

Diagnóstico del agua utilizada en las procesadoras de café del Municipio Caripe – Estado Monagas, Venezuela

Auristela Malavé^{1*}; Ramón Silva-Acuña¹; Miguel Ángel-Martínez²; Jesús Rafael Méndez-Natera³; Renny Barrios-Maestre⁴.

Resumen

Latinoamérica es la región de mayor producción de café del mundo y en Venezuela Monagas conforma uno de los estados productores en la zona del Municipio Caripe, el cual se surte de cuenca hidrográfica siendo el río Caripe su principal recurso hídrico. La finalidad del presente trabajo consistió en realizar un primer diagnóstico para la calidad del agua utilizada durante el proceso de beneficiado húmedo del café en las pocas procesadoras que aún operan en el Municipio Caripe, considerando específicamente las ubicadas en las Fincas: “Agropecuaria Cantarrana”, “Gualberto”, “Cocollar”, “Lisieux” y “Las Acacias”; a manera de determinar si los parámetros evaluados cumplen con los valores permitidos para la Legislación Venezolana vigente. En base a los resultados obtenidos, en general se observó que todos los parámetros evaluados cumplen con los límites permitidos en cuanto a su calidad, a excepción del análisis microbiológico relacionado con los niveles de coliformes totales cumplido sólo para la beneficiadora “Cantarrana”; mientras que las demás productoras incumplen con este parámetro de calidad siendo bastante evidente en el caso de la procesadora “Cocollar”, cuya agua presentó los más altos niveles para estos patógenos (240 para el índice de Número Más Probable/100 mL), que son indicativos de contaminación microbiológica.

Palabras Clave: Recurso hídrico, calidad de agua, beneficiado del café, Municipio Caripe.

Diagnosis of the water used in coffee processors of the Caripe Municipality - Monagas State, Venezuela

Abstract

Latin America is the region with the highest coffee production in the world, and Monagas is one of the producing states in the area of the Caripe Municipality, Venezuela, which is supplied with a hydrographic basin, being the Caripe River its main water resource. The purpose of this study was to conduct a preliminary assessment to the quality of water used during the wet coffee processing in the few processors that still operating in the Caripe Municipality. It was considered specifically those located in “Agropecuaria Cantarrana”, “Gualberto”, “Cocollar”, “Lisieux”, and “Las Acacias” farms, in order to determine whether the evaluated parameters meet the allowed values for the current Venezuelan Legislation. Based on the results obtained, in general it was observed that all parameters evaluated comply with the permitted limits in terms of quality, except for microbiological analysis related to the levels of total coliforms fulfilled only for “Cantarrana” processor. While other producers fail to comply with this quality parameter, being quite evident in the case of the “Cocollar” processor whose water had the highest levels for these pathogens (240 for the Most Probable Number/100 mL index), which are indicative of microbiological contamination.

Keywords: Water resource; water quality; coffee processors; Caripe Municipality.

Recibido: 16 de septiembre de 2016

Aceptado: 9 de mayo de 2017

¹Auristela Malavé, Ph.D. Docente/Investigador, Postgrado en Agricultura Tropical, Núcleo de Monagas - Universidad de Oriente. Juanico, Maturín - Estado Monagas, Venezuela. E-mail: aumalave@udo.edu.ve Telf-Fax: +58-291-6417749, Móvil: +58-414-8538662.

²Ramón Silva-Acuña, Ph.D. Docente/Investigador, Postgrado en Agricultura Tropical, Núcleo de Monagas - Universidad de Oriente. Juanico, Maturín - Estado Monagas, Venezuela. E-mail: drramonsilvaa@gmail.com Telf-Fax: +58-291-6417749, Móvil: +58-424-9569029.

³Miguel Ángel Martínez, M.Sc. Empleado Profesional, Petróleos de Venezuela S. A., Gas Anaco. Anaco - Estado Anzoátegui, Venezuela. E-mail: martinezmtc@pdvsa.com Móvil: +58-416-9932149.

⁴Jesús Rafael Méndez-Natera, M.Sc. Docente/Investigador, Escuela de Agronomía, Núcleo de Monagas - Universidad de Oriente. Campus Los Guaritos, Maturín - Estado Monagas, Venezuela. E-mail: mendeznatera@gmail.com Móvil: +58-416-5888557.

⁵Renny Barrios-Maestre, M.Sc. Docente/Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, San Agustín de La Pica, Maturín - Estado Monagas, Venezuela. E-mail: rennybarrios@gmail.com

*Autor para la correspondencia: aumalave@udo.edu.ve

I. INTRODUCCIÓN

Hasta alrededor de los últimos años del siglo pasado, el agua había sido considerada un recurso natural inagotable. Sin embargo, el actual milenio trajo consigo el entendimiento mundial de que la misma puede ser inagotable, siendo su progresiva y marcada dirección hacia la escasez uno de los principales retos geopolíticos planetarios a encarar con respecto a un manejo más integral de los recursos hídricos, conceptualizados en una gestión mucho más eficiente, donde se contemple la no contaminación, su ahorro y reutilización (Valencia *et al.*, 2012; Douterelo *et al.*, 2014; Petrie *et al.*, 2015; Hu *et al.*, 2016). En este aspecto, es común que en muchas partes del mundo se empleen sistemas de recuperación como una manera efectiva de suplir los reservorios de agua potable (Gerrity *et al.*, 2013; Rice y Westerhoff, 2014). No obstante, hoy en día es necesario tener en cuenta que el marcado crecimiento poblacional, a lo largo de las últimas décadas, consecuentemente también incrementó las actividades antropogénicas a través de un mayor uso de productos para el cuidado diario, además de fármacos y drogas ilícitas junto con sus metabolitos, entre otros (Michael-Kordatou *et al.*, 2015; Wilkinson *et al.*, 2016); los cuales constituyen especies tóxicas que en su mayoría son transportadas desde los sistemas de drenaje hacia cuerpos hídricos receptores originando su contaminación (Petrie *et al.*, 2015).

El agua es esencial para todas las formas de vida y en relación con el planeta, América Latina dispone de abundantes recursos naturales incluyendo grandes reservorios hídricos que sustentan en gran medida las amplias expectativas para el desarrollo bioeconómico de la región destacada por su gran producción de productos agrícolas para el mundo, donde el café representa el rubro más comercializado, luego del petróleo, con Brasil al frente como el mayor productor/exportador a nivel mundial (Malavé y Maza, 2015); donde el agua conforma el recurso fundamental en la agroindustria cafetalera, la cual es crucial para la economía de muchos países Latinoamericanos al proporcionar empleo a millones de personas que participan en su cultivo, procesamiento, comercialización y mercadeo (Hughes *et al.*, 2014).

Una vez que los frutos maduros del café (café cereza) se cosechan, los mismos se convierten en un material altamente perecedero que rápidamente debe

ser transformado a café pergamino seco (café verde), con el fin de preservar su alta calidad intrínseca como producto de mercado, a través de una serie de operaciones técnicas denominadas “beneficio” (Puerta, 2006), que involucran las etapas inherentes al desprendimiento y retiro de los envoltorios externos (pulpa, mucílago, pergamino y película plateado) que cubren los granos o semillas mediante dos procesos: seco y húmedo (USAID, 2003); siendo este último el utilizado tradicionalmente en la gran mayoría de los países productores del rubro que al emplear agua, como medio facilitador y de transporte, denomina al proceso beneficiado húmedo (Rodríguez, 2009).

El beneficio húmedo del café se puede realizar por métodos convencionales a través de tanques de fermentación natural, para remoción del mucílago por degradación (Peñuela, 2010), donde posteriormente el café se lava con agua limpia empleando volúmenes que varían de 4 a 20 L por cada Kg de café pergamino seco (Roa *et al.*, 1999). La fermentación constituye una de las etapas más críticas del proceso de beneficiado, por lo que un descontrol del tiempo conlleva a una mala calidad en los granos; los cuales, por ende, dan lugar a una bebida con sabor y aroma a vinagre, fermento, vino, piña, cebolla y rancia en función del tiempo que los granos permanezcan sin lavar, junto con pérdidas económicas significativas (Peñuela, 2010).

Además del proceso anterior, existe un proceso de beneficiado húmedo más nuevo (ecológico) que utiliza un desmucilagador para la remoción mecánica del mucílago con grandes reducciones del agua utilizada en el proceso global, cercanas a 1 L por Kg de café pergamino seco (Oliveros-Tascón *et al.*, 2013), y constituye el proceso amigable con el ambiente que permite obtener los cafés de alta calidad física y de taza, definido como el conjunto de operaciones realizadas para transformar el café cereza en café pergamino seco (café verde), conservando la calidad exigida por las normas de comercialización, evitando pérdidas del producto y eliminando procesos innecesarios; aunado al aprovechamiento de los subproductos, lo cual representa el mayor ingreso económico para el caficultor y la mínima alteración del agua estrictamente necesaria en el beneficio (Roa *et al.*, 1999), integrada con un manejo eficiente a manera de garantizar la sostenibilidad de este recurso hídrico tan vital (Cárdenas, 2014).

Varios reportes coinciden en destacar que la remoción del mucílago, bien sea mecánicamente o por fermentación, no tiene efecto en la calidad de la bebida en taza; siempre y cuando sea removido totalmente al lavar con agua cuya calidad en higiene y limpieza sean las adecuadas para la elaboración de alimentos (Roa *et al.*, 1999; Oliveros-Tascón *et al.*, 2011a; 2011b).

Por tradición Venezuela era un país exportador de productos agrícolas, donde el café constituyó uno de sus principales rubros (Malavé *et al.*, 2009; Malavé y Maza, 2015). Sin embargo, ya para inicios de la década pasada esta actividad comenzó a mermar y a los pocos años cesaron estas exportaciones para cubrir la demanda nacional (ICO, 2016); siendo Monagas uno de los principales estados que se ha mantenido como productor del rubro, destacándose el Municipio Caripe como el área que ubica a la mayoría de las procesadoras que se han mantenido operativas en la producción de café en toda la zona, con un aproximado de 13.000 ha (Silva-Acuña *et al.*, 2010). Estas procesadoras benefician el café con agua surtida principalmente del río Caripe, cuya naciente se encuentra en un conjunto de microcuencas que conforman el Sistema Hidráulico del Macizo Montañoso del Turimiquire; donde, además, se originan otros ríos de gran importancia como el Neverí, Manzanares, Amana y Guarapiche, entre otros; los cuales abastecen a la región nororiental del país, incluyendo a la Isla de Margarita y el resto de la zona Insular (Marchetti, 2016).

Dada la importancia del Turimiquire como fuente hídrica de la zona caficultora del estado Monagas, el presente trabajo tuvo como propósito realizar, por primera vez, un diagnóstico de la calidad del agua empleada durante el proceso de beneficiado húmedo del café en el Municipio Caripe, en base a la determinación de los distintos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, a manera de obtener valores de referencia y determinar si los mismos cumplen con la Normativa Venezolana Vigente.

II. DESARROLLO

1. Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó en el Municipio Caripe, al norte del estado Monagas de la República Bolivariana de Venezuela (Fig. 1), el cual se surte de cuenca hidrográfica siendo el río Caripe su principal

recurso hídrico. Este municipio se encuentra ubicado geográficamente en LN: 10° 04'- 10° 19'; y LO: 63° 11'- 63° 37', con temperaturas entre 12 y 24° C, precipitación promedio anual de 1.124 mm, altitud alrededor de 1.050 msnm, con presencia de valles y depresiones importantes, cuyas pendientes son superiores a 12%, donde predomina la vegetación de bosque húmedo premontano, en suelos mayormente del orden inceptisol (Malavé *et al.*; 2009); siendo todo el municipio uno de los centros turísticos más importantes del país dentro del Macizo Montañoso del Turimiquire (Marchetti, 2016).

Dentro de las pocas procesadoras de café que aún operan en el Municipio Caripe, se encuentran las ubicadas en las Fincas: "Agropecuaria Cantarrana", "Gualberto", "Cocollar", "Lisieux" y "Las Acacias"; las cuales conforman las beneficiadoras en funcionamiento objeto del presente estudio, sometidas por primera vez a un diagnóstico físico-químico y microbiológico del agua potable, proporcionada a través de la red de tuberías de distribución, utilizada durante el proceso de beneficiado húmedo secuencial mediante remoción mecánica del mucílago y cuyo tiempo es bastante corto en comparación con el proceso convencional.

Metodología

De acuerdo con las acepciones más ampliamente difundidas por distintos autores, el método comprende la noción de la ruta direccionada hacia el alcance de ciertos objetivos a través de un escenario dimensionado en fundamentos ya no sólo prácticos sino también teóricos (Pérez, 2003; Fontaines, 2012). En tal sentido, el presente trabajo se corresponde con un estudio de tipo descriptivo, observacional y documental condicionado a un diseño no tradicional, cuyos alcances se caracterizan como una investigación realizada mayormente a nivel exploratorio considerando la determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las aguas utilizadas en el proceso de beneficiado húmedo del café como algo que hasta el momento no se ha realizado en el contexto local evaluado y cuyos resultados sirven como referencia para ajustar alternativas conducentes hacia el control del grado de calidad del producto elaborado en las procesadoras de café comprometidas con la ejecución del presente trabajo.



Figura 1. Ubicación geográfica de la zona productora de café en Venezuela.
Fuente: Mapas-Venezuela (2016) [imagen modificada por autores].

alcances se caracterizan como una investigación realizada mayormente a nivel exploratorio considerando la determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las aguas utilizadas en el proceso de beneficiado húmedo del café como algo que hasta el momento no se ha realizado en el contexto local evaluado y cuyos resultados sirven como referencia para ajustar alternativas conducentes hacia el control del grado de calidad del producto elaborado en las procesadoras de café comprometidas con la ejecución del presente trabajo.

Toma y Conservación de Muestras

Considerando la época de cosecha y procesamiento de los frutos de café, el muestreo de las aguas en las distintas fincas se realizó entre octubre y diciembre de 2015, programados en uno/mes para un total de tres muestreos en cada procesadora. Para la toma de muestras se procedió de acuerdo con la normativa venezolana COVENIN 2709 (2002) aplicable al muestreo de aguas

naturales, industriales y residuales. En este aspecto, en cada una de las procesadoras se tomaron muestras en botellas plásticas de 750 mL de capacidad, provenientes siempre de la misma tubería de suministro del agua empleada en el proceso global de beneficiado, realizada en cada caso mediante la obtención de una muestra compuesta, colectada a partir de tres submuestras de 250 mL antes, durante y al final del proceso a manera de lograr valores de referencia para la calidad de estas aguas. En cada uno de los diferentes muestreos programados, las muestras etiquetadas se mantuvieron refrigeradas en cavas con hielo hasta su traslado al laboratorio para los análisis correspondientes.

Procedimiento Analítico

Todas las muestras de agua provenientes de las distintas beneficiadoras se analizaron en el laboratorio EUROLAB SERVICES, ubicado en Anaco, Estado Anzoátegui de la República Bolivariana de Venezuela; donde se determinaron las variables fisicoquímicas que incluyeron pH, turbiedad, sólidos (totales, suspendidos

y sedimentables), nitrógeno total, fósforo total, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, conductividad eléctrica, color real, aceites y grasas; junto con las microbiológicas: coliformes totales y fecales, de acuerdo a las metodologías estándares para análisis de aguas (Rice *et al.*, 2012).

Análisis Físico-Químico

La determinación de pH se realizó por la norma COVENIN 2462 (2002); el color real mediante el método de comparación visual (COVENIN 3024, 1993). La determinación de: conductividad eléctrica, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y la demanda química de oxígeno (DQO), por la metodología de Rice *et al.* (2012). El fósforo total (PT), se determinó por la norma COVENIN 3051 (1993), el nitrógeno total (NT), los sólidos totales (ST) y sólidos suspendidos (SS) presentes en las muestras se determinaron por análisis gravimétrico y de manera similar los sólidos sedimentables (Rice *et al.*, 2012). La turbiedad que presentaron las diferentes muestras, se determinó empleando un turbidímetro (nefelómetro) (Rice *et al.*, 2012) y el contenido de aceites y grasas presente en las diferentes muestras, por la norma COVENIN 2831 (2002).

Análisis microbiológico

Los coliformes totales y fecales presentes en cada muestra, se estimaron mediante la técnica de fermentación en tubos múltiples expresados en términos de número más probable (NMP) en 100 mL, de acuerdo al método estándar para análisis de aguas y efluentes residuales (Rice *et al.*, 2012).

2. Resultados y Discusión

El agua es esencial para la vida y todos en el planeta deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible) para los distintos usos domésticos habituales como la higiene personal. No obstante, puede necesitarse agua de mayor calidad para algunos fines muy particulares que incluyen la producción de alimentos (OMS, 2006). En base a esto, a manera de dar cumplimiento a la normativa vigente para la Legislación de la República Bolivariana de Venezuela en las procesadoras de café que operan en el Municipio Caripe, en cada una de éstas se evaluó la calidad de las aguas utilizadas durante el beneficiado húmedo a través de la determinación de los parámetros de calidad del agua procedente de la red de acueducto, la cual está

clasificada como agua Tipo 1: “Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable siempre que ésta forme parte de un producto o sub-producto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él”, tal como lo establece el artículo 3 del Decreto N° 883 (GORV, 1995). En tal sentido, es obligatorio constatar que las mismas cumplen con las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable establecidas por el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social en Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36.395 (GORV, 1998); cuyos resultados promedio, para los distintos parámetros estudiados en el agua utilizada en cada beneficiadora, se ilustran en la Tabla 1.

Al observar la Tabla 1, se puede apreciar que para algunos de los parámetros analizados no existe directriz en relación a un valor límite específico para conductividad, sólidos solubles, sólidos sedimentables y fosforo total; lo cual podría estar conectado a la falta de suficientes estudios relativos a los efectos de esta sustancia en los humanos o debido a la imposibilidad de que esa sustancia alcance una concentración peligrosa en el agua, bien sea porque es insoluble o por su escasez, haciendo imposible que exista directriz para definir un valor límite (Lenntech, 2014).

En base a la legislación venezolana vigente (GORV, 1998), al detallar los resultados correspondientes al análisis del agua suministrada por la red de acueducto utilizada en el beneficiado húmedo del café en cada una de las procesadoras (Tabla 1), se observa que todos los parámetros evaluados cumplen con los límites permitidos en cuanto a su calidad

En base a la legislación venezolana vigente (GORV, 1998), al detallar los resultados correspondientes al análisis del agua suministrada por la red de acueducto utilizada en el beneficiado húmedo del café en cada una de las procesadoras (Tabla 1), se observa que todos los parámetros evaluados cumplen con los límites permitidos en cuanto a su calidad, a excepción del análisis microbiológico relacionado con los niveles de coliformes totales cumplido sólo para la beneficiadora “Cantarrana”; mientras que las demás productoras incumplen con este parámetro de calidad siendo bastante evidente en el caso de la procesadora “Cocollar”, cuya agua presentó los más altos niveles para estos patógenos (240 para el índice de Número Más Probable/100 mL), como parámetro indicativo de contaminación (Besner *et al.*, 2011; Hayes y Forsythe, 2012; Stauber *et al.*, 2016).

Tabla 1. Caracterización del agua de la red de acueducto utilizada en el proceso de beneficiado húmedo para cada procesadora sometida al diagnóstico en el Municipio Caripe – Estado Monagas, Venezuela.

Parámetro	Cantarrana	Lisieux	Acacias	Cocollar	Gualberto	L.P. (LV)
pH	7,9	8,3	8,2	7,7	8,2	6-9
Turbiedad (UNT)	1	1	1	4	5	5
Color real (U Pt-Co)	6	12	16	26	26	15
Conductividad (mS/cm)	0,45	0,32	0,31	0,32	0,26	N.E
Sólidos [ST] (mg/L)	304	204	192	212	202	1.000
Sólidos [SS] (mg/L)	N.D	36	4	12	24	N.E
Sólidos [SSed] (mg/L)	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.E
Fosforo total (mg/L)	0,10	N.D	0,13	N.D	N.D	N.E
Nitrógeno total (mg/L)	1,64	0,55	0,55	1,09	1,09	10
Aceites y grasas (mg/L)	2	N.D	2	N.D	2	A
DBO (mg/L)	N.D	6	11	N.D	1	A
DQO (mg/L)	15	3	8	3	21	A
Coliformes totales (NMP/100 mL)	1	66	9	240	13	2
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	N.D	1	N.D	2	N.D	0

L.P. (LV): Límite Permitido (Legislación Venezolana). N.D: No Detectado. A: Ausente. N.E: No Especificado.

Las bacterias fecales constituyen el principal indicador de riesgo patógeno dentro de los estándares microbiológicos para calidad de agua en la gran mayoría de los países (Sammon *et al.*, 2010; Boubetra *et al.*, 2011). Sin embargo, debido a que la presencia de *Pseudomonas* en el agua potable es un hecho bastante común (Nawrocki *et al.*, 2010; Douterelo *et al.*, 2013), muy recientemente se han sugerido como buenos indicadores de riesgo humano (Douterelo *et al.*, 2016); siendo, además, una actualidad bien real que los nuevos enfoques y avances en procedimientos metodológicos han logrado evidenciar la proliferación de microorganismos, estructurados en comunidades bacterianas y fúngicas, cuya presencia han deteriorado la seguridad del vital líquido tanto en sus reservorios como en las redes de distribución que surten a los usuarios (Douterelo *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2016; Stauber *et al.*, 2016).

En general, la calidad del agua utilizada en la elaboración de productos de consumo debe reunir una serie de características y cualidades acordes con el agua potable que aseguren la prevención de enfermedades y, consecuentemente, los riesgos y peligros asociados a la salud humana en función de un suministro libre de patógenos (Stanfield, 2003; Iriarte y Gómez, 2008). Sin embargo, puede suceder que algún desagüe de alcantarilla de aguas negras pueda estar en las proximidades de las redes de distribución, las cuales

también podrían presentar problemas de corrosión originados por el desarrollo de biopelículas microbianas, dentro de las superficies internas de las tuberías, que favorecen situaciones como la multiplicación de una diversidad de microorganismos patógenos oportunistas (Lehtola *et al.*, 2007), que pueden sobrevivir dentro de las mismas originando cambios que deterioran la seguridad del agua potabilizada en cuanto a coloración (Husband *et al.*, 2008), olor y sabor (Szewzyk *et al.*, 2000; Hallan *et al.*, 2001) y producción de toxinas (Hageskal *et al.*, 2007; Siqueira *et al.*, 2013), debido principalmente a la falta de desinfección o a fallas para proveer los niveles apropiados de cloro (Lee y Schwab, 2005); donde la normativa venezolana recomienda una concentración de 0,5 mg/L (GORV, 1998), lo cual es bastante difícil de manejar en las aguas de las redes de distribución poblacional (Munavalli y Mohan-Kumar, 2005).

Actualmente el conocimiento sobre la ecología de los distintos microorganismos que habitan dentro de la infraestructura de las redes de distribución de agua potable constituye un desafío, debido a las grandes dificultades de acceso a las biopelículas formadas por la asociación de las distintas especies de hongos y bacterias en las superficies internas de las tuberías; donde, en general, lo poco que se sabe proviene de ensayos de laboratorio con pocos microorganismos seleccionados y bajo condiciones controladas que no representan la verdadera dinámica real “in situ” (Douterelo *et al.*,

2014). Más recientemente Douterelo *et al.* (2016), reportaron que las fuentes de agua potable constituyen el “semillero” de los microorganismos formadores de biopelículas por sus capacidades de incrementar resistencia a la desinfección (Soniago *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2013). De esta manera, muchos patógenos logran sobrevivir durante los tratamientos de desinfección de los reservorios de agua desde donde, dependiendo de las condiciones hidráulicas establecidas para el caudal, viajan a través de los sistemas de acueducto y gran parte de ellos pueden llegar hasta los usuarios en niveles que son directamente proporcionales a la velocidad del flujo (Douterelo *et al.*, 2013; Holinger *et al.*, 2014). En tal sentido, se podría indicar que mientras más rápido son transportados los distintos microorganismos dentro de las tuberías de suministro, se acorta su tiempo de estadía dentro de las mismas y, en consecuencia, también su posibilidad de formar biopelículas. No obstante, son necesarios muchos estudios para comprender la complejidad de la ecología microbiológica existente en las redes de los acueductos reales que permitan establecer enfoques metodológicos efectivos para el monitoreo de estos sistemas de distribución en función de garantizar una mayor seguridad en la calidad del agua que reciben los usuarios. En este aspecto, a nivel de Latinoamérica Brasil se encuentra al frente de los avances con algunos estudios ya desarrollados sobre este tópico (Siqueira *et al.*, 2011; 2013; Pereira *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2013; 2016).

En Venezuela, la Ley Orgánica para la prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento (GORBV, 2001), regula el suministro de agua captada a partir de cursos superficiales, embalses, lagos o acuíferos; los cuales pueden sufrir contaminación por efecto de lluvias torrenciales o inundaciones, requiriéndose elevar las precauciones en los controles de potabilidad previo a su distribución a los usuarios (Iriarte y Gómez, 2008).

En términos generales, los resultados de diagnóstico obtenidos en el presente estudio sugieren que los mayores riesgos microbianos derivan muy probablemente del uso de agua contaminada con excrementos humano o animal (incluidos los de aves), donde los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas de protección que garanticen la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo basadas en la aplicación de barreras múltiples, desde su origen o cuenca de captación hasta las fincas que ubican a las procesadoras de café, a fin de

evitar o reducir su contaminación a niveles que no sean perjudiciales mediante estrategias seguras para la salud pública (OMS, 2006).

En complemento a lo anterior, es apropiado tener en cuenta las características del relieve conformado por las depresiones y pendientes propias de la zona que ubica a las diferentes fincas procesadoras debido a que en la época de lluvias, éstas constituyen la principal vía de transporte de gran cantidad de residuos que pueden incluir contaminantes de naturaleza patógena; lo cual, podría ser un indicativo para sugerir que la contaminación microbiológica presentada por la procesadora “Cocollar” muy probablemente se debe a que es la única ubicada dentro de un área poblada que carece de sistemas de redes de aguas negras, mientras que las demás funcionan en sitios prácticamente aislados y, por ende, con más bajo riesgo de contaminación humana.

III. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo es perentorio que las beneficiadoras, exceptuando “Cantarrana”, evalúen en conjunto sus redes de tubería en el sistema de acueducto de distribución y las fuentes de origen proveedoras de agua para determinar los posibles focos de patógenos contaminantes en función de establecer las medidas de control necesarias para reducir o eliminar estos peligros, junto con un subsecuente monitoreo operativo que garanticen la inocuidad microbiana en el agua utilizada en el proceso de beneficiado húmedo del café, que en el caso de la finca “Cocollar” constituyen medidas urgentes.

IV. REFERENCIAS

- Besner, M.C.; Prévost, M.; Regli, S. (2011). Assessing the public health risk of microbial intrusion events in distribution systems: conceptual model, available data, and challenges. *Water Res.*, 45(3): 961-979.
- Boubetra, A.; Le Nestour, F.; Allaert, C.; Feinberg, M. (2011). Validation of alternative methods for the control of drinking water: application to *Escherichia coli*. *Appl. Environ. Microb.*, 70(10): 3360-3367.
- Cárdenas, R. (2014). Manejo integrado del recurso agua, en el proceso de beneficio húmedo del café, para la asociación de productores de café especial “Acafeto” en el Municipio del Fresno, Departamento del Tolima. Tesis de Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Contables,

- Económicas y Administrativas. Universidad de Manizales, Colombia. 164 p. Disponible en: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/1265/1/Cardenas_Garzon_Rodrigo_Cristobal_2014.pdf
- COVENIN 3024. (1993). Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación del color. Editorial FONDONORMA Caracas. Venezuela. Disponible en: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3024-93.pdf>
- COVENIN 3051. (1993). Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de fosforo. Editorial FONDONORMA Caracas. Venezuela. Disponible en: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3051-93.pdf>
- COVENIN 2462. (2002). Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación del pH. 1ra Revisión, Editorial FONDONORMA Caracas. Venezuela. Disponible en: <http://www.aqc.com.ve/Catalogo/CatalogoCSaludAmbienteSeguridad.htm>
- COVENIN 2709. (2002). Aguas naturales, industriales y residuales. Guía para las técnicas de muestreo. 1ra Revisión, Editorial FONDONORMA Caracas Venezuela. Disponible en: <http://www.aqc.com.ve/Catalogo/CatalogoCSaludAmbienteSeguridad.htm>
- COVENIN 2831. (2002). Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación del contenido de aceites y grasas e hidrocarburos extraíbles con n-hexano. 1ra Revisión, Editorial FONDONORMA Caracas. Venezuela. Disponible en: <http://www.aqc.com.ve/Catalogo/CatalogoCSaludAmbienteSeguridad.htm>
- Douterelo, I.; Sharpe, R.; Boxall, J. (2013). Influence of hydraulic regimes on bacterial community structure and composition in an experimental drinking water distribution system. *Water Res.*, 47(2): 503-516
- Douterelo, I.; Boxall, J.; Deines, P.; Sekar, R.; Fish, K.; Biggs, C. (2014). Methodological approaches for studying the microbial ecology of drinking water distribution systems. *Water Res.*, 65(1): 134-156.
- Douterelo, I.; Jackson, M.; Solomon, C.; Boxall, J. (2016). Microbial analysis of in situ biofilm formation in drinking water distribution systems: implications for monitoring and control of drinking water quality. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 100(7): 3301-3311.
- Fontaines, T. (2012). Metodología de la investigación: Pasos para realizar el proyecto de Investigación. Júpiter Editores C.A. Caracas, Venezuela. 182 p.
- Gerrity, D.; Pecson, B.; Trussell, R.S.; Trussell, R.R. (2013). Potable reuse treatment trains throughout the world. *J. Water Supply Res. T.*, 62(6): 321-338.
- GORBV. (2001). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.568. Ley orgánica para la prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento (LOPSAPS). Disponible en: http://www.derechos.org.ve/pw/wp-content/uploads/ley_agua.pdf
- GORV. (1995). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.021. Decreto N° 883 Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Venezuela. Disponible en: https://docs.google.com/file/d/oB2JFuo8D9_ZXN2YxMzcoMjQtZjliNSooMWU4LWJmJmMtNzIyYTI3MjhlNzdi/edit?hl=es&pli=1
- GORV. (1998). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36.395. Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable, Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Venezuela. Disponible en: <http://www.safeintl.com/descargas/NORMAS-SANITARIAS-DE-CALIDAD-DEL-AGUA-POTABLE.pdf>
- Hageskal, G.; Gaustad, P.; Heier, B.; Skaar, I. (2007). Occurrence of moulds in drinking water. *J. Appl. Microbiol.*, 102(3): 774-780.
- Hayes, P.; Forsythe, S. (2012). Higiene de los alimentos, microbiología y HACCP. Editorial Acribia, S.A. Segunda edición, Zaragoza, España. 511 p.
- Holinger, E.; Ross, K.; Robertson, C.; Stevens, M.; Harris, J.; Pace, N. (2014). Molecular analysis of point-of-use municipal drinking water microbiology. *Water Res.*, 49(1): 225-235.
- Hu, H-Y; Dua, Y.; Qian-YuanWu, Q-Y.; Zhao, X.; Tang, X.; Chen, Z. (2016). Differences in dissolved organic matter between reclaimed water source and drinking water source. *Sci. Total Environ.*, 551-552(1): 133-142.
- Hughes, S.; López-Núñez, J.; Jones, M.; Moser, B.; Cox, E.; Lindquist, M. (2014). Sustainable conversion of coffee and other crop wastes to biofuels and bioproducts using coupled biochemical and thermochemical processes in a multi-stage biorefinery concept. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 98(20): 8413-8431.
- Husband, P.; Boxall, J.; Saul, A. (2008). Laboratory studies investigating the processes leading to discoloration in water distribution networks. *Water Res.*, 42(16): 4309-4318.

- ICO. (2016). Exportable production by all exporting countries. Historical data on the global coffee trade. International Coffee Organization. Documento en línea disponible en: <http://www.ico.org/historical/1990%20onwards/PDF/1c-exportable-production.pdf>
- Iriarte, M.; Gómez, A. (2008). Potabilidad del agua de uso doméstico en el estado Nueva Esparta, Venezuela. *Rev. Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 39(2): 23-34. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/pdf/inhrr/v39n2/art05.pdf>
- Lee, E.; Schwab, K. (2005). Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries. *J. Water Health*, 3(2): 109-127.
- Lehtola, M.; Torvinen, E.; Kusnetsov, J.; Pitkanen, T.; Maunula, L.; Von Bonsdorff, C.; Martikainen, P.; Wilks, S.; Keevil, C.; Miettinen, I. (2007). Survival of *Mycobacterium avium*, *Legionella pneumophila*, *Escherichia coli*, and caliciviruses in drinking water associated biofilms grown under high-shear turbulent flow. *Appl. Environ. Microbiol.*, 73(9): 2854-2859.
- Lenntech. (2014). Estándares de calidad del agua potable. Regulaciones concernientes a la calidad del agua para consumo humano. Disponible en: <http://www.lenntech.es/estandares-de-calidad-del-agua.htm>
- Malavé, A; Carrero, P; Lemus, M; García, M. (2009). Contenido de boro en plantaciones de café (*Coffea arabica L.*) en dos localidades cafetaleras de Venezuela. *Idesia*, 27(1): 7-12.
- Malavé, A.; Maza, F. (2015). América Latina ¿Epicentro de la Bioeconomía Mundial?: Caso Agroindustria del Café. Primera Edición, Ediciones UTMACH (Universidad Técnica de Machala), ISBN: 978-9942-24-028-6. Machala – Ecuador.
- Mapas-Venezuela. 2016. Densidad poblacional de Venezuela. Disponible en: <http://www.a-venezuela.com/mapas/map/html/densidadpoblacional.html>
- Marchetti. (2016). Conoce el gran Turimiquire. El Blog de Marchetti. Disponible en: <http://elblogdemarchetti.blogspot.com/2010/08/conoce-el-gran-turimiquire.html>
- Michael-Kordatou, I.; Michael, C.; Duan, X.; He, X.; Dionysiou, D.; Mills, M.; Fatta-Kassinos, D. (2015). Dissolved effluent organic matter: Characteristics and potential implications in wastewater treatment and reuse applications. *Water Res.* 77(1): 213-248.
- Munavalli, G.; Mohan-Kumar, M. (2005). Water quality parameter estimation in a distribution system under dynamic state. *Water Res.*, 39(18): 4287-4298.
- Nawrocki, J.; Raczyk-Stanislawiak, U.; Świetlik, J.; Olejnik, A.; Sroka, M. (2010). Corrosion in a distribution system: steady water and its composition. *Water Res.*, 44(6): 1863-1872.
- Oliveira, B.; Barreto-Crespo, M.; San Romão, M.; Benoliel, M.; Samson, R.; Pereira, V. (2013). New insights concerning the occurrence of fungi in water sources and their potential pathogenicity. *Water Res.*, 47(16): 6338-6347.
- Oliveira, H.; Santos, C.; Paterson, R.R.; Gusmão, N.; Lima, N. (2016). Fungi from a groundwater-fed drinking water supply system in Brazil. *Int. J. Environ. Res Public Health*, 13(3): 304.
- Oliveros-Tascón, C.; Sanz-Urbe, J.; Montoya-Restrepo, E.; Ramírez-Gómez, C. (2011a). Equipo para el lavado ecológico del café con mucílago degradado con fermentación natural. *Rev. Ing. (Colombia)*, N° 33: 61-67. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n33/n33a8.pdf>
- Oliveros-Tascón, C.; Sanz-Urbe, J. (2011b). Ingeniería y café en Colombia. *Rev. Ing. (Colombia)*, N° 33: 99-114. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n33/n33a11.pdf>
- Oliveros-Tascón, C.; Sanz-Urbe, J.; Ramírez-Gómez, C.; Tibaduiza, C. (2013). Ecomill tecnología de bajo impacto para el lavado del café. *Avances Técnicos N° 432, Cenicafe*. 8 p. Disponible en: <http://www.cenicafe.org/es/publications/avto432.pdf>
- OMS. (2006). Guías para la calidad del agua potable. Recomendaciones, Organización Mundial de la Salud. Vol. 1. Tercera Edición. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- Peñuela, A. (2010). Estudio de la remoción de mucílago de café a través de fermentación natural. Tesis de Maestría – Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Universidad de Manizales, Colombia. 84 p. Disponible en: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/1072/1/Pe%C3%B1uela_Martinez_Aida_Esther_2010.pdf
- Pereira, V.; Marques, R.; Marques, M.; Benoliel, M.; Barreto-Crespo, M. (2013). Free chlorine inactivation of fungi in drinking water sources. *Water Res.*, 47(2): 517-523.

- Pérez, R. (2003). ¿Existe el método científico?. México: Ciencia para todos. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/161/html/metodo.html>
- Petrie, B.; Barden, R.; Kasprzyk-Hordern, B. (2015). A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: Current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. *Water Res.*, 72(1): 3-27.
- Puerta, G. 2006. Buenas prácticas agrícolas para el café. *Avances Técnicos* 349. CENICAFÉ, Colombia. 12 p. Disponible en: <http://www.cenicafe.org/es/publications/avto349.pdf>
- Rice, E.; Baird, R.; Eaton, A.; Clesceri, L. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd Edition. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), and Water Environment Federation (WEF).
- Rice, J.; Westerhoff, P. (2014). Spatial and temporal variation in de facto wastewater reuse in drinking water systems across the U.S.A. *Environ. Sci. Technol.*, 49(2): 982-989.
- Roa, G.; Oliveros, C.E.; Álvarez, J.; Ramírez, C.A.; Sanz, J.R.; Dávila, M.T.; Álvarez, J.R.; Zambrano, D.A.; Puerta, G.I.; Rodríguez, N. (1999). Beneficio Ecológico del café. Chinchiná (Colombia), Cenicafé. 300 p.
- Rodríguez, N. (2009). Estudio de un biosistema integrado para el postratamiento de las aguas residuales del café utilizando macrófitas acuáticas. Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia, España. Disponible en: <http://riunet.upv.es/handle/10251/4342>
- Sammon, N.; Harrower, K.; Fabbro, L.; Reed, R. (2010). Incidence and distribution of microfungi in a treated municipal water supply system in sub-tropical Australia. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 7(4): 1597-1611.
- Silva-Acuña, R.; Velásquez, L. y Barrios, R. (2010). El status quo de la caicultura en Caripe – Monagas. Disponible en: <http://es.calameo.com/books/00281388194c01508b3aa>
- Siqueira, V.; Oliveira, H.; Santos, C.; Paterson, R.; Gusmão, N.; Lima, N. (2011). Filamentous fungi in drinking water, particularly in relation to biofilm formation. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 8(2): 456-469.
- Siqueira, V.; Oliveira, H.M.; Santos, C.; Paterson, R.R.; Gusmão, N. Lima, N. (2013). Biofilms from a Brazilian water distribution system include filamentous fungi. *Can. J. Microbiol.*, 59(3): 183-188.
- Sonigo, P.; De Toni, A.; Reilly, K. (2011). A review of fungi in drinking water and the implications for human health. Report Bio Intelligent Service, France. Disponible en: <http://dwi.defra.gov.uk/research/completed-research/reports/dwi70-2-255.pdf>
- Stanfield, G.; LeChevallier, M.; Snozzi, M. (2003). Treatment efficiency. In: *Assesing microbial safety of drinking water: Improving approaches and methods*. London, U.K.: IWA Publishing. pp. 159-178.
- Stauber, C.; Wedgworth, J.; Johnson, P.; Olson, J.; Ayers, T.; Elliott, M.; Brown, J. (2016). Associations between Self-Reported Gastrointestinal Illness and Water System Characteristics in Community Water Supplies in Rural Alabama: A Cross-Sectional Study. *PLoS ONE* 11(1): e0148102. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4731071/pdf/pone.0148102.pdf>
- Szewzyk, U.; Szewzyk, R.; Manz, W.; Schleifer, K. (2000). Microbiological safety of drinking water. *Annu. Rev. Microbiol.*, 54(1): 81-127.
- USAID. (2003). Guía de prevención de la contaminación para el beneficiado de café en El Salvador. Disponible en: http://cdam.minam.gob.pe/multimedia/contaminacion_industrial/PDF%20files/Original_CD_PDF/alimento/a0001.pdf
- Valencia, E.; Aragón, R.A.; Romero, J. (2012). Potencial de reutilización del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales Nátaga en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L). *Rev. Act. Div. Cient.*, 15(1): 77-86.
- Wilkinson, J.; Swinden, J.; Hooda, P.; Barker, J.; Barton, S. (2016). Markers of anthropogenic contamination: A validated method for quantification of pharmaceuticals, illicit drug metabolites, perfluorinated compounds, and plasticisers in sewage treatment effluent and rain runoff. *Chemosphere*, 159(1): 638-646.