



Agronomía Mesoamericana  
ISSN: 2215-3608  
pccmca@gmail.com  
Universidad de Costa Rica  
Costa Rica

# Irrigación en plantaciones de café y su efecto en el agua residual del procesamiento de los frutos<sup>1</sup>

Maradiaga-Rodriguez, Walter Danilo; Pêgo-Evangelista, Adão Wagner; Lima, Luiz Antônio; Alves-Júnior, José

**Irrigación en plantaciones de café y su efecto en el agua residual del procesamiento de los frutos<sup>1</sup>**

Agronomía Mesoamericana, vol. 32, núm. 2, 2021

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

**Disponible en:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43766744002>

**DOI:** <https://doi.org/10.15517/am.v32i2.43420>

© 2021 Agronomía Mesoamericana es desarrollada en la Universidad de Costa Rica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escriba a pccmca@ucr.ac.cr, pccmca@gmail.com



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

# Irrigación en plantaciones de café y su efecto en el agua residual del procesamiento de los frutos<sup>1</sup>

Irrigation on coffee plantations and its effect on residual water from fruit processing

Walter Danilo Maradiaga-Rodriguez  
Universidade Nacional de Agricultura, Brasil  
maradiagawd@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v32i2.43420>  
Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43766744002>

Adão Wagner Pêgo-Evangelista  
Universidade Federal de Goiás, Brasil  
awpego@bol.com.br

Luiz Antônio Lima  
Universidade Federal de Goiás, Brasil  
josealvesufg@yahoo.com.br

José Alves-Júnior  
Universidade Federal de Lavras, Brasil  
lalima@ufla.br

Recepción: 24 Agosto 2020  
Aprobación: 17 Noviembre 2020

## RESUMEN:

**Introducción.** En el proceso de beneficiado del café, se generan subproductos ricos en nutrientes y con elevada carga orgánica, que en la mayoría de casos son subutilizados y depositados, sin tratamiento previo en los cuerpos hídricos. **Objetivo.** Evaluar la influencia de la irrigación, sobre los compuestos químicos del agua residual obtenida del procesamiento de los frutos del café de la variedad “Rubi”, irrigada por pivote central. **Materiales y métodos.** El experimento se desarrolló en la Universidad Federal de Lavras, Brasil, durante el año 2018. El delineamiento estadístico utilizado fue en bloques al azar, con tres repeticiones. Los tratamientos correspondieron a cinco láminas de irrigación (0, 60, 80, 100, 120 y 140 % de la lámina de agua evaporada del tanque Clase A). El distanciamiento de siembra utilizada por parcela, fue de 3,5 m X 0,80 m, en un área de 1,6 ha<sup>-1</sup>, subdividida en dieciocho parcelas con aproximadamente 888 m<sup>2</sup>. Los frutos cerezas del café, fueron cosechados de cada tratamiento y mezclados en agua, en proporción de 2 l agua: 1 l fruto de café y en seguida despulpados en una licuadora industrial. El agua residual obtenida, fue analizada a través del método estándar para el análisis de agua residual. **Resultados.** Las láminas de irrigación, provocaron efecto significativo, sobre los parámetros químicos evaluados, las plantas irrigadas con base en el 57 % del agua evaporada del tanque Clase A, resultaron con compuestos químicos dentro de los patrones establecidos, para el descarte de agua residual en Brasil. El contenido de Mg, S, Mn, P, Zn, Cu y Fe, fue superior a las parcelas que no recibieron irrigación. **Conclusiones.** El uso de la irrigación en café, produjo efectos significativos sobre la concentración de los compuestos químicos del agua residual de los frutos del café de la variedad “Rubi”.

**PALABRAS CLAVE:** compuestos químicos, evapotranspiración, fertilización, pivote central.

## ABSTRACT:

**Introduction.** In the coffee beneficiation process, nutrient-rich by-products with a high organic load are generated, which in most cases they are underused and deposited, without prior treatment in the water bodies. **Objective.** To evaluate the influence of irrigation, on the chemical compounds of the residual water obtained from the coffee fruits of the “Rubi” variety, irrigated by central pivot. **Materials and methods.** The experiment was developed at the Federal University of Lavras, Brazil, during 2018.

## NOTAS DE AUTOR

maradiagawd@gmail.com

The statistical delineation used was in random blocks, with three repetitions. The treatments corresponded to five irrigation sheets (0, 60, 80, 100, 120, and 140 % of the sheet of water evaporated from the Class A tank). The sowing spacing used per plot was 3.5 m X 0.80 m, in an area of 1.6 ha<sup>-1</sup>, subdivided into eighteen plots with approximately 888 m<sup>2</sup>. The cherry fruits of the coffee were harvested from each treatment and mixed in water, in a ratio of 2 L of water: 1 L coffee fruit and then pulped in an industrial blender. The residual water obtained was analyzed through the standard method for the analysis of residual water.

**Results.** The irrigation sheets caused a significant effect on the evaluated chemical parameters, the irrigated plants based on 57 % of the evaporated water from the Class A tank, resulted in chemical compounds within the established patterns, for the disposal of residual water in Brazil. The content of Mg, S, Mn, P, Zn, Cu, and Fe, was higher than the plots that did not receive irrigation.

**Conclusions.** The use of irrigation in coffee, produce significant effects on the concentration of chemical compounds in the residual water of the coffee fruits of the “Rubí” variety.

**KEYWORDS:** chemical compounds, center pivot, evapotranspiration, fertilization.

## INTRODUCCIÓN

El café introducido a Brasil en el siglo XVIII, fue por varias décadas la actividad económica más importante de la nación. Hoy el cultivo de café no representa el principal producto de la balanza comercial, significando así una pérdida importante para el País. El crecimiento de la producción mundial, y el aumento del consumo de países como china, ha llevado a la competencia de precios y el factor de calidad ha marcado un elemento fundamental en esta disputa (Fernandes, 2001). De esta forma, es necesario desarrollar investigaciones en este cultivo que busquen promover incrementos de productividad y reducción de costos de producción para las diversas regiones productoras del país. La reducción de la productividad y los altos costos de fertilización, son un tema que preocupa al sector agrícola. En los últimos años las limitaciones del suelo, la irregularidad en los regímenes pluviales, la demanda de la sociedad por alimentos saludables y los altos costos de fertilización, han llevado a los productores a buscar sistemas alternativos de producción, que posibiliten aumentar la productividad, mejorar la calidad del grano, promover las mejoras en algunas propiedades físicas del suelo y además, reducir la contaminación ambiental (Maradiaga et al., 2017).

En el proceso de lavado y despulpado del café, se generan grandes volúmenes de residuos sólidos y líquidos, ricos en nutrientes como fósforo, potasio, y materia orgánica, que son sub-utilizados por los productores y que podrían ser convertidos en fuente de fertilización para la mayoría de los cultivos (Ribeiro et al., 2009).

En el procesamiento del café se generan cerca de 3 a 5 l de agua residual, por cada litro de frutos procesados (Matos & Lo Mônaco, 2003). El agua residual es rica en nutrientes, pero genera compuestos con elevada carga orgánica, lo que puede causar problemas para los cuerpos hídricos receptores si se lanzan directamente sin tratamiento previo (Matos & Lo Mônaco, 2003). El efecto principal de estos compuestos orgánicos en cuerpos de agua, es la reducción en el contenido de oxígeno disuelto, resultado de la utilización de estos compuestos por bacterias aerobias, para la realización de las reacciones metabólicas de degradación de la materia orgánica lanzada (Silva et al., 2007). Con la reducción del oxígeno disuelto en el agua, se puede provocar la muerte de organismos aeróbicos, causando daños a la fauna y flora acuática (Ferreira et al., 2006).

El conocimiento de la concentración de ciertos compuestos químicos presentes en el agua residual del café, pueden indicar su calidad, principalmente en lo que se refiere a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), compuestos fenólicos, azúcares reductores y no reductores, entre otros. Así, el conocimiento de la composición del agua residual del café (ARC) es esencial para definir la mejor forma de aplicación en el suelo. La aplicación de agua residual a través de la fertirrigación, es una alternativa que conduce a la economía de agua y nutrientes (Gris et al., 2012); además, proporciona aumento de la productividad, mejora la calidad de los productos cosechados y reduce la contaminación ambiental (Silva et al., 2011a; c). Sin embargo, es necesario controlar la calidad del tipo de efluente, debido a los efectos negativos que este puede acarrear al sistema de riego (Batista et al., 2018), lo cual podría comprometer la uniformidad de aplicación, esto si el residuo no es tratado previamente. El objetivo de este trabajo fue evaluar

la influencia de la irrigación por pivote central, sobre los compuestos químicos del agua residual obtenida del procesamiento de los frutos del café de la variedad “Rubi”.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Localización y periodo experimental

El experimento se llevó a cabo en el área experimental del Departamento de Ingeniería de la Universidad Federal de Lavras (DEG-UFLA), en un cultivo de café irrigado por pivote central durante el año 2018. La ciudad de Lavras se sitúa en la región Sur del Estado de Minas Gerais, a 21°14' de latitud sur y 45°00' de longitud oeste; con una altitud media de 918,8 m, temperatura media anual y precipitación de 19,4 °C y 1530 mm, respectivamente (Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Secretaria Nacional de Irrigação, 1992). El cultivar utilizado, fue la variedad “Rubi” con ocho años de edad. La variedad estudiada tiene forma de copa, característica de los cultivares Catuaí, la planta es corta, con copa redondeada, con una maduración del fruto un poco más temprana y más uniforme que el cultivar Catuaí. Está indicada para las principales regiones cafeteras del estado de Minas Gerais, ya que presenta adaptabilidad y estabilidad productiva en diferentes ambientes. El espaciamiento que se utiliza para plantar varía de 2,50 a 3,50 m entre surcos y de 0,60 a 0,80 m entre plantas (Gomes et al., 2007).

### Tratamientos

Los tratamientos correspondieron a las láminas de agua aplicadas en función de la evaporación del tanque Clase A (ECA), siendo: 60 %, 80 %, 100 %, 120 % y 140 % de la ECA, además de un tratamiento sin riego (testigo). El área total del experimento fue de 1,6 ha, la cual fue dividida en dieciocho parcelas con aproximadamente 888 m<sup>2</sup> cada una. Las irrigaciones se realizaron los días lunes, miércoles y viernes.

### Mecanismo de evaluación

Con la finalidad de simular la composición del agua resultante del proceso de despulpado, se procedió a la preparación del agua residual, pulsando en una licuadora industrial agua que contenía granos de café en proporción 2 l de agua por 1 l de café, con el objetivo de simular las operaciones de descascarado, despulpado y desmucilamiento de los granos.

### Variables evaluadas

Se determinó en las muestras de agua residual la demanda química de oxígeno (DQO), fenoles, azúcares reductores y totales, grados brix, nitrógeno total, metales, azufre y fósforo. Para ello, las muestras se enviaron al Centro de Prospección y Análisis Químicos de la Universidad Federal de Lavras.

### Análisis de laboratorio

La determinación de la demanda química de oxígeno (DQO), se analizó siguiendo la metodología presentada en el Standard Methods (American Public Health Association, 1995). Los azúcares reductores y totales, se extrajeron por el método de Lane-Eynion (Association of Official Analytical Chemists, 1992) y se determinaron por la técnica de Somogy adaptada por Nelson (1944). También se determinaron los niveles de nitrógeno total, calcio, fósforo, potasio, magnesio, manganeso, zinc, hierro y cobre presentes en el agua residual del café. Los compuestos fenólicos, se extrajeron con metanol al 80 % y se cuantificaron de acuerdo con el método colorimétrico. Los grados Brix se determinaron por refractometría; mientras que los metales, el azufre y el fósforo, se analizaron por plasma de argón inducido por acoplamiento (ICP-EOS - Vistumpex, Varian Inc).

### Análisis de datos

Los resultados se sometieron al análisis de varianza, por el software Sisvar; cuando los datos presentaron diferencias significativas se desdobló la suma de los cuadrados de los tratamientos en polinomios, se ajustó el polinomio de mayor grado significativo a nivel de 5 % de probabilidad. En el caso del ajuste de la función cuadrática, se derivó la ecuación para encontrar la lámina de riego que proporcionó el mejor resultado.

## RESULTADOS

Los resultados del análisis de varianza, indicaron que los tratamientos de riego provocaron efectos significativos ( $p < 0,01$ ) sobre los compuestos químicos del agua residual del café. Se verificó que el menor valor de la determinación de la demanda química de oxígeno (DQO) ( $4040,0 \text{ mg l}^{-1}$ ), se observó en plantas irrigadas con la lámina correspondiente al 140 % de la evaporación del tanque Clase A (ECA) (Figura 1).

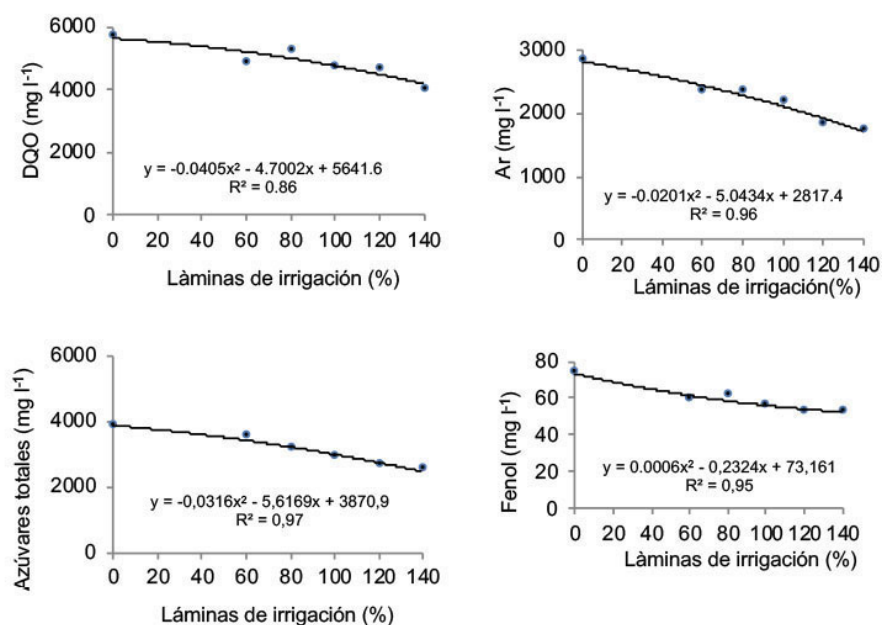


FIGURE 1

Variación en la demanda bioquímica de oxígeno (DQO), fenoles, azúcares totales (AT) y reductores (AR) del agua residual del café, variedad “Rubi” (Catuai), sometida de aplicación de riego. Área experimental del Departamento de Ingeniería, de la Universidad Federal de Lavras (DEG-UFLA), cultivo de café irrigado por pivote central. Estado de Minas Gerais, Brasil, 2018.

**Figure 1.** Variation in the biochemical demand of oxygen (COD), phenols, total sugars (AT) and reducing sugars (AR) of the coffee residual water, “Rubi” variety (Catuai). Experimental area of the Department of Engineering, of the Federal University of Lavras (DEG-UFLA), coffee cultivation irrigated by central pivot. State of Minas Gerais, Brazil, 2018.

Cuando se aplicó en el café una lámina de riego correspondiente al 140 % de la ECA, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) del agua residual generada fue un 29 % menor en comparación a cuando no se aplicó irrigación. Se verificó, además, que el agua residual generada con el tratamiento de secano (0 % de la ECA) presentó niveles de fenoles, azúcares reductores y totales y grados Brix superiores a los tratamientos irrigados.

El análisis de regresión para los parámetros de azúcares reductores y totales, grados brix y nitrógeno (Figura 1 y 2), indicaron que a partir de la lámina correspondiente al 60 % de la ECA, se verificó reducción en el contenido de estos compuestos, alcanzando el menor valor con la aplicación de la lámina de riego al 140 % de la ECA. De manera general, se verificó que para todas las variables bioquímicas analizadas (Figura 1), hubo tendencia de reducción en los valores a medida en que se aumentó la lámina de irrigación.

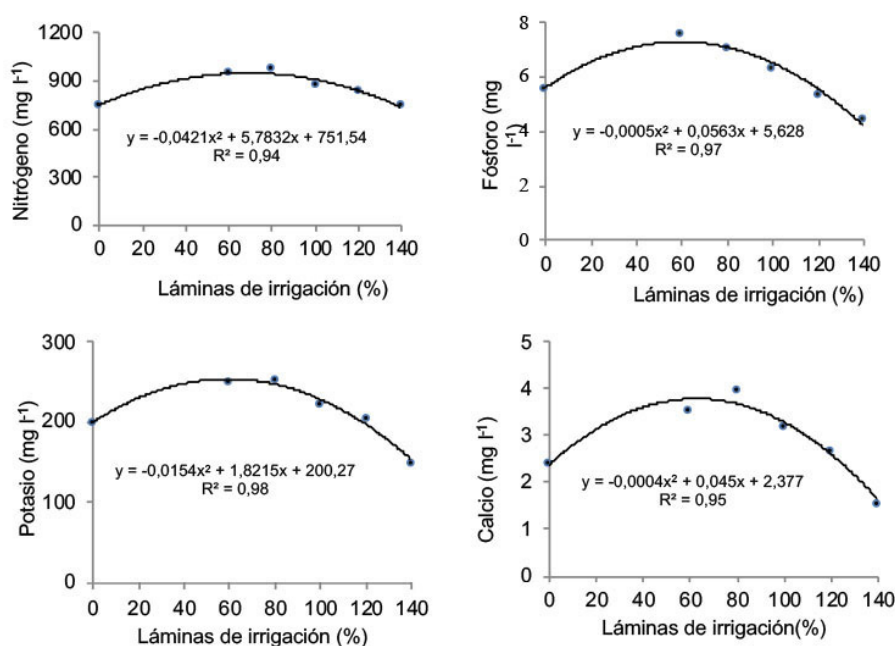


FIGURA 2

Variación en el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en el agua residual del café variedad “Rubi” (Catuaí), en función de los tratamientos aplicados. Área experimental del Departamento de Ingeniería, de La Universidad Federal de Lavras (DEG-UFLA), cultivo de café irrigado por pivote central. Estado de Minas Gerais. Brasil, 2018.

Figure 2. Variation in the content of nitrogen, phosphorous, potassium and calcium, in the residual water of the coffee “Rubi” variety (Catuai), depending on the applied treatments. Experimental area of the Department of Engineering, of the Federal University of Lavras (DEG-UFLA), coffee cultivation irrigated by central pivot. State of Minas Gerais, Brazil, 2018.

Las mayores concentraciones de nitrógeno (N) fósforo (P), potasio (K) y calcio (Ca) en el agua residual, se alcanzaron con la aplicación de la lámina de riego, al 60 % de la ECA, mientras que las menores concentraciones se verificaron cuando se aplicó la mayor lámina de riego (Figura 2). Las concentraciones de fósforo variaron de 4,4 mg l<sup>-1</sup> a 7,6 mg l<sup>-1</sup>; sin embargo, el contenido de calcio varió entre 2,41 mg l<sup>-1</sup> y 1,56 mg l<sup>-1</sup>.

Con relación al calcio, se verificó que la concentración en el agua residual, disminuyó con el aumento de la lámina de riego aplicada; pero las concentraciones de manganeso, cobre y zinc (Figura 3), encontradas en el agua residual generada, para todos los tratamientos, estuvieron de acuerdo con los valores permitidos por el Consejo de Política Ambiental y el Consejo Estadual de Recursos Hídricos, del Estado de Minas Gerais (COPAM); los cuales, para el lanzamiento de esos residuos en cuerpos de agua o aplicados en el suelo, son de 1,0 mg l<sup>-1</sup>, 0,1 mg l<sup>-1</sup> y 5 mg l<sup>-1</sup>, respectivamente. El contenido de hierro, fue un 76 % inferior al valor permitido por la COPAM.

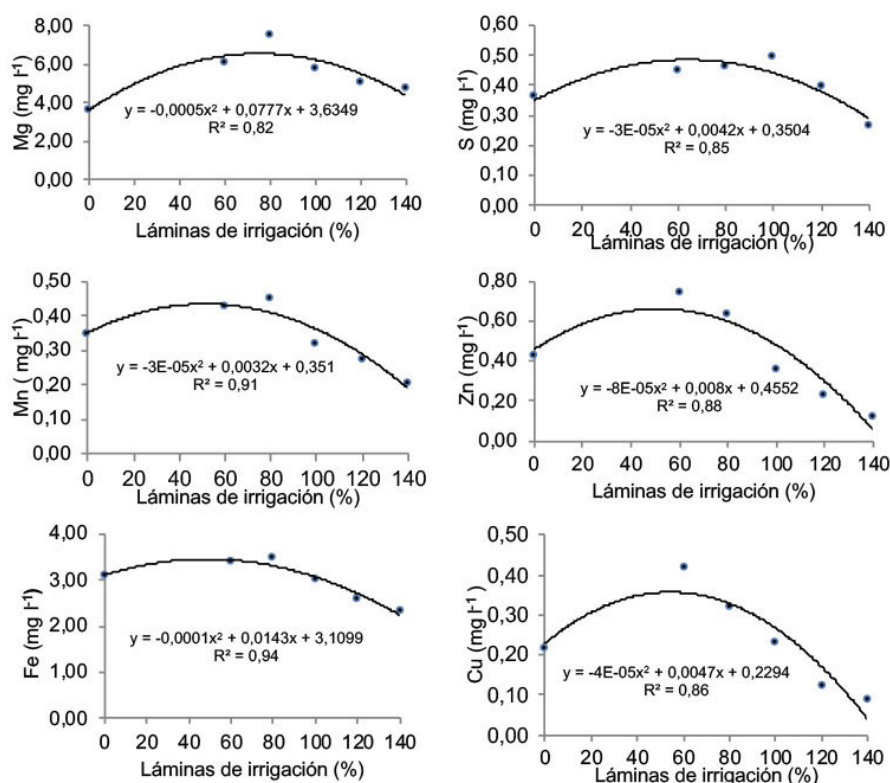


FIGURA 3

Contenido de manganeso (Mn), azufre (s), magnesio (Mg), zinc (Zn), hierro (Fe) y cobre (Cu) del agua residual de café variedad “Rubi” (Catuai), sometida a diferentes láminas de riego. Área experimental del Departamento de Ingeniería, de La Universidad Federal de Lavras (DEG-UFLA), cultivo de café irrigado por pivote central. Estado de Minas Gerais, Brasil, 2018.

Figure 3. Magnesium (Mn), sulfur (s), manganese (Mg), zinc (Zn), iron (Fe), and copper (Cu) content of the “Rubi” variety (Catuai) coffee wastewater subjected to different irrigation sheets. Experimental area of the Engineering Department of the Federal University of Lavras (DEG-UFLA), cultivation of coffee irrigated by central pivot. State of Minas Gerais, Brazil, 2018.

## DISCUSIÓN

En la medida en que se aumentó la lámina de riego, la demanda química de oxígeno (DQO) del agua residual se redujo; no obstante, el menor valor de DQO con la mayor lámina de riego (Figura 1) fue mas elevado que el permitido para descarte por la norma ambiental brasileira (COPAM), que considera como ideal 180 mg l<sup>-1</sup>. Aunque el agua residual de café (ARC), sea rica en material orgánico e inorgánico, la demanda química del oxígeno puede provocar impactos ambientales, como la degradación o la destrucción de la flora y la fauna, además de comprometer la calidad del agua y del suelo si se aplica o se lanza en cuerpos hídricos sin tratamiento previo (Brasil et al., 2003; Matos et al., 2007).

La lámina de riego mas elevada mostró que la demanda biológica de oxígeno fue 29 % menor que cuando no se aplicó irrigación. Este hecho resalta la importancia de la aplicación del riego en café, en el sentido de promover aumento de la calidad del agua residual generada en el proceso de beneficiamiento. El agua residual generada con el tratamiento de secano (0 % de la ECA), presentó niveles de fenoles, azúcares totales y reductores y grados Brix, superiores a los tratamientos irrigados, lo cual se puede atribuir al efecto de la supresión del riego, ya que en la etapa final de maduración, está practica favorece la acumulación de azúcares y compuestos fenólicos en las plantas (Deloire et al., 2004). Este resultado es importante, pues indica que el agua residual del café cultivado en área no irrigada, podría presentar una concentración de fenoles superior a

las áreas irrigadas, lo que puede influir en la calidad de la bebida y en el proceso de asimilación de nutrientes por la planta.

En el caso de los azúcares reductores totales, grados brix y nitrógeno (Figura 1 y 2), se verificó que a partir de la lámina correspondiente al 60 % de la ECA hubo una reducción. Aunque el contenido de los compuestos químicos analizados en el agua residual del café irrigado, no cumplió los estándares para el descarte de agua residual establecidos por la resolución COPAM / CERH n° 01/2008 (Conselho de Política Ambiental & Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais, 2008), la misma puede ser utilizada como alternativa de nutrición de cultivos si el material es tratado previamente, como por ejemplo en unidades de aireación y, así promover la oxidación y/o remoción de contaminantes presentes en la ARC (Eustaquio-Júnior et al., 2014).

De manera general para todas las variables bioquímicas analizadas (Figura 1) hubo tendencia de reducción de los valores en la medida en que se aumentó la lámina de irrigación. Este efecto depresivo, probablemente se debió a que las mayores láminas de riego aplicadas, provocaron lixiviación de nutrientes, junto con el agua de riego para capas más profundas del suelo; por lo tanto, el aumento del volumen de agua aplicado al café no implicó una reducción en la calidad del fruto y del agua residual como resultado del procesamiento.

Con base en los resultados encontrados, el uso de agua residual de los frutos de café en la fertirrigación de cultivos de interés agrícola, es una técnica prometedora, teniendo en vista la posibilidad de aprovechamiento del agua y, principalmente, de los nutrientes por las plantas (Oliveira et al., 2010). Un aspecto importante a considerar, es que los nutrientes contenidos en esta agua residual, no se encuentran de forma balanceada como se presenta en un sistema de fertirrigación específicamente proyectado para este fin. Por lo tanto, el volumen de aguas residuales utilizado en la agricultura, debe aplicarse con cautela y basado en las dosis de nutrientes recomendadas para los cultivos agrícolas, ya que altos niveles de nutrientes, principalmente de potasio, pueden ocasionar, como ya ha sido relatado, perjuicios al suelo, pudiendo contaminar aguas superficiales y subterráneas y también traer problemas para el sistema de riego (Cruz et al., 2008). Sin embargo, no solo el potasio aplicado en exceso puede causar daños al suelo, existen otros elementos como el hierro, el magnesio, las bacterias y las algas, que también pueden afectar el normal funcionamiento del sistema de riego. Se ha indicado que la presencia de hierro y sólidos en suspensión en el agua utilizada en el sistema de irrigación localizada, provoca problemas de pérdida de desempeño en los equipos (Silva et al., 2011b). La presencia de estos elementos en altas concentraciones puede obstruir tuberías por incrustaciones, reduce el área de conducción de agua, aumentan la pérdida de carga con reducción del caudal de los emisores y en algunos casos se puede incluso inviabilizar el sistema de riego (Cordeiro et al., 2003).

## CONCLUSIONES

El uso de la irrigación en café por pivote central, produjo efectos significativos sobre los compuestos químicos del agua residual de los frutos del café de la variedad “Rubí”.

Plantas irrigadas, con base al 57 % del agua evaporada del suelo, produjeron compuestos químicos, dentro de los estándares, establecidos para descarte de agua residual en Brasil.

Agua residual generada a partir de frutos provenientes de plantas no irrigadas, presentaron niveles de fenol, azúcares reductores, totales y grado Brix, superiores a los tratamientos irrigados.

## REFERENCIAS

American Public Health Association. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (19<sup>th</sup> ed.). American Public Health Association.

- Association of Official Analytical Chemists. (1992). *Official methods of analyses of the Association of Official Analytical Chemists* (15<sup>th</sup> ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- Batista, R., Lo Monaco, P. A., Matos, A. T., & Cunha, F. (2018). Obstrução de gotejadores utilizados para a aplicação de água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro. *Irriga*, 10(3), 299-305. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2005v10n3p299-305>
- Brasil, M. da S., Matos, A. T., & Fia, R. (2003). Eficiência e impactos ambientais do tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro em áreas alagadas naturais. *Engenharia na Agricultura*, 11(1), 43-51.
- Conselho de Política Ambiental, & Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais. (2008). *Resolução COPAM/CERH-MG 01/2008 de 05 de maio de 2008*. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>
- Cordeiro, E. A., Vieira, G. H. S., & Mantovani, E. C. (2003). *Principais causas de obstrução de gotejadores e possíveis soluções* (Boletín técnico N° 6). Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais.
- Cruz, J. I., Portugal, S., Hernandez, C., Elis, V. R., Junior, S., Ustra, T., & Borges, R. (2008). Detecção de contaminação de solo por vinhaça através de análise de dados de eletrorresistividade. *Revista Brasileira de Geofísica*, 26(1), 481-492. <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2008000400008>
- Deloire, A., Carbonneau, A., Wang, Z., & Ojeda, A. (2004). Vine and water: a short review. *International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 38(1), 1-13. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2004.38.1.932>
- Eustaquio Júnior, V., Texeira, A., & Vieira, P. (2014). Eficiência de sistemas de aeração em cascatas no tratamento de águas residuárias do café. *Coffee Science*, 9(4), 435-444.
- Ferreira, P. A., Garcia, G. de O., Matos, A. T., Ruiz, H. A., & Borges Junior, J. (2006). Transporte no solo de solutos presentes na água residuária de café. *Acta Scientiarum Agronomy*, 28(1), 29-35. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v28i1.1295>
- Fernandes, S. M., Pinto, N., Pererira, R. M., & Carvalho, V. (2001). Teores de polifenóis, ácido clorogênico, cafeína e proteína em café torrado. *Revista Brasileira de Agrociência*, 7(3), 197-199. <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/389/382>
- Gomes, N. M., Lima, L. A., & Custódio, A. (2007). Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11(1), 564-570. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000600003>
- Gris, D. J., Hermes, E., & Vilas, B. (2012). Aplicação de água residuária de processamento de mandioca em sistema de irrigação por gotejamento. *Scientia Agraria Paranaensis*, 11(1), 1-9. <http://dx.doi.org/10.1818/sap.v11i0.7857>
- Maradiaga, W. D., Evangelista, A. W., Júnior, J., & Honorato, M. (2017). Growing of coffee seedlings on different substrates and fertilized with different lithothamium levels. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 70(2), 2-8. <https://doi.org/10.15446/rfna.v70n2.64522>
- Matos, A. T., Eustaquio, V., Pereira, P., & Pimentel, M. (2007). Tratamento da água para reuso no descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro. *Revista Engenharia na Agricultura*, 15(2), 173-178. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000104&pid=S01006916201300050001500014&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000104&pid=S01006916201300050001500014&lng=pt)
- Matos, A. T., & Lo Mônaco, P. A. (2003). *Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos e líquidos da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro*. (Boletín técnico N° 7). Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais.
- Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, & Secretaria Nacional de Irrigação. (1992). *Normais climatológicas (1961-1990)*. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária.
- Nelson, N. (1944). A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *Journal of Biological Chemists*, 153(1), 375-384.
- Oliveira, N., Carvalho, J., Freitas, C., & Teixeira, J. (2010). Água residuária de lavagem e despolpa de café na fazenda toca da onça em encruzilhada-Bahia: avaliação de aspectos e impactos ambientais. *Revista Enciclopédia Biosfera*, 6(9), 184-291. <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010/agua%20residuaria.pdf>

- Ribeiro, M. S., Lima, L. A., Faria, F. H. de S., R, Fátima, C., & Faria, L. A. (2009). Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. *Revista Engenharia Agrícola*, 29(4), 569-577. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162009000400007>
- Silva, I., Fontes, L., Tavella, L., & Oliveira, J. (2011a). Qualidade da água na irrigação. *Revista Agropecuaria Científica no Semi-Árido*, 7(3), 1-15. <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/134/pdf>
- Silva, M., Griebeler, N. P., & Borges, L. C. (2007). Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11(1), 108–114. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000100014>
- Silva, A. C., Lima, L. A., Evangelista, A. W. P., & Martins, C. P. (2011b). Características produtivas do cafeeiro arábico irrigado por pivô central na região de Lavras/MG. *Coffee Science*, 6(1), 128-136. <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/188/pdf>
- Silva, G., Rolim, M., Pedrosa, E., Bebé, F., & Silva, E. (2011c). Efeito da aplicação de água residuária da lavagem dos frutos de café sobre as propriedades químicas do solo. *Revista Engenharia Agrícola*, 31(1), 158-166. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162011000100016>

## NOTAS

- 1 Este trabajo formó parte del proyecto de Postdoctorado del segundo autor, en la Universidad Federal de Lavras, Brasil, financiado por Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, FAPEMIG, Brasil.

## ENLACE ALTERNATIVO

<https://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso> (html)