



Impacto del vertimiento de aguas mieles sobre la quebrada El Mito en el caserío El Mito, Distrito San Nicolás (Rodríguez de Mendoza – Amazonas)

Impact of the discharge of honey waters on the El Mito stream in the El Mito farmhouse, San Nicolás District (Rodríguez de Mendoza - Amazonas)

Rebeca Stacy Fluker Puscan¹, Jegnes Benjamin Meléndez Mori¹, Damaris Leiva Tafur¹, Jhesibel Chávez Ortiz¹ y Jesús Rascón^{1*}

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el impacto del vertimiento de las aguas mieles sobre la calidad de los cuerpos de agua, específicamente en la quebrada El Mito, por lo que se consideró la evaluación de los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura (T°), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO) y dureza (D) fueron analizadas en laboratorio. Durante la investigación se establecieron tres épocas de muestreo comprendidas entre los meses de setiembre y noviembre de 2017. Inicialmente se instalaron cuatro estaciones de muestreo, las cuales fueron ubicadas tomando como referencia tres puntos de vertimiento de aguas mieles. Los resultados obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, asimismo se sometieron a un análisis de varianza, el cual muestra la existencia de diferencias significativas ($P < 0,01$) entre épocas de muestreo, sin embargo, entre las estaciones de muestreo no se presentaron diferencias estadísticas. En líneas generales, la mejor calidad del agua se registró en la primera estación de muestreo, lo cual refleja que en las estaciones posteriores existe un efecto acumulativo por el vertimiento de aguas mieles.

Palabras claves: Aguas mieles, café, contaminación del agua, parámetros fisicoquímicos.

ABSTRACT

The goal of the present research was to evaluate the impact of the discharge of the honey waters on the quality of the water bodies, specifically in the El Mito stream, so this was considered the evaluation of the physicochemical parameters: pH, temperature (T°), electrical conductivity (EC), dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD5), chemical oxygen demand (COD) and hardness (H). During the research, three sampling seasons were established between the months of September and November of 2017. Initially four sampling stations were established, which were located taking as reference three points of discharge of honey water. The results obtained were compared with the Environmental Quality Standards (ECA) for Water, also they were submitted to an analysis of variance, which shows the existence of significant differences ($P < 0.01$) between sampling times, however, between the seasons of sampling there were no statistical differences. In general terms, the best water quality was registered in the first sampling station, which reflects that in the later stations there is a cumulative effect due to the discharge of honey water.

Keywords: Honey water, coffee, water contamination, physicochemical parameters.

¹Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM-A), Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, Calle Higos Urco N° 342-350-356, Calle Universitaria N° 304, Chachapoyas, Perú

*Autor de correspondencia. E-mail: jesus.rascon@untrm.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

El café es uno de las plantaciones más importantes que se cultiva en todo el mundo, ya que se obtiene una de las bebidas más populares que se consume en todo el mundo (Selvamurugan, Doraisamy y Maheswari, 2010). Perú ocupa el séptimo lugar en el mundo en producción de café, siendo Arábica y Robusta las variedades más cultivadas (MINAGRI, 2013).

La actividad cafetalera ha venido siendo trascendental para la economía de la provincia de Rodríguez de Mendoza, durante generaciones. En los últimos años la provincia se ha caracterizado por la producción de un café diferenciado (café especiales) siendo reconocido y demandado a nivel mundial. La caficultura es una importante fuente de ingresos para las familias mendocinas que se dedican a la producción de café (orgánico o convencional), pero los actuales sistemas de producción no cuentan con adecuados modelos para el manejo sostenible del cultivo (Torres y Siche, 2016).

La demanda creciente del café hace que se incrementen las áreas de cultivo, sin embargo, los escasos modelos de gestión para el manejo de los residuos generados a lo largo de la cadena de producción, así como el bajo nivel de conciencia de los productores repercute de manera negativa sobre los recursos naturales (López, 2012). En la actualidad una de las tareas de mayor importancia es la protección y manejo adecuado de los recursos naturales, siendo necesaria la aplicación de tecnologías que permitan mitigar el impacto negativo de las aguas residuales sobre las cuencas hidrográficas (Meseth, 2013). Las características del agua (físico-químicas y microbiológicas) se ven más afectadas cada día producto de la actividad humana como la cafetera, las cuales, hacen que sus propiedades cambien de manera evidente (Gómez *et al.*, 2007).

La producción cafetalera está asociada a la contaminación hídrica, principalmente por el proceso de beneficio húmedo (despulpado y lavado de café), generando grandes cantidades de agua miel uno de los mayores contaminantes de los recursos hídricos (Rugama y Save, 2013). Puesto que, a menudo las fincas cafetale-

ras se encuentran ubicadas cerca de los cuerpos de agua en la cual vierten sus aguas residuales, generadas durante el beneficio húmedo, ya que es su principal método de procesamiento (Álvarez *et al.*, 2011). Este tipo de proceso del café requiere del uso de grandes volúmenes de agua, los cuales al no tener un manejo adecuado puede generar altos niveles de contaminación.

Por tanto, el presente estudio tuvo como finalidad evaluar el efecto del vertimiento de las aguas residuales (agua miel), provenientes de fincas cafetaleras, sobre las propiedades fisicoquímicas del agua en la quebrada El Mito, siendo esta investigación de gran importancia, debido a que, permite determinar el daño a los recursos hídricos, generado por la actividad cafetalera a través del beneficio húmedo, por otra parte ayudara en un futuro próximo a tomar medidas que mitiguen el nivel de contaminación ocasionado a la quebrada que provee de agua a los pobladores aledaños.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y ubicación geográfica

El área de estudio se localiza en la quebrada El Mito, ubicada en el caserío de Mito perteneciente al distrito de San Nicolás, en la Provincia Rodríguez de Mendoza (figura 1), Amazonas. Este caserío se encuentra a una altitud de 1482 m.s.n.m. y se caracteriza por dedicarse al cultivo de café al ser una de sus principales actividades productivas.

Recolección de muestra

El estudio se llevó a cabo entre los meses de setiembre y noviembre de 2017, periodo en el cual se estableció tres épocas para la recolección de muestras (M1, M2, M3). Se recolecto un total de 12 muestras, correspondientes a cuatro estaciones de muestreo (E1, E2, E3, E4) y tres épocas de recolección.

Se recolectaron muestras para su posterior análisis en recipientes de vidrio opaco de un litro de volumen, enjuagados tres veces en un punto próximo a la estación de muestreo antes de recoger la muestra definitiva. La recolección, almacenamiento y transporte de

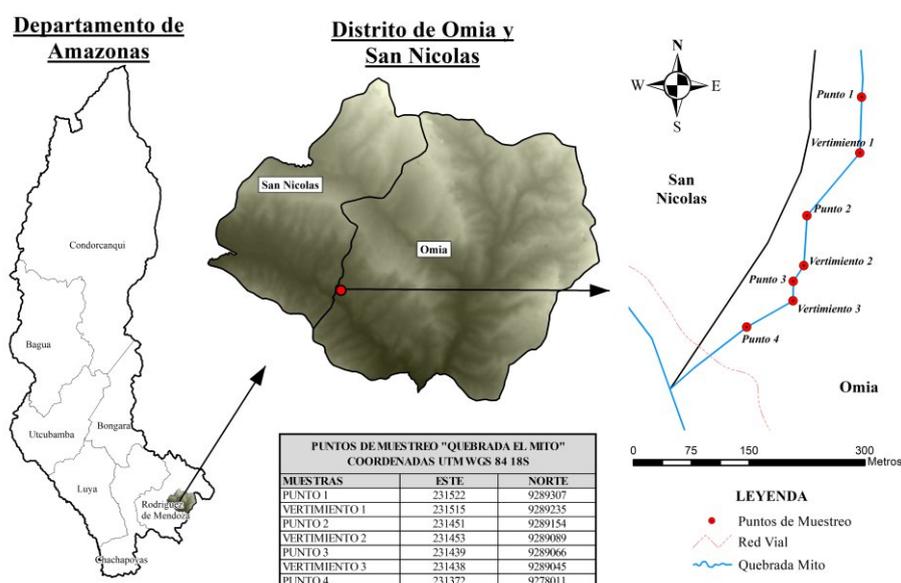


Figura 1. Mapa de ubicación de la quebrada El Mito en el distrito de San Nicolás (Rodríguez de Mendoza - Amazonas)

las muestras se realizó acorde con el protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales, establecido por la Dirección General de Salud Ambiental del Perú (DIGESA, 2007).

Ubicación de estaciones de muestreo

Se establecieron cuatro estaciones de muestreo distribuidas a lo largo de la quebrada mito; previamente se realizó un recorrido preliminar y se tomó como referencia tres puntos de vertimiento de aguas mieles, posterior al establecimiento de los puntos de referencia, se ubicó la primera estación de muestreo (E1) a 100 m hacia arriba del primer punto de vertimiento, seguido de la segunda estación (E2) ubicado a 100 m hacia abajo de la misma, la tercera (E3) y cuarta estación (E4) de muestreo se ubicó a 100 m hacia abajo del segundo y tercer punto de vertimiento, respectivamente.

Variables de estudio

El estudio del impacto del vertimiento de las aguas mieles sobre la calidad del agua de la quebrada El Mito se realizó mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos siguiendo las recomendaciones de APHA (2005), de los cuales el pH, la temperatura (T°), la conductividad eléctrica (CE) y el oxígeno disuelto (OD) fueron determinados *in situ*, mientras que los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO) y dureza (D) fueron analizados en el Laboratorio de Investi-

gación de Suelos y Aguas (LABISAG) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Análisis de datos

Para determinar diferencias significativas entre las estaciones y épocas de muestreo se realizó un análisis de varianza con los resultados del análisis fisicoquímico, los cuales fueron procesados con el paquete estadístico Minitab v.18. Adicionalmente, los parámetros fisicoquímicos del agua fueron evaluados, comparando los valores de los parámetros con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, en concreto para la categoría 4 para la conservación del ambiente acuático, en la subcategoría E2, ríos de costa y sierra (MINAM, 2017).

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Análisis de Datos

Luego de realizar una ANOVA para las diferentes estaciones y épocas de muestreo, en cada una de las variables estudiadas (pH, T° , CE, OD, DBO_5 , DQO y D) se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 1, en la cual se puede observar la existencia de diferencias altamente significativas entre las épocas de muestreo a excepción de oxígeno disuelto que no presenta diferencia, sin embargo, en cuanto a las estaciones de muestreo ninguno de los parámetros presenta diferencia alguna.

Tabla 1. Resultados del análisis de varianza

Parámetros	Época de muestreo		Estación de muestreo	
	F	P	F	P
pH	9,38	0,0063**	0,53 ns	0,6742
T ^a (°C)	331	0,0000**	0,00 ns	0,9999
CE (µS/cm)	146	0,0000**	0,03 ns	0,9926
OD (mg/L)	0,71	0,5187 ns	1,28 ns	0,3461
D (mg CaCO ₃ /L)	15,2	0,0013**	0,22 ns	0,8770
DBO ₅ (mg/L)	17,9	0,0007**	0,36 ns	0,7847
DQO (mg/L)	10,7	0,0042**	0,49 ns	0,6991

ns: no significativo (P > 0,05); **: altamente significativo (P < 0,01)

Estas diferencias entre épocas de muestreo, se deben al inicio de la época húmeda (lluvias), aumentando la carga de contaminantes debido al lixiviado de los suelos y a los periodos de vertimiento de aguas mieles, dos factores que influyen en gran medida en la calidad del agua (Huang *et al.*, 2018).

Análisis fisicoquímico

Los resultados obtenidos para pH (figura 2) muestran que este parámetro se encuentra dentro del rango de 6,5 y 9,0, establecido por los ECA. Cabe resaltar que todos los valores registrados muestran una ligera alcalinidad del agua. Encontrándose un valor cercano al límite máximo permitido en la E4 durante la segunda época de muestreo, con un valor de 8,82, siendo el valor mínimo registrado de 7,74 obtenido en la E1 en la primera época de muestreo. Esta alcalinización del agua se ha visto en diferentes estudios, sobre el vertimiento de aguas mieles y otros productos de desecho de la actividad cafetera en diferentes cuerpos de agua (Haddis y Devi, 2008).

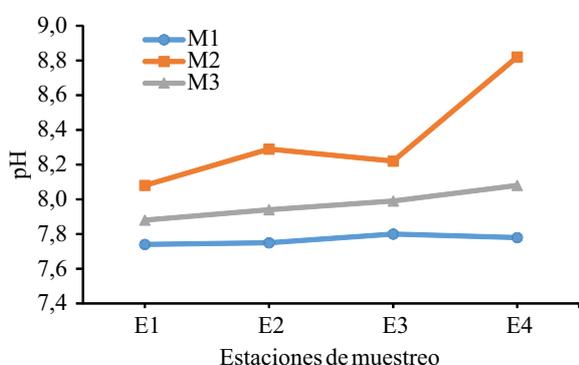


Figura 2. Cambios en pH según estación y época de muestreo.

Los valores más altos en cuanto a temperatura, se registraron en las cuatro estaciones durante la segunda y

la tercera época de muestreo, con valores oscilando entre los 16 °C y 19 °C, mientras que para primera época de muestreo el rango de temperatura fue de 8 °C a 10 °C (figura 3), esto puede deberse a los variaciones climáticas durante los meses de estudio (Devi, 2010).

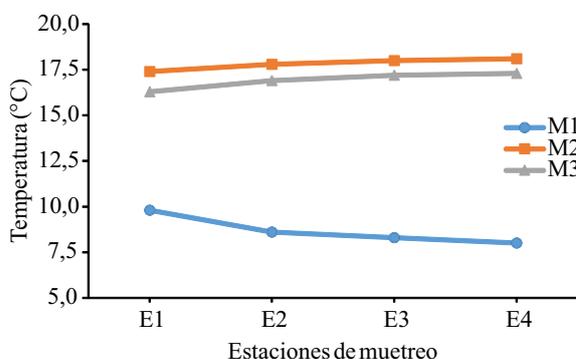


Figura 3. Variación de temperatura según estación y época de muestreo.

En la figura 4 se muestran los resultados obtenidos para conductividad eléctrica del agua, los cuales indican que para las diferentes estaciones de muestreo los valores se encuentran dentro de los límites permisibles en los ECA (1000 uS/cm). Los resultados reflejan un comportamiento similar entre estaciones, existiendo diferencias significativas (P < 0,05) entre época de muestreo, debido al régimen de lluvias de la época húmeda, lo que provoca un aumento de la carga de iones en el agua, al arrastrar material del suelo (Blanco, 2017). Los altos valores de conductividad eléctrica son normales en aguas o cuerpos de agua, donde hay vertimientos de aguas mieles o parecidos (Rossmann *et al.*, 2013; Selvamurugan *et al.*, 2010).

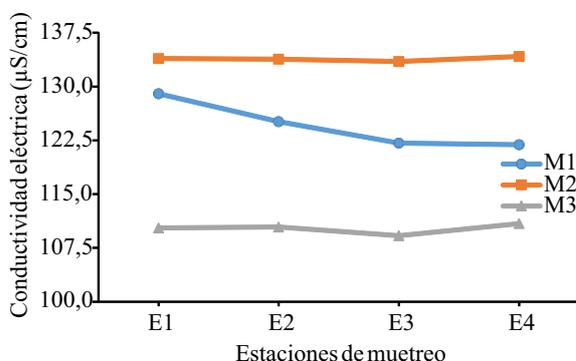


Figura 4. Conductividad eléctrica para las distintas estaciones y épocas de muestreo.

Entre tanto, en la figura 5 se puede apreciar que los valores de oxígeno disuelto en las distintas estaciones de muestreo superan al valor mínimo (5 mg/L) estable-

cido en los ECA. Los menores niveles de oxígeno disuelto se encontraron en las estaciones E2 y E3 con valores de 7,34 mg/L y 7,42 mg/l respectivamente, estos valores pueden atribuirse al mayor vertimiento de aguas mieles antes de estas estaciones de muestreo. En las evaluaciones posteriores se vio un ligero incremento de OD en agua, ya que para los meses de evaluación la producción de café disminuye, provocando ese incremento (Zambrano *et al.*, 2015).

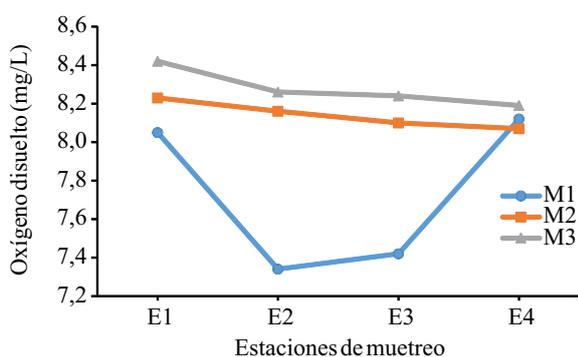


Figura 5. Oxígeno disuelto en las distintas estaciones y épocas de muestreo.

Los datos obtenidos en los diferentes análisis realizados (figura 6) muestran que los valores de DBO₅ están por encima de los estándares de calidad ambiental del agua, que fija como límite máximo 10 mg/L. Los mayores niveles de DBO se registraron en los cuatros estaciones de muestreo correspondiente a la primera época de muestreo de muestra, los valores obtenidos variaron en un rango de 111 mg/L y 205 mg/L, lo que indica que el agua está contaminada (Gamarrá-Torres *et al.*, 2018), situación atribuible al vertimiento de aguas mieles a los cuerpos de agua, entre otras actividades productivas. Esto coincide con valores reportados por (Garay-Román y Rivero-Méndez, 2014), en los valles bajos de Cajamarca, Perú. Por otra parte, para las posteriores evaluaciones este parámetro disminuyó, lo que es normal cuando la producción de café disminuye, siendo el caso durante los meses de estudio (Devi, Singh y Kumar, 2008).

En cuanto a los valores de DQO, la situación es igual que el DBO₅, al registrarse los valores más altos en las cuatro estaciones de muestreo correspondientes a la primera época de muestreo, encontrando niveles máximos en las estaciones E2 y E3, con valores de 352

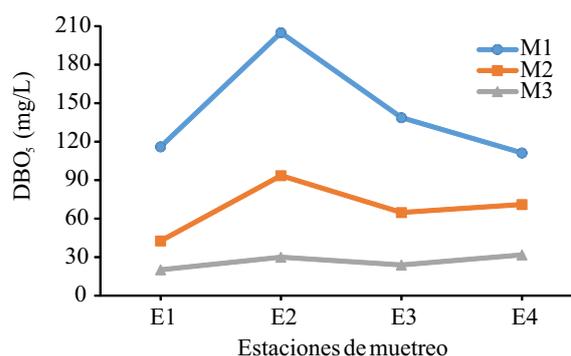


Figura 6. Variación de la DBO₅ en las distintas estaciones y épocas de muestreo.

mg/L y 208 mg/L, respectivamente. Mientras que el nivel más bajo se observó en la estación E1 durante la tercera época de muestreo, registrando un valor de 36,7 mg/L (figura 7). Los análisis realizados indican que, en todas las estaciones, así como en las tres épocas de muestreo se superó los ECA para la categoría 1, subcategoría B1 (uso recreacional), que establecen un valor máximo 30 mg/L. Por tanto estamos ante agua contaminada, lo que se puede atribuir a los vertimientos de aguas mieles (Kulandaivelu y Bhat, 2012), porque si bien el muestreo se hizo durante la época húmeda, el régimen de lluvias no influye, ya que el aumento del DQO está relacionado con el aumento de las precipitaciones (Mego *et al.*, 2014).

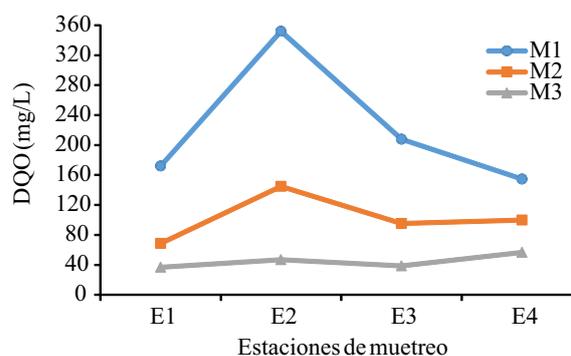


Figura 7. Variación de la DQO en las distintas estaciones y épocas de muestreo.

En relación a la dureza del agua los análisis muestran que los niveles más altos se reportaron en las estaciones E2 y E3 durante la segunda época de muestreo, con valores de 186,027 mg/L y 204,875 mg/L, respectivamente. Los valores más bajos para este parámetro se registraron en las cuatro estaciones durante la primera época de muestreo (figura 8). Los valores reportados en los diferentes análisis indican que en promedio el

agua de la quebrada en estudio es moderadamente dura, sin embargo, ninguno de los análisis realizados sobrepasa los 500 mg/L establecido por los ECA para el agua destinada a uso recreacional (Categoría 1, Subcategoría B1). Por tanto se puede afirmar que el derramamiento de aguas mieles aumenta la dureza del agua, al tener los valores máximos durante la primera época de muestreo, al ser la que coincide con el vertimiento de las aguas mieles por parte de los productores cafeteros. Estos valores altos de dureza, difieren bastante con los valores encontrados en fincas cafeteras de Cundimarca y Santander, las cuales poseen la Certificación de Producción Sostenible Colombiana (Galindo-Leva *et al.* 2012). Es por ello, que podemos decir que en esta zona de Rodríguez de Mendoza no se está llevando a cabo una producción sostenible del café.

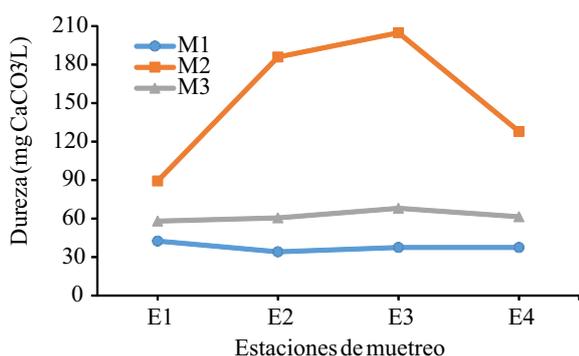


Figura 8. Dureza en las distintas estaciones y épocas de muestreo.

IV. CONCLUSIONES

La mejor calidad del agua se registró en la estación E1, ubicada 100 m aguas arriba del primer punto de descarga de aguas mieles, esto refleja que en las estaciones posteriores existe un efecto acumulativo del vertimiento de aguas mieles. Los parámetros de oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno mejoran en la segunda y tercera época de muestreo, debido al menor vertimiento de aguas mieles como resultado de la disminución en las cosechas. Respecto a la temperatura y conductividad eléctrica mostraron un comportamiento constante entre estaciones sin embargo existen variaciones entre épocas, debido principalmente al régimen de lluvias al realizarse el muestreo al principio de la época húmeda.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, J., H. Smeltekop, N. Cuba y M. Loza-Murguía. 2011. "Evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales del prebeneficiado de café (*Coffea arabica*) implementado en la comunidad Carmen Pampa provincia Nor Yungas del Departamento de La Paz." *Journal of the Selva Andina Research Society* 2 (1): 34-42.
- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Work Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation). 2005. *Standard methods for examination water and wastewater*. Washington (EEUU): APHA, AWWA, WPCF.
- Blanco, C. L. 2017. "Optimización Del Uso Del Agua En El Lavado Del Café." *Revista Apthapi* 3 (1): 24-38.
- Devi, R. 2010. "Innovative Technology of COD and BOD Reduction from Coffee Processing Wastewater Using Avocado Seed Carbon (ASC)." *Water, Air, and Soil Pollution* 207 (1-4): 299-306. doi:10.1007/s11270-009-0137-2.
- Devi, R., V. Singh y A. Kumar. 2008. "COD and BOD Reduction from Coffee Processing Wastewater Using Avocado Peel Carbon." *Bioresource Technology* 99 (6): 1853-60. doi:10.1016/j.biortech.2007.03.039.
- DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental). 2007. *Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales*. Lima (Perú): MINAM.
- Galindo-Leva, L. A., L. M. Constantino-Chuaire, P. Benavides-Machado, E. C. Montoya-Restrepo y N. Rodríguez-Valencia. 2012. "Evaluación De Macroinvertebrados Acuáticos Y Calidad De Agua En Quebradas De Fincas Cafeteras De Cundinamarca Y Santander, Colombia." *Cenicafé* 63 (1): 70-92.
- Gamarra-Torres, O. A., M. A. Barrena-Gurbillón, E.

- Barboza-Castillo, J. Rascon, F. Corroto y L. A. Taramona-Ruiz. 2018. "Fuentes de Contaminación Estacionales En La Cuenca Del Río Utcubamba, Región Amazonas, Perú." *Arnaldoa* 25 (1): 179–94.
- Garay-Román, J. y J. Rivero-Méndez. 2014. "Biosistema Para Purificar Aguas Residuales Del Beneficio Húmedo de Café, Distrito La Coipa, Departamento de Cajamarca, 2014." *Manglar Revista de Investigación Científica* 11 (1): 43–50.
- Gómez, A.M., D. Naranjo, A. A. Martínez y D. J. Gallego. 2007. "Calidad del agua en la parte alta de las cuencas Juan Cojo y el Salado (Girardota - Antioquia, Colombia)." *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 60 (1): 3735-3749.
- Haddis, A. y R. Devi. 2018. "Effect of Effluent Generated from Coffee Processing Plant on the Water Bodies and Human Health in Its Vicinity." *Journal of Hazardous Materials* 152 (1): 259–262. doi:10.1016/j.jhazmat.2007.06.094.
- Huang, P., J. Zhang, A. Zhu, X. Li, D. Ma, X. Xin, C. Zhang, S. Wu, G. Garland y E. I Pujol Pereira. 2018. "Nitrate Accumulation and Leaching Potential Reduced by Coupled Water and Nitrogen Management in the Huang-Huai-Hai Plain." *Science of the Total Environment* 610: 1020–1028. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.08.127.
- Kulandaivelu, V. y R. Bhat. 2012. "Changes in the Physico-Chemical and Biological Quality Attributes of Soil Following Amendment with Untreated Coffee Processing Wastewater." *European Journal of Soil Biology* 50: 39–43. doi:10.1016/j.ejsobi.2011.11.011.
- López, D. 2012. "Efecto del vertido directo de las aguas mieles en la calidad fisico-química del agua de la Subcuenca del Río Jigüina, Jinotega". *Revista Científica de la FAREM-Esteli: medio ambiente, tecnología y desarrollo humano* 1: 5-16.
- Mego, J., J. Pilco, J. Chavez, D. Leiva y M. Oliva. 2014. "Impacto En La Calidad Del Agua de La quebrada 'El Atajo' ocasionado Por El Botadero de Rondón de La Ciudad de Chachapoyas, Amazonas, Perú." *Revista Indes* 2 (1): 80–87. doi:10.25127/indes.201401.009.
- Meseth, E. 2013. "Estudio de una planta de tratamiento de aguas residuales de Irlanda y su impacto en el medioambiente". *Revista de ingeniería industrial* 31: 141-163.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2013. *Situación Del Mercado Del Café En Grano*. Lima (Perú): MINAGRI.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2017. *Estándares nacionales de Calidad Ambiental para Agua. D.S N° 004-2017-MINAM. Norma Legal*. Lima (Perú): MINAM.
- Rossmann, M., A. Teixeira Matos, E. Carneiro Abreu, F. Fonseca Silva y A. Carraro Borges. 2013. "Effect of Influent Aeration on Removal of Organic Matter from Coffee Processing Wastewater in Constructed Wetlands." *Journal of Environmental Management* 128: 912–919. doi:10.1016/j.jenvman.2013.06.045.
- Rugma, M.I. y R. Save. 2016. "Efecto del vertido de aguas mieles en calidad fisico-química del agua microcuenca Rio Cuspire Yalí, Nicaragua." *Revista Científica de la FAREM-Esteli: medio ambiente, tecnología y desarrollo humano* 7: 43-53.
- Selvamurugan, M., P. Doraisamy y M. Maheswari. 2010. "An Integrated Treatment System for Coffee Processing Wastewater Using Anaerobic and Aerobic Process." *Ecological Engineering* 36 (12): 1686–90. doi:10.1016/j.ecoleng.2010.07.013.
- Selvamurugan, M., P. Doraisamy, M. Maheswari y N. Nandakumar. 2010. "High Rate Anaerobic Treatment of Coffee Processing." *Methods* 7

(2): 129–36.

Torres, E. y R. Siche. 2016. “Sostenibilidad Ambiental de Dos Sistemas de Producción de Café En Perú : Orgánico Y Convencional.” *Revista Ciencia Y Tecnología* 12 (3): 51–65.

Zambrano, D., N. Rodríguez, A. Orozco y U. Lopez. 2015. “Evaluación de Un Reactor Metanogénico Tipo Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente Para Tratar Aguas Mielles Del Café.” *Cenicafé* 66 (1): 32–45.