA PRODUCCIÓN CAFETERA EN OCHO CUENCAS EN EL SUR DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA

ESTIMATION OF THE BLUE AND GREEN WATER FOOTPRINT OF COFFEE PRODUCTION IN EIGHT BASINS IN THE SOUTH OF THE DEPARTMENT OF HUILA

Walter Ariza Camacho¹
Diego Arevalo Uribe²

¹ *Ingeniero Ambiental, MSc en Ingeniería Química, Profesional asociado,
Mild Coffee Company Huila (MCCH), Neiva, Huila, Colombia.*

² *Ingeniero Civil, Master en Hidrología general y aplicada con Diploma de Estudios Avanzados
en Doctorado en Ingeniería hidráulica y Energética. Director regional para Latinoamérica
y el Caribe de Good Stuff International, GSI-LAC.*

¹ ing.walca@gmail.com

² diego@goodstuffinternational.com

Resumen

La estimación de la huella hídrica verde y azul de la producción cafetera, fue realizado como una estrategia que promueve y apoya el uso sostenible del recurso hídrico; para ello, se realizó una identificación y caracterización de los procesos de cosecha y pos-cosecha del café, a fin de estimar el impacto generado sobre la cantidad del agua por uso de agua verde (humedad del suelo) y uso o consumo de agua azul (agua de ríos, lagos y acuíferos) en las cuencas de estudio, analizando la competencia por agua y tierra generada a causa de la ampliación de la frontera agrícola. Los estimativos de la huella hídrica verde (HHV) y la Huella hídrica azul (HHA), se realizaron bajo la metodología del Manual de Evaluación

de la Huella Hídrica, teniendo en cuenta la identificación y caracterización de los procesos que involucran consumo directo de agua, diferenciando lo asociado al proceso agrícola y el uso y consumo de agua asociado al proceso de beneficio del café y uso de agua asociado a las necesidades básicas domesticas generadas en la finca. Los valores de HHV por unidad de producto promedio en cuenca fue de 6.328 L/kg café pergamino seco (CPS); los valores de HHA están divididos en el valor que hace referencia a la demanda hídrica (DH) por producto promedio en cuenca el cual fue de 233,2 L/kg CPS y el valor de la HHA por producto presenta un promedio por cuenca que fue de 16,1 L/kg CPS. Se encontró que los valores obtenidos

en el presente estudio son inferiores a los reportados en la literatura, lo cual permite evidenciar una sobre estimación de la huella hídrica con base en datos globales.

Palabras clave: Demanda hídrica, huella hídrica azul, huella hídrica verde.

Abstract

The estimation of the green and blue water footprint of coffee production was made as a strategy that promotes and supports the sustainable use of water resources; hence, an identification and characterization of coffee harvest and post-harvest processes was carried out, in order to estimate the impact generated on the amount of water by use of green water (soil moisture) and use or consumption of blue water (water from rivers, lakes and aquifers) in the basins studied; analyzing the competition for water and land generated due to the expansion of the agricultural frontier. The estimates of the green water footprint ('HHV') and the blue water footprint ('HHA')

were made under the methodology of the Manual of Water Footprint Assessment, taking into account the identification and characterization of processes involving direct water consumption, differentiating between that associated with the agricultural process and the use and consumption of water associated with the coffee benefit process and the use of water associated with the basic domestic needs generated on the farm. The values of HHV per unit of average product in basin was 6,328 L/kg dry parchment coffee (CPS); the HHA values are divided into the value that refers to the water demand (DH) by average product in basin which was 233.2 L/kg CPS and the HHA value per product has an average per basin that was of 16.1 L/kg CPS. It was found that the values obtained in the present study are lower than those reported, and it allows to expose an over estimation of the water footprint based on global data.

Keywords: Blue water footprint, green water footprint, water demand.

Introducción

Colombia es uno de los países con mayor recurso hídrico (ENA, 2014); sin embargo, este recurso cada día se ve más amenazado por la falta de planeación política y organizativa que conlleva a utilizarlo de forma indiscriminada. Una de las formas de hacer frente a esta problemática que presenta el país, es el desarrollo de propuestas de investigación que permitan generar políticas que garanticen la gestión del recurso hídrico en todo el territorio y principalmente en zonas estratégicas y/o con mayor vulnerabilidad. La huella hídrica da cuenta de las apropiaciones humanas del agua contenida en el suelo (HHV) y la que se apropia de las fuentes superficiales (HHA). Este componente

permite identificar la competencia del agua y los recursos hídricos con la demanda de agua por los diferentes sectores (ENA, 2014). Bajo este criterio, estimar la huella hídrica podría ser una de las estrategias que permitan dar una gestión integral del recurso hídrico permitiendo así que cultivos como el café puedan ser realizados de manera sostenible y no generen un deterioro a los recursos naturales.

El café es un producto agrícola de suma importancia para la economía rural de Colombia; cerca de la tercera parte de la población rural dependen directamente del cultivo de café. Según la Federación Nacional de Cafeteros, el

Huila es el departamento de Colombia con mayor producción de café; en concordancia con el resto del territorio colombiano, en el Huila, el 94% de las áreas en café pertenecen a pequeños caficultores y está plantado principalmente en una ecozona estratégica del país llamada Macizo Colombiano, la cual es una estrella fluvial donde nacen cinco de los principales ríos de Colombia.

El estudio de lineamientos de política y estrategias para el desarrollo regional sostenible del macizo colombiano identifica tres ejes problemáticos que actualmente ponen en riesgo la sostenibilidad del Macizo colombiano: (i) El deterioro del capital natural y el aumento de la vulnerabilidad ante desastres naturales y el cambio climático; (ii) las actividades productivas que afectan la sostenibilidad del territorio y aportan al cambio climático; y (iii) la debilidad institucional para generar gobernanza en el territorio, lo que obstaculiza el desarrollo de acciones oportunas, coordinadas y eficientes. Así mismo, destaca que la multiplicidad de actores con diversos intereses en el Macizo, y su escasa articulación, conducen al aumento de los conflictos socioambientales y del uso del suelo e inciden en la realización de inversiones con bajo impacto socioeconómico, (CONPES, 2018).

El concepto de la huella hídrica y su aplicación bajo metodologías de cuantificación y evaluación promueve y apoya el uso sostenible del recurso hídrico a través de la identificación y caracterización de procesos antrópicos, el análisis de su relación respecto al uso, consumo y contaminación del agua, y por último, la aplicación del concepto de apropiación humana de

agua, la cual se evalúa con relación en la disponibilidad de la misma en el nivel de cuenca (Zarate, 2017). La huella hídrica se basa en el desarrollo amplio de cuatro conceptos previos: agua verde (flujo vertical de agua, es decir, agua almacenada en el suelo que soporta la vegetación en secano y que se mantiene en el suelo, pero que no hace parte del proceso de recarga a fuentes de agua superficial o subterránea (FAO, 2000)); agua azul (flujo horizontal del agua, es decir, el agua de escorrentía, las fuentes de agua superficial, ríos y lagos, y fuentes de agua subterránea, acuíferos (FAO, 2000); agua gris (Representa los vertimientos generados a causa de procesos antrópicos que llegan a fuentes de agua naturales (Arévalo, 2012)) y agua virtual (volumen de agua requerida o contaminada para la producción de un producto o servicio, medida a lo largo de su cadena de suministro (Allan, 1993); los cuales proveen la mayor parte de la base conceptual y metodológica que permite su aplicación y complementan la visión tradicional de la gestión del agua en el contexto de la aplicación de la Gestión Integral de Recursos Hídricos en una cuenca.

En el marco conceptual se destacan algunos estudios de la aplicación de la huella hídrica en relación con la huella hídrica verde (HHV) y huella hídrica azul (HHA) en el sector cafetero; uno de estos estudios a nivel global fue el elaborado por *Water Footprint Network WFN*, que generó una base de datos global discriminando por país la huella hídrica para diferentes cultivos. En la tabla 1 se presenta la HHV y HHA para los 5 países con mayor producción de café a nivel mundial y el valor de HHV promedio global.

Tabla 1. Indicador de HHV para el café (HS 090111) a nivel global y de países¹

CODIFICACIÓN		
Código producto (FAOSTAT)	656	656
Código producto (HS)	090111	090111
Código producto (SITC)	07111	07111
Discriminación producto (HS)	Café no tostado	Café no tostado
Discriminación producto (FAOSTAT)	Café, Verde	Café Azul
Producto base (HS)	090111	090111
País	HHV (m ³ /ton)	HHA (m ³ /ton)
Promedio global (76 países)	15.249	116
Brasil	10.750	181
Vietnam	6.26 (3.97) ²	0 (404) ²
Colombia	13.033	0
Indonesia	28.257	0
Etiopía	10.488	66

Fuente: (Mekonnen & Hoekstra, 2010)

En el contexto nacional y local, se destacan tres estudios en los cuales se realizaron estimaciones de la HHV y HHA para el cultivo del café. La primera referencia corresponde al estudio de Arévalo (2012) "Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica", en éste se define una huella hídrica total (corresponde a la suma de las 3 huellas) de 11.113 m³/ton de café, siendo la HHV cerca del 85% del total y con un aporte nulo de HHA. El segundo estudio hace referencia a la evaluación de la huella hídrica en la cuenca del río Porce elaborado por el CTA y COSUDE (2013), en éste se reporta una HHV de aproximadamente 12.200 m³/ton y nuevamente una HHA de 0 m³/ton, puesto que no incluye el beneficio. El tercero es el Estudio Nacional del Agua ENA desarrollado en 2014 y elaborado por el IDEAM (2014), que no solo generó un cálculo de HHA para más de 40 cultivos en el país, sino que adicionó tres

indicadores relacionados con la huella hídrica a la batería de indicadores para su estimación. El análisis de cantidad del agua verde en el ENA 2014 se realizó a partir del Índice de Presión Hídrica a los ecosistemas - IPHE -, el cual para la subzona hidrográfica 2101 - Alto Magdalena donde se ubican los municipios y las cuencas de estudio, presenta una calificación de Alto, considerando datos del año 2012. Este indicador da una primera aproximación al punto central del análisis de la HHV, la competencia entre los ecosistemas naturales de alta montaña, estratégicos para la producción de agua, y la agricultura que asciende por ampliación de su frontera agrícola. El análisis de cantidad del agua azul en el ENA 2014 se realizó a partir del Índice de Uso de Agua - IUA - e Índice de Agua no Retornada a la Cuenca - IARC -, los cuales para la subzona hidrográfica 2101 - Alto Magdalena donde se ubican las cuencas

¹ Water footprint and water scarcity data: 1996-2005 average. Water pollution level data: 2000.

² Tomado de Amarasinghe et al. (2013) "Towards sustainable Coffee production in Vietnam: Addressing irrigation issues", en el cual se estima una HHV y HHA de 3.970 m³/ton y 404 m³/ton de café respectivamente.

de estudio, presenta una calificación de Bajo y Muy Bajo para condiciones climáticas medias y secas, respectivamente, considerando datos del año 2012.

Si bien, la huella hídrica verde tiene una mayor magnitud en relación con las otras huellas, es la única de las tres que no necesariamente se intenta reducir, puesto que no implica una competencia directa por agua, no obstante, sí representa una competencia territorial, que se ve representada en la ampliación de la frontera agrícola. Así mismo, cabe resaltar que en los estudios previos para la estimación de la huella hídrica azul en el sector cafetero no se ha considerado la etapa de beneficio que se caracteriza por la demanda, uso y consumo directo de agua en el proceso.

El presente estudio se centra en la estimación de la HHV y HHA (directamente asociada a los conceptos de Agua Azul y Demanda Hídrica), en ocho microcuencas del Macizo Colombiano con relación al sector cafetero y hace parte integral del proyecto de investigación "Determinación de las huellas ambientales como indicador en la toma de decisiones en el marco integral de la producción de cafés especiales en el sur del Departamento del Huila", el cual tiene por objeto generar insumos técnicos que apunten a una caficultura sostenible en el sur del Huila.

Materiales y métodos

La medición de la HHV y HHA es basado en el manual de evaluación de la huella hídrica desarrollado por Arjen Y. Hoekstra y asociados; Sin embargo, es necesario sentar algunos conceptos:

- El análisis de la HHA se hace de manera complementaria con el concepto de Demanda Hídrica, que hace referencia a la extracción de agua de una fuente superficial o subterránea de agua (Zarate, 2017).

- Para el caso de estudio, se trata de un cultivo bajo secano, por lo que no se aplica riego y por tanto la demanda hídrica (agua extraída de una fuente superficial o subterránea para un proceso antrópico) como la HHA (agua usada y no retornada a la fuente por evaporación, incorporación o trasvase) asociada al cultivo es nula.
- El concepto de HHV es aplicable únicamente al proceso antrópico agropecuario (del sector pecuario se considera solo la parte agrícola asociada a producción de alimento de animales). El sector agropecuario genera apropiación de agua por el requerimiento hídrico de los cultivos, el cual genera evapotranspiración. La parte asociada a la evapotranspiración que proviene de un proceso agrícola de secano (no riego) de cultivos para aprovechamiento humano, es lo que se denomina HHV (Arévalo, 2012).
- La HHV y HHA, para el caso particular de análisis centrado en la caficultura caracterizada a nivel de detalle en el sur del Huila, se parte de un cultivo que se desarrolla bajo prácticas de secano por lo que la HHV del proceso agrícola es la totalidad del requerimiento hídrico del cultivo y la HHA es nula. En este aspecto, solo aporta a la HHA el agua consumida en la postcosecha, que se centra en los dos principales procesos que generan consumo de agua: beneficio y consumo doméstico de las fincas.

Metodología para el cálculo de HHV y HHA:

El desarrollo metodología para el cálculo de la HHV y HHA requiere de dos pasos importantes; el primero consiste en la identificación y caracterización de los procesos que involucran consumo directo de agua, diferenciando lo asociado al proceso agrícola, que genera uso y consumo bajo procesos de regadío, y procesos no agrícolas, entendido

como las actividades de postcosecha, asociadas de manera directa al proceso de producción agrícola. Para el caso de análisis del proceso agrícola y siguiendo la metodología de evaluación de huella hídrica se realiza la estimación de los requerimientos hídricos de

cultivos con base en la caracterización de clima, precipitación, uso de suelo y suelo (Figura 1). Esta información permite determinar el balance hídrico, estimar de requerimiento hídrico azul (riego) y requerimiento hídrico verde (humedad del suelo).

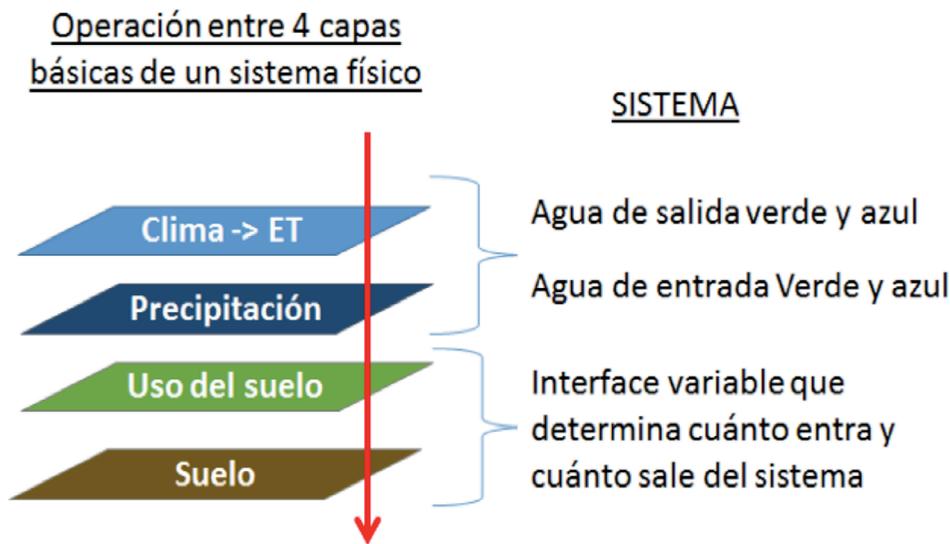


Figura 1. Conceptualización de flujo de información requerida para la estimación de la HHV y HHA (Arévalo, 2016).

El segundo paso se relaciona con los procesos no agrícolas, de los cuales se han evaluado los dos principales: el uso y consumo de agua asociado al proceso de beneficio del café y uso de agua asociado a las necesidades básicas domésticas generadas en la finca, las cuales aumentan en época de cosecha; para ello, se realiza la caracterización de los 505 caficultores identificando el tipo de sistemas de beneficio de café utilizado en pos-cosecha, el área y la producción cafetera; así mismo, se realizan ensayos en cada uno de los sistemas para

conocer los volúmenes de agua gastados por kilogramo de café pergamino seco.

Delimitación del sistema: Para estimar el indicador de HHV, HHA (huella hídrica azul y Demanda Hídrica) es necesario definir los criterios que delimitan el alcance de los resultados, se destacan aspectos como la escala espacial y temporal, los procesos que se incluyen en los cálculos, las unidades de medida para reportar los resultados, entre otros (Tabla 2).

Tabla 2. Definición del alcance para estimar la HHV y HHA de las fincas cafeteras

HHV y HHA directas de la producción de café pergamino seco				
Procesos	Unidad Espacial	Unidad	Fuentes De Información	
VERDE	Proceso agrícola en seco	m ³ /año m ³ /mes m ³ /ton CPS o L/KG CPS	<ul style="list-style-type: none"> • Información climática local. • Usos del suelo a escala nacional y regional actualizados a 2017. • Caracterización agrícola Local. • Información de campo • Información secundaria de fuentes verificadas. 	
AZUL Y DEMANDA HÍDRICA	Riego Agrícola			<ul style="list-style-type: none"> • 505 fincas cafeteras ubicadas en los municipios de Pitalito, Acevedo, San Agustín e Isnos. • 8 microcuencas en la zona de interés.
	Beneficio			
	Doméstico			

Fuente: Autores

Se identificaron 8 microcuencas en la zona de estudio, las cuales cubren cerca del 20% del territorio completo del sur del Huila (Municipios de Pitalito, Isnos, Acevedo, San Agustín y Palestina) y el 46% de las fincas caracterizadas (505

fincas cafeteras), lo que permite tener un ejercicio piloto con 8 cuencas que puede ser extrapolable a otras cuencas asociadas a las zonas aferentes de las fincas caracterizadas, pero no incluidas en las microcuencas (Tabla 3).

Tabla 3. Características principales de microcuencas de análisis

Microcuencas de estudio con producción cafetera caracterizada	# fincas	Área microcuencas (has)	# Arboles de café
1 La Negra	21	9.925	291.000
2 Naranjos (Tributario)	12	180	121.800
3 Criollos	44	4.470	667.805
4 Guachicos	38	8.951	550.502
5 El Cedro	40	7.322	489.963
6 Guarapas	65	24.022	639.310
7 El Pital	4	1.436	80.300
8 Suaza (Tributario)	6	404	171.850
- Fincas fuera de las cuencas	275		3.673.841
Total general	505	56.710	6.686.371

Fuente: Autores

Incorporación de las variables climáticas: Para este proceso se analiza la información climatológica: evapotranspiración y precipitación, obteniendo valores diarios totales, lo cual ha requerido la implementación de dos procesos

que permiten la correcta interpretación hidrológica de los datos: 1. Proceso de completado de series históricas: proceso matemático por el cual, mediante análisis estadístico y comparativo de información de otras estaciones,

se completan registros en los cuales una o varias estaciones no han tomado datos. Para las series de precipitación y evapotranspiración se consiguió generar una serie homogénea de año tipo para las 4 estaciones instaladas en el presente estudio. 2. Interpolación matemática de datos diarios para generar una capa raster de variación diaria que es el insumo principal del modelo geográficamente distribuido.

Cálculo para estimación de requerimiento hídrico de cultivo:

El proceso de estimación de requerimientos hídricos se basa en: las áreas de cultivo según su ubicación espacial; datos específicos del cultivo; las variables climáticas de Precipitación y Evapotranspiración Potencial y; las variables de suelos propias de la zona donde está ubicado el cultivo. El modelo matemático de estimación se basa en la metodología propuesta por la FAO para estimación de requerimiento hídrico, que está disponible y es de libre acceso a través de la herramienta de cálculo CROPWAT. Esta herramienta ha sido adaptada para estimaciones geográficamente distribuidas con variación de clima y de suelos para cada ubicación espacial identificada. En principio, las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (Minagricultura, 2016) reportan para el 2016 un total de 49.948 hectáreas sembradas de Café en los cinco municipios de interés

de este estudio (se incluye en este análisis el municipio de Palestina, puesto que una de las cuencas seleccionadas tiene incidencia en esta unidad geográfica). Sin embargo, esta área debe ser distribuida geográficamente, lo cual es necesario para poder identificar qué área se encuentra dentro de las ocho (8) cuencas hidrográficas del estudio y para saber cómo se comporta el requerimiento hídrico según las variables de clima y suelos propias de cada ubicación. El procedimiento de asignación geográficamente distribuida de áreas sembradas empleado se basa en la propuesta metodológica desarrollada para el Estudio Nacional del Agua del 2014 (IDEAM, 2014). Este proceso estadístico de álgebra de mapas consiste en identificar "polígonos" agroclimáticamente homogéneos, es decir, que sus variables de Precipitación, Evapotranspiración y Suelos sean homogéneas y donde se establece un grado de certeza, que puede existir un cultivo determinado. Particularmente para este caso, se cuenta con datos climáticos de Precipitación y Evapotranspiración Potencial medidos localmente y a nivel diario. A partir de estos datos se generaron modelos climáticos espaciales, completando datos faltantes e interpolando el área de influencia de las estaciones de medición, teniendo en cuenta las cuencas de interés (Tabla 4).

Tabla 4. Tipos de suelo y sus propiedades de retención de humedad (Hu) para el establecimiento de polígonos agroclimáticamente homogéneos.

Suelo (Código)	Retención de humedad Hu (mm/m)
29	134,2
30	144,8
59	130,0
118	129,2
126	100,0
151	115,1
114	127,3
121	98,2

Fuente: Autores

Los polígonos se asocian con áreas sembradas de café, según los usos del suelo de los mapas de coberturas y usos del suelo (IDEAM, 2014). Una vez identificados los polígonos potenciales de café se procede a establecer el área sembrada para cada polígono. En el caso del LULC 2.2.2 (cultivos permanentes arbustivos), este uso del suelo se asocia directamente con el cultivo de café, por lo que los polígonos correspondientes se considera que están sembrados con café en el 100% de su área. Los usos del suelo de mosaicos (2.4.3, 2.4.4 y 2.4.5) se considera que tienen un área sembrada de café que no llega al 100% del área del polígono, entonces se asume una distribución proporcional al área del polígono con relación a todos los polígonos de mosaicos en el municipio. Los usos del suelo 2.2.2.50, corresponden a verificaciones hechas en campo, donde se estableció que algunos mosaicos estaban sembrados con café en el 50% del área. También se verificó en campo que algunas coberturas de mosaicos corresponden en realidad a la categoría 2.2.2. (café en el 100% del área), y que algunos mosaicos tienen café en el 50% del área. Estos usos del suelo se actualizaron para 305 polígonos, mientras que se asignó el uso del suelo 2.2.2.50 a 34 polígonos según las verificaciones en campo.

Resultados y Discusión

HUELLA HÍDRICA VERDE - HHV

Para el cálculo de la huella hídrica verde se realiza un análisis de información oficial, a

nivel nacional, departamental, municipal y veredal, que permite tener una primera aproximación a los resultados de huella hídrica. La información consultada es la información estadística del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a nivel nacional, departamental y municipal (Tabla 5). La Información geográfica de usos del suelo es la capa Raster con el resultado del monitoreo interinstitucional de coberturas de la tierra en el territorio continental de Colombia (periodo 2010-2012) a escala 1:100.000. Fue construido a partir de las capas de coberturas de la tierra para los periodos 2000-2002 y 2005-2009 y corresponde a la interpretación visual sobre imágenes de satélite con posterior verificación de campo. Para la generación del mapa, se aplicó la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Las imágenes satelitales utilizadas para la interpretación de las coberturas fueron principalmente Landsat7, RapidEye y Spot (IDEAM 2014). Esta información se utiliza de manera cruzada con la información estadística del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, de forma que permite generar una base de información de origen oficial para los cálculos en primera estimación. De acuerdo con el análisis inicial de información oficial que permitió tener una primera aproximación de los usos del suelo a nivel nacional, departamental, municipal y veredal, se procedió a avanzar en el ajuste y actualización de esta información considerando dos fuentes complementarias.

Tabla 5. Estadística actualizada a 2016 de áreas cultivadas con café para el departamento del Huila y los cuatro municipios objeto de estudio.

Área de café en Colombia/Estadística departamental											
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Huila	96.428	103.041	104.865	117.224	129.153	139.819	154.492	154.983	154.088	151;902	16,3%
Área de café en el huila /Estadística municipal de los cuatro municipios de estudio											
Acevedo	8.837	9.335	9.554	11.403	12.696	13.858	15.868	15.552	15.552	15.064	10%
Isnos	2.001	2.429	2.540	2.753	3.147	3.580	4.207	4.238	4.248	4.323	2.8%
Pitalito	11.315	12,279	12.849	14.945	16.855	18.535	20.464	20.154	19.821	19.118	12,6
Huila	4.090	4.068	4.112	4.753	5.459	6.149	7.136	7.171	7.103	6.985	4,6

Fuente: Autores

HHV a nivel municipal: Con base en la información recopilada se presenta el cálculo de HHV a nivel municipal para las zonas de estudio, la cual ya tiene valores de comparación a nivel global. Se presentan a continuación los resultados de la HHV territorial para el café en

todos los municipios del departamento del Huila y su distribución temporal a nivel mensual (Tabla 6), lo cual será información vital para la planificación agrícola, en conjunto con el análisis geográfico y temporal.

Tabla 6. Resultados de HHV territorial de café obtenidos para cada municipio en el departamento de Huila. (Millones de m³/mes o Millones de m³/año)

HHV Territorial Café Huila (Millones de m ³)													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Acevedo	15.1	14.0	14.7	13.6	13.3	12.2	12.7	13.9	14.5	14.9	13.8	14.3	166,9
Isnos	3.5	3.2	3.3	3.1	3.1	2.8	2.9	3.2	3.3	3.4	3.2	3.3	38.2
Pitalito	19.1	17.6	18.4	17.3	17.0	15.5	16.1	17.5	18.3	18.9	17.5	18.2	211.4
San Agustín	5.9	5.4	5.7	5.3	5.2	4.6	4.8	5.3	5.6	5.8	5.4	5.6	64.5

Fuente: Autores

A partir de los resultados de HHV del café, y su distribución temporal y geográfica, para el territorio de estudio se estima el valor de HHV de producto, el cual está fuertemente condicionado por el rendimiento agrícola del café pergamino seco en la zona de estudio. Dado que existen varios valores de rendimiento distribuidos en el territorio, se ha tomado un análisis de variación basado en los valores de caracterización de la zona

de estudio. Como resultado de lo anterior se considera el valor de rendimiento con una variable en un rango establecido entre 0,8 ton CPS/ha y 1,6 ton CPS/ha.

HHV de café por cuenca: Para el cálculo del modelo se parte de una mirada a la totalidad del área sembrada de café en cada cuenca (Tabla 7), considerando que es la totalidad la que genera impacto sobre el territorio; no obstante, se

tienen caracterizadas 505 fincas que representan un porcentaje del total que oscila entre el 1,2% y 10,8%. Los resultados de requerimiento hídrico del cultivo de café en las 8 microcuencas de interés del departamento del Huila se evidencian en la figura 2 del anexo 1.

Tabla 7. Área de café total y caracterizada para el proyecto por cuenca

Microcuencas de estudio con producción cafetera caracterizada		Área cultivada de café (has)	Área cultivada café en las 505 fincas de proyecto (has)
1	La Negra	5.017,1	59,7
2	Naranjos (Tributario)	179,9	19,4
3	Criollos	3.562,7	116,5
4	Guachicos	2.844,3	101,4
5	El Cedro	3.315,4	94,9
6	Guarapas	6.852,0	131,3
7	El Pital	1.073,2	18,1
8	Suaza (Tributario)	403,9	29,0
9	Fincas fuera de las cuencas		708,2
Total general		23.248,6	1.278,6

Fuente: Autores

Con base en los resultados territoriales y en la información recopilada en la línea base, se consigue la estimación de la HHV por finca y por cuenca (Tabla 8).

Tabla 8. HHV total y por unidad de producto por cuenca.

Microcuencas de estudio con producción cafetera caracterizada		HH Verde Millones de m ³ /año	HH Verde L / Kg CPS
1	La Negra	38,4	6.374,1
2	Naranjos (Tributario)	1,5	6.787,6
3	Criollos	23,1	5.406,8
4	Guachicos	20,8	6.098,1
5	El Cedro	23,3	5.854,2
6	Guarapas	51,5	6.264,1
7	El Pital	8,7	6.745,4
8	Suaza (Tributario)	3,4	7.094,7

Fuente: Autores

El valor promedio de HHV por unidad de producto es de 6.328 litros de agua verde por kilogramo de café pergamino seco. HUELLA HÍDRICA AZUL Y DEMANDA HÍDRICA – HHA y DH

Centrando la atención en el proceso de beneficio y consumo doméstico, se enfatiza en los resultados obtenidos en campo en relación con la caracterización de los 505 caficultores y los ensayos de los sistemas de beneficio; los cuales se relacionan principalmente con tres variables que son condicionantes para la determinación del consumo de agua en los diferentes procesos.

Caracterización de territorio y población: La caracterización del territorio y su relación con la población objetivo se centra en el tamaño de

finca y su relación con el área cultivada de café y distribución geográfica y temporal de la población. Adicionalmente, se analiza la Producción de Café Pergamino Seco, por finca. La caracterización surge de la información obtenida en campo con la herramienta de caracterización aplicada a los caficultores vinculados al proyecto, la cual permitió conocer el sistema de beneficio de café utilizado, producción, área cultivada y origen del agua utilizada para el beneficio del café entre otros. En la tabla 9 se pueden identificar las características de la población de análisis en resultados consolidados por cuenca.

Tabla 9. Características de 505 fincas cafeteras por cuenca

Microcuencas de estudio con producción cafetera caracterizada		Área cultivada café en las 505 fincas de proyecto (has)	Producción CPS kg
1	La Negra	59,7	71.695,3
2	Naranjos (Tributario)	19,4	23.330,6
3	Criollos	116,5	139.804,7
4	Guachicos	101,4	121.702,8
5	El_Cedro	94,9	113.858,9
6	Guarapas	131,3	157.618,6
7	El Pital	18,1	21.702,6
8	Suaza (Tributario)	29,0	34.768,4
-	Fincas fuera de las cuencas	708,2	849.856,5
Total general		1.278,6	1.534.338,4

Fuente: Autores

Según los datos obtenidos en campo y los análisis de la línea base se ha podido estimar una producción total por cosecha para las 505 fincas de aprox. 1.500 ton CPS, correspondientes a casi 1.300 hectáreas.

Caracterización del sistema de beneficio y uso del agua: Se caracteriza el tipo de beneficio utilizado, se centra en la evaluación de su funcionamiento y su relación con el agua, el estado de los sistemas y su distribución geográfica por

finca. Se evidencian tres sistemas de beneficio en las fincas objeto de estudio, siendo el más usado el tanque tina (83%) seguido del canal de correteo (14%), terminando con Ecomill (2%) y fincas que no benefician (1%). La tabla 10 presenta los resultados de los ensayos realizados para determinar el uso de agua en cada sistema teniendo en cuenta el estado y el tiempo de fermentación. Valores similares fueron reportados por el Centro Nacional de Investigación del Café CENICAFE (Valencia, 2015).

Tabla 10. Factores de relación de consumos de agua gastados según el sistema, el estado fitosanitario y el tiempo de fermentación.

		Sistema Canal de correteo 30 L/ Kg CPS**	Sistema tradicional 4,25 L/ Kg CPS**	Sistema Ecomil 0,6 L/ Kg CPS**
		Factor de relación de volumen gastado según la condición dada		
Estado del sistema	Bueno	1	1	1
	Regular	1,15	1,15	1,3
	Malo	1,3	1,3	1,8
Tiempo de fermentación	< 15	1,58	1,58	-
	16-25	1,1	1,1	-
	> 26	1	1	-

Fuente: Autores

Información de campo obtenida de 505 fincas cafeteras.

Resultados demanda hídrica (DH) de café por cuenca:

Se presentan a continuación los resultados de demanda hídrica para las cuencas, entendido este resultado como una agrupación de los resultados obtenidos por finca. La DH hace referencia al agua que se extrae y se usa de una fuente superficial o subterránea para los procesos analizados (beneficio y doméstico). Para la demanda solo importa la extracción de agua, no se considera si se retorna a la fuente o no. Se presentan dos resultados complementarios; el primero de ellos es el volumen total de DH por año, considerando dos periodos de cosecha por año que representan un total de

5 meses en cosecha durante el año; el segundo es el volumen de demanda por unidad de producción, en este caso se presenta en litros de agua demandados para producir un kilogramo de café pergamino seco. El primer valor está estrechamente relacionado con el número de fincas analizadas por unidad geográfica, por lo tanto, tendrá un mayor valor quien tenga más asociados en la cuenca. El segundo valor es un indicador que divide la demanda hídrica por la producción total, de forma que permite identificar cambios de comportamiento entre cuencas, y permite estimar un valor con una muy buena aproximación de cuánta agua es demandada para producir un kg de café pergamino seco. La tabla 11 presenta los resultados obtenidos por cuenca.

Tabla 11. Demanda hídrica de 505 fincas cafeteras por cuenca

Microcuencas de estudio con producción cafetera caracterizada		Demanda hídrica total (Doméstico + Beneficio) m ³ /año	Demanda hídrica por unidad de producción (Doméstico + Beneficio) l/kg cps
1	La Negra	9.558,2	133,32
2	Naranjos (Tributario)	4.260,6	182,62
3	Criollos	36.694,1	262,47
4	Guachicos	20.383,0	167,48
5	El Cedro	22.928,5	201,38
6	Guarapas	35.578,4	225,72
7	El Pital	1.687,1	77,74
8	Suaza (Tributario)	4.140,5	119,09
	Fincas fuera de las cuencas	152.804,3	179,80
Total general		288.034,7	

Fuente: Autores

Contando con la caracterización detallada de unidades productivas y entendiendo que el indicador puede evidenciar diferencias en rendimiento, se encontró una relación entre el valor promedio del indicador por tamaños de finca, de forma que se evidencia un mayor rendimiento y eficiencia en el uso del agua en unidades productivas de mayor tamaño que permiten beneficiar mayor cantidad de café una sola infraestructura de beneficio.

Resultados HHA de café por cuenca: La HHA hace referencia al agua que se extrae de una fuente superficial o subterránea para los

procesos analizados (beneficio y doméstico), se usa y no retorna a la fuente por uno o por la combinación de los siguientes procesos: evaporación, incorporación o trasvase. Para la HHA solo importa el balance final del agua obtenido al restar el vertimiento de la extracción de agua, por lo tanto, la HHA es siempre menor o igual que la demanda hídrica. Siguiendo los mismos criterios de DH se calculó la HHA por año y por unidad productiva (Tabla 12). Se puede apreciar que la HHA es del orden del 10% de la DH, por lo cual se espera un valor poco significativo que manifiesta coherencia con los resultados globales y con los resultados esperados.

Tabla 12. HHA de 505 fincas cafeteras por cuenca

Microcuencas de estudio con producción cafetera caracterizada		HH azul (domestico + beneficio) m ³ /año	HH azul (domestico + beneficio) l/kg cps
1	La Negra	656,8	9,16
2	Naranjos (Tributario)	320,2	13,73
3	Criollos	1.899,9	13,59
4	Guachicos	1.283,6	10,55
5	El Cedro	1.392,7	12,23
6	Guarapas	2.155,2	13,67
7	El Pital	128,8	5,93
8	Suaza (Tributario)	247,0	7,10
	Fincas fuera de las cuencas	9.506,6	11,19
Total general		17.590,8	

Fuente: Autores

Al igual que en la DH, los valores de HHA por unidad de producción son altamente sensibles al rendimiento agrícola, por lo que valores más bajos están normalmente relacionados con rendimientos altos, lo cual implica un mejor aprovechamiento relativo de los recursos naturales.

Conclusiones y Recomendaciones

- Los valores globales comparativos de la HHV para análisis de café son considerablemente menores con respecto a los obtenidos en este estudio a partir de la información local. Lo anterior permite evidenciar una sobre estimación de la huella hídrica con base en datos globales.
- El modelo de cálculo de detalle permite obtener valores de HHV por unidad de producto asociados a rendimientos agrícolas altos, con lo cual se evidencia un buen uso de agua verde y tierra para la zona agrícola cafetera del sur del Huila.
- De la caracterización de territorio y del análisis inicial de la subzona hidrográfica 2101 con una IPHE en categoría Alto, se visibiliza el problema asociado a la ampliación de frontera agrícola cafetera y la deforestación generada en ecosistemas de alta montaña, lo que resultará en problemas de sostenibilidad hídrica en la cuenca.
- Partiendo de los valores globales comparativos que descartan la HHA para análisis de café, se obtienen en este estudio valores significativos que permiten ofrecer resultados con un nivel de detalle muy alto e información local, que proporcionan metodología, análisis y resultados con potencial de extrapolación a otras experiencias de investigación.
- Se evidencia la importancia de analizar la HHA comparada y complementada con el concepto de DH, de forma que se pueda tener una visión completa de la gestión hídrica en torno a la extracción, uso y consumo de agua, cuyo resultado permita evaluar la sostenibilidad de un territorio, identificar puntos críticos y proponer acciones para su mitigación, en los casos en que sea necesario.

- Se consiguió identificar una relación entre la reducción del indicador de HHA por unidad de producto y el tamaño de la unidad productiva, concluyendo que existe una importante oportunidad de ahorro en extracción, uso y consumo de agua en la implementación de sistemas de beneficio comunitario, que permiten a su vez, mayores volúmenes de beneficio de café en una sola estructura.
- Pese a los posibles resultados positivos de sostenibilidad ambiental de HHA (suficiente oferta hídrica para suplir la DH y la HHA), se recomienda considerar la implementación de sistemas de ahorro y uso eficiente en el proceso de beneficio del café, dado que la reducción en el uso de agua generará disminución de la carga contaminante vertida en las fuentes hídricas, siendo el mayor problema para el sector.

Agradecimientos

A la Gobernación del Huila que bajo el convenio Especial de Cooperación No.241 de 2014 hizo posible la investigación "Determinación de las huellas ambientales como indicador en la toma de decisiones en el marco integral de la producción de cafés especiales en el sur del Departamento del Huila"; a la empresa operadora Mild Coffee Company Huila y los aliados estratégicos Universidad Surcolombiana, Universidad Cooperativa de Colombia sede Neiva, Servicio Nacional de Aprendizaje y las empresas The Mild Coffee Company N.V. y A. Van Welly B.V.

Literatura Citada

Allan, T. (1993). Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible in: ODA, Priorities for water resources allocation and management, ODA. London. Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB9411549>

Amarasinghe, U; Hoanh, C; D´Haeze, D; Hung, T. (2013). Towards sustainable Coffee production in Vietnam: Addressing irrigation issues (en línea).

Berne, Switzerland. 28p. Consultado 1 feb. 2018. Disponible en <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/71215>

Arévalo, D. (2012). Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica (en línea). Bogotá, Colombia. 48 p. Consultado 15 ene. 2018. Disponible en <http://www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf>

CTA; GSI-LAC; COSUDE; IDEAM, 2015. Evaluación Multisectorial de la huella hídrica en Colombia. Resultados por subzonas hidrográficas en el marco del Estudio Nacional del Agua de Colombia 2014. Medellín, Colombia.

CTA (Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia), COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación). (2013). Evaluación de la Huella Hídrica en la cuenca del río Porce (en línea). Medellín, Colombia. 102 p. Consultado 17 ene. 2018. Disponible en <http://www.goodstuffinternational.com/images/PDF/LibroHuellaHidrica.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2000). New dimensions in water security (en línea). Roma, Italia. 95 p. Consultado 5 feb. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-x4687e.pdf>

FAO (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO, Riego y drenaje, 56.

Franke, N. A., Boyacioglu, H., & Hoekstra, A. Y. (2013). GREY WATER FOOTPRINT ACCOUNTING TIER 1 SUPPORTING GUIDELINES, Value of Water Research Report Series No. 65. Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE Institute for Water Education. Retrieved from http://waterfootprint.org/media/downloads/Report65-GreyWaterFootprint-Guidelines_1.pdf

Hoekstra, A; Chapagain, A; Aldaya, M; Mekonnen, M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual – Setting the Global Standard (en línea). London, England. 228 p. Consultado 15 ene. 2018. Disponible en http://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). (2015). Estudio Nacional del Agua ENA 2014 (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 28 feb. 2018. Disponible en http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf

- Ministerio de Desarrollo Económico - Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 - Sección II Título E Tratamiento de Aguas Residuales. Bogotá D.C. Retrieved from http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf
- Mekonnen, M; Hoekstra, A. 2010. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products (en línea). Delft, The Netherlands. Consultado 15 ene. 2018. Disponible en <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report47-WaterFootprintCrops-Vol1.pdf>
- Valencia, N; Sanz, J; Oliveros, C; Ramírez, C. (2015). Beneficio del café en Colombia. Prácticas y estrategias para el ahorro, uso eficiente del agua y el control de la contaminación hídrica en el proceso de beneficio húmedo del café (en línea). Manizales, Colombia. 37 p. Consultado 31 ene. 2018. Disponible en <https://www.ceni-cafe.org/es/publications/Beneficio-del-cafe-en-Colombia.pdf>
- WFN (Water Footprint Network). 2015. Assessment Tool (en línea, sitio web). La Haya, Países Bajos. Consultado 15 ene. 2018. Disponible en <http://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/water-footprint-assessment-tool/>.
- Zarate, E., Fernández, A., Kuiper, D., IICA, & Europea, U. (2017). Guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. Retrieved from <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2017/BVE17068913e.pdf>

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

