

Determinación experimental de la huella hídrica del café de Colombia

Experimental determination of the water footprint of Colombian coffee

Nelson Rodríguez Valencia¹, Laura Vanessa Quintero Yepes², Ángel de Miguel García³ and Miguel Antonio Romero Sánchez⁴

RESUMEN

Palabras clave:

Beneficio ecológico
Contaminación hídrica
Cultivo de café
Gestión del agua

Se determinó experimentalmente, en tres Estaciones Experimentales de Cenicafé, la huella hídrica (HH) del café de Colombia, para un ciclo completo de cultivo (siembra nueva- primera renovación por zoca), incluidas las etapas de germinador, almácigo, levante, producción y beneficio, con una densidad de siembra de 10.000 árboles ha⁻¹. La huella hídrica promedio para la producción de una chapola de café fue de 0,336 L/chapola, para la producción de un colino de café fue de 19,09 L/colino. La HH total promedio de la etapa de Levante fue de 1.849,26 L m⁻², para la etapa de producción fue de 3.876,24 L m⁻², y para la etapa de beneficio fue de 88,96 L kg⁻¹ cps. La HH total promedio del café de Colombia, para un ciclo completo de cultivo (siembra nueva-renovación) fue de 4.456,72 L kg⁻¹ café verde. Se concluye que, a mayores rendimientos por unidad de área, la HH es menor y que una forma de realizar una gestión integral del recurso hídrico durante el cultivo y beneficio es tener altas densidades de siembra y adoptar el beneficio ecológico con consumo de agua menor a 10 L kg⁻¹ cps, realizando un tratamiento a las aguas residuales del café procurando cero descargas al ambiente.

ABSTRACT

Keywords:

Ecological processing
Water pollution
Coffee cultivation
Water management

The water footprint (WF) of Colombian coffee was experimentally determined at three Cenicafé Experimental Stations for a complete crop cycle (new planting - first renewal per zoca), including the germination, seedling, harvesting, production, and processing stages, with a planting density of 10.000 trees ha⁻¹. The average water footprint for the production of a single coffee chapola was 0,336 L chapola⁻¹, and for the production of a single coffee hill, it was 19,09 L/hill. The average total water flow rate for the Levante stage was 1.849,26 L m⁻², for the Production stage it was 3.876,24 L m⁻², and for the processing stage it was 88,96 L kg⁻¹ cps. The average total water flow rate for Colombian coffee, for a complete crop cycle (new planting-renewal) was 4.456,72 L kg⁻¹ green coffee. It is concluded that the higher the yields per unit area, the lower the water flow rate. One way to comprehensively manage water resources during cultivation and processing is to maintain high planting densities and adopt an organic processing system with water consumption of less than 10 L kg⁻¹ cps, while treating coffee wastewater to ensure zero discharge into the environment.

¹Disciplina Poscosecha. Cenicafé, Manizales, Colombia. Nelson.Rodriguez@cafedecolombia.com

²Federación Nacional de Cafeteros-FNC, Manizales, Colombia. Laura.Quintero@cafedecolombia.com

³Environmental Research, Water and Food, Wageningen University Research-UR, The Netherlands. angel.demiguelgarcia@wur.nl

⁴Centro Internacional de Agricultura Tropical- CIAT, Cali, Colombia. m.a.romero@cgiar.org

Para avanzar en el conocimiento de la relación del agua con el cultivo y el beneficio del café es posible realizar la medición de la Huella Hídrica (HH), concepto que fue presentado por Rees y Wackernagel (1996) y Hoekstra y Hung (2002), y fue concebido como una herramienta para estimar el contenido de agua oculta (asociada) en cualquier bien o servicio consumido por un individuo o grupo de individuos de un área específica. La HH tiene relación con el uso del agua para un proceso antrópico; una parte del volumen usado no retorna a la cuenca de la cual fue extraída o retorna con una calidad diferente a la original. Por lo tanto, la HH se refiere al impacto territorial del uso, en términos de reducción de la disponibilidad de agua tanto en cantidad como en calidad, a partir de un proceso antrópico determinado.

La HH es un indicador de uso de agua dulce que es palpable no sólo en el uso de agua directo de un consumidor o productor, sino también en su uso indirecto. La HH puede ser considerada como un indicador global de apropiación de los recursos de agua dulce, por encima de la medida tradicional y restringida de la extracción de agua.

La HH de un producto es el volumen de agua utilizada para producirlo, medido a lo largo de la cadena de suministro. Es un indicador multidimensional, que muestra los volúmenes de consumo de agua por fuentes y volúmenes de contaminación por cada tipo de contaminante, y cuyos componentes pueden ser especificados geográfica y temporalmente (Hoekstra et al. 2011), por lo que se constituye en una herramienta importante para los planificadores y administradores del agua, con el objetivo que realicen una eficiente gestión integral del recurso hídrico en sus territorios.

Según el Estudio Nacional del Agua (ENA 2018), el cultivo del café registra la mayor HH verde del sector agrícola colombiano, con un valor de $10.786,5 \text{ Hm}^3 \text{ año}^{-1}$ (representando el 25,5% de la HH verde total del sector agrícola) y una HH azul de sólo $0,6 \text{ Hm}^3 \text{ año}^{-1}$ (representando el 0,01% de la HH azul total del sector agrícola) (IDEAM 2019). Por lo tanto, es necesario generar estrategias que permitan optimizar los rendimientos de la HH verde, a la vez que se mantengan las HH azul y la HH gris en valores muy bajos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experimentación de la etapa de germinador para el cálculo de la huella hídrica del café de Colombia se realizó en las estaciones experimentales El Rosario (Venecia, Antioquia), Naranjal (Chinchiná, Caldas) y El Tambo (Tambo, Cauca), para ello se construyeron 3 germinadores, con un área de $1,5 \text{ m}^2$ cada uno y se sembró 1 kg de semilla de café Castillo regional de acuerdo con la zona y los protocolos de Cenicafe (tipo de sustrato, metodología de siembra, entre otros) (Rodríguez et al. 2024).

Para la etapa de almácigo, en cada una de las 3 estaciones experimentales, se llenaron 1.260 bolsas de $17 \times 23 \text{ cm}$ con suelo de la Estación y pulpa de café descompuesta en relación 3 a 1, de acuerdo con los protocolos de Cenicafe. Estas bolsas se distribuyeron en tres micro-lotes de 420 bolsas cada uno y se colocaron sobre un plástico que permitiera la recolección de los lixiviados. Dada la necesidad de caracterizar la huella hídrica en sus diferentes colores, se enrollaron los bordes del plástico en guadaña y se le generó una pendiente al plástico hacia el centro y hacia la parte inferior del área experimental, con el fin de canalizar los drenados hacia una tubería de recolección y conducirlos hasta un tanque ubicado en la zona baja de los montajes. Se organizó cada micro-lote y cada colector en forma independiente.

Se realizó un registro diario de la precipitación en la Estación, con el fin de determinar la HH verde. Mediante la utilización de un medidor se cuantificó la cantidad de agua utilizada en el riego del almácigo, con el fin de determinar la HH azul. Se recolectaron, midieron y caracterizaron los drenados generados en el almácigo con el fin de determinar la HH gris.

Una vez producidos los colinos se inició con la siembra de los mismos y con la delimitación e instrumentación de las parcelas para la determinación de la huella hídrica en las etapas de levante y producción en las 3 estaciones experimentales. En cada Estación Experimental se delimitaron 3 parcelas experimentales para la etapa de levante y 3 parcelas experimentales para la etapa de producción. Cada parcela estuvo conformada por 9 árboles de café variedad Castillo (en sus etapas de levante y producción) con una densidad de siembra de 10.000

árboles/ha. El tamaño de cada parcela fue de 3x3 m (9 m²) distribuidas en el área de siembra de los colinos y aisladas, por lo menos, 3 m de surcos y caminos, con el fin de evitar el efecto borde.

Cada parcela fue instrumentada, de forma que se pudieran determinar las entradas y salidas de agua. Para evaluar la entrada de agua a la parcela (por precipitación) se ubicaron pluviómetros a 2,5 m de altura. Para determinar la salida de agua (por escorrentía, percolación y evapotranspiración), en cada parcela se instalaron de 2 sondas de humedad tipo Decagon 5TE (que permitían monitorear las variables humedad, temperatura y conductividad eléctrica) ubicadas a 15 y 45 cm de profundidad, se seleccionaron estos valores de profundidad dado que el campo de monitoreo de las sondas es de 30 cm, ubicando la sonda en el valor medio, permitiendo, entre las 2 sondas, una valoración del cambio de humedad en los primeros 60 cm del perfil del suelo. De igual manera, se instalaron 2 cápsulas de succión, ubicadas a 45 cm de profundidad, separadas 1,0 m de los sensores de humedad (que permitían la obtención del agua percolada para determinar su calidad) y se construyó una parcela de escorrentía de 30 cm de ancho, canalizando las aguas de escorrentía a un tanque para su recolección. Los sensores de humedad y el pluviómetro se conectaron a un datalogger tipo Decagon EM50 (5 canales) para el registro continuo de la información.

Para los lotes en producción se realizó la cosecha del fruto y el beneficio en las estaciones experimentales, las cuales contaban con sistemas de tratamiento de aguas residuales del beneficio. En ellas se cuantificó el volumen de agua utilizada en el beneficio del fruto y el volumen y la calidad del agua a la salida del sistema de tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La etapa de germinador tuvo una duración promedio de 96 días. La HH total promedio de la etapa de germinador, evaluada en las 3 estaciones experimentales de Cenicafé, fue de 960,32 L m⁻², representando la HH verde el 42,54% (408,48 L m⁻²), la HH gris un porcentaje del 35,71% (342,92 L m⁻²) y la HH azul el 21,76% (208,92 L m⁻²). La huella hídrica promedio para la producción de una chapola de café fue de 0,336 L/chapola (HH verde del 40,07%, HH azul del 20,49% y HH gris del 39,44%).

La etapa de almácigo tuvo una duración promedio de 226 días. La HH total promedio de la etapa de almácigo, evaluada en las 3 estaciones experimentales de Cenicafé, fue de 1.618,03 L m⁻², representando la HH verde un porcentaje del 54,12% (875,68 L m⁻²), la HH azul el 28,55% (462,00 L m⁻²) y la HH gris el 17,33% (280,35 L m⁻²). La huella hídrica promedio para la producción de un colino de café fue de 19,09 L/colino (HH verde del 53,53%, HH azul del 28,24% y HH gris del 18,23%).

La etapa de Levante tuvo una duración promedio de 736 y comprendió el periodo de tiempo entre la siembra en campo y la producción de los primeros frutos. La HH total promedio de la etapa de Levante, evaluada en las 3 estaciones experimentales de Cenicafé, fue de 1849,26 L m⁻², representando la HH verde un porcentaje del 77,82% (1439,06 L m⁻²) y la HH gris el 22,18% (410,20 L m⁻²).

La etapa de Producción se monitoreó durante 736 días. La HH total promedio de la etapa de Producción, evaluada en las 3 estaciones experimentales de Cenicafé, fue de 2.584,16 L m⁻², representando la HH verde un porcentaje del 81,55% (2.107,49 L m⁻²) y la HH gris el 18,45% (476,67 L m⁻²).

El café recolectado en las parcelas experimentales durante las etapas de Levante y Producción fue beneficiado en las estaciones experimentales y se cuantificó el agua utilizada en el proceso de beneficio y se caracterizó el agua residual descargada al suelo o a cuerpos de agua superficial. La HH total promedio de la etapa de beneficio, evaluada en las 3 estaciones experimentales de Cenicafé, fue de 88,96 L kg⁻¹ cps, representando la HH gris un porcentaje del 94,72% (84,26 L kg⁻¹ cps) y la HH azul el 5,28% (4,70 L kg⁻¹ cps).

La HH total promedio del café de Colombia, para un ciclo completo de cultivo (siembra nueva-renovación) y una densidad de siembra de 10.000 árboles ha⁻¹, evaluada en las 3 estaciones experimentales de Cenicafé, fue de 3.537,30 L kg⁻¹ cps, representando la HH verde un porcentaje del 78,24% (2.767,49 L kg⁻¹ cps), la HH gris el 21,54% (761,82 L kg⁻¹ de cps) y la HH azul el 0,23% (7,98 L kg⁻¹ cps) (Figura 1).

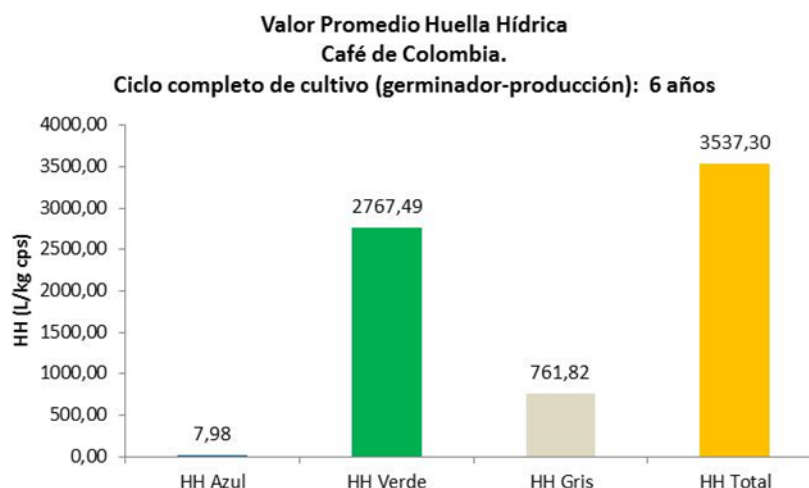


Figura 1. Valores de la Huella Hídrica del café de Colombia. Promedio 3 Estaciones.

La importancia de los resultados obtenidos en la presente investigación, es que se logra determinar, de manera experimental, el valor de la HH total del café de Colombia y los resultados muestran que su valor de $4.456,72 \text{ L kg}^{-1} \text{ cv}$ es inferior al reportado por otros autores, cuyos valores han variado entre $7.607 \text{ L kg}^{-1} \text{ cv}$ y $14.566 \text{ L kg}^{-1} \text{ cv}$ (Rodríguez et al. 2024).

CONCLUSIÓN

El uso de información local como el clima, el rendimiento, el manejo del cultivo, la tipología del sistema de beneficio o el tratamiento de efluentes, es esencial para obtener un valor representativo de la HH. De igual forma, una clara definición de los elementos incluidos en el análisis, especialmente en el caso de la HH gris, es imprescindible para obtener valores comparables con otros trabajos.

De la presente investigación queda claro que a mayores rendimientos por unidad de área la HH es menor y que una forma de realizar una gestión integral del recurso hídrico durante el cultivo es tener altas densidades de siembra y para el caso de la etapa de beneficio, es adoptar el beneficio ecológico con consumo de agua menor a $10 \text{ L kg}^{-1} \text{ cps}$ y realizar un tratamiento a las aguas residuales del café procurando cero descargas al suelo y a cuerpos de agua superficiales lo que permite disminuir en forma significativa las HH azul y HH gris de esta etapa.

Para el caso de la HH azul se puede disminuir su valor hasta en más de 100 veces respecto al beneficio convencional y para el caso de la HH gris, se puede disminuir su valor hasta en más de 725 veces respecto al beneficio convencional. Cenicafé a partir de los resultados de sus investigaciones recomienda a los caficultores la siembra de un alto número de plantas/ha (hasta 10.000 plantas) y la adopción del beneficio ecológico para mejorar su rentabilidad (Rodríguez et al. 2024).

Chapagain y Hoekstra (2007) estimaron que se necesitan 140 L de agua para producir una taza de café estándar de 125 mL (conteniendo 7 g de café tostado y molido). Con los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede estimar que el valor promedio de agua para producir una taza de café estándar colombiano es de 37 L, es decir, un 73,6% menos del valor que se tenía reportado en la literatura.

REFERENCIAS

- Chapagain AK and Hoekstra AY (2007) The water footprint of coffee and tea consumption in the Netherlands Ecological Economics 64(1): 109-118
- Hoekstra AY, Chapagain AK, Aldaya MM and Mekonnen M M (2011) The water footprint assesment manual: Setting the global standard Earthscan <https://waterfootprintorg/en/resources/publications/water-footprint-assessment-manual/>
- Hoekstra AY and Hung PQ (2002) Value of Water Research Report Series No 11 Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade IHE Delft <https://www.waterfootprintorg/media/downloads/Report11pdf>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] (2019) Estudio Nacional del Agua 2018, IDEAM. <https://ctaorgco/descargables-biblionet/agua-y-medio-ambiente/Estudio-Nacional-del-Agua-2018pdf>

Rees W and Wackernagel M (1996) Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable—And why they are a key to

sustainability. *Environmental Impact Assessment Review* 16(4): 223-248. [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(96\)00022-4](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(96)00022-4)

Rodríguez-Valencia N, Quintero-Yepes L, De Miguel-García A and Romero-Sánchez MA (2024) Determinación experimental de la Huella Hídrica del Café de Colombia Cenicafe <https://doi.org/10.38141/cenbook-0053>
