PROTEGER EL HILO DE LA VIDA

la salud de las cuencas hidrográficas en beneficio de las comunidades y del cultivo orgánico del café

PROTEGER EL HILO DE LA VIDA:

la salud de las cuencas hidrográficas en beneficio de las comunidades y del cultivo orgánico del café

Investigadores
Dra. Nikki Roach
Dra. Beth Polidoro
Dr. Thomas Lacher

Asistentes en Colombia
Daniela Acosta Florez
Silvia Salas Coronado
Emerson Javier Carillo Mendoza
Catalina Pérez

Colaboradores Colombia
Dr. José F. González-Maya
Dr. Diego A. Zárrate-Charry
Biól. Catalina Moreno-Díaz

Colaboradores México
Dr. Gerardo Ceballos
M. en C. Jesús Pacheco

Agradecemos a la Federacion Nacional de Cafeteros de Santa Marta por su apoyo a este proyecto.

Arizona State University, Texas A&M University
Universidad Nacional Autónoma de México
ProCAT Colombia

Forma sugerida de citar:
Arizona State University, Texas A&M University, Universidad Nacional Autónoma de México y ProCAT Colombia. 2021. *Proteger el hilo de la vida: la salud de las cuencas hidrográficas en beneficio de las comunidades y del cultivo orgánico del café.* ASU, T A&M U, UNAM y ProCAT Colombia. Santa Marta, Colombia.

Introducción

En 2019 se llevó a cabo el proyecto «Protegiendo el hilo de la vida: mejorando la salud de las cuencas hidrográficas para las comunidades, la agrosilvicultura cafetalera y la conservación». El objetivo de este proyecto fue realizar un estudio piloto para entender mejor el funcionamiento de los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio (SMTA), un sistema de filtración de agua, que busca tal y verificar si efectivamente puede reducir la contaminación de las agua residuales de las fincas cafetaleras.

En octubre de 2019, la Federación Nacional de Cafeteros informó que aproximadamente la mitad de las fincas de la Sierra Nevada de Santa Marta producen café orgánico y utilizan los SMTA. La mayoría son pequeños productores que cultivan menos de cinco hectáreas. El proceso de limpieza y eliminación del fruto del café (mucílago), mediante fermentación natural, requiere grandes cantidades de agua.

Antecedentes

En Colombia, el café es el cultivo cultural y económico por excelencia. En la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), el café se cultiva a altitudes superiores a los 600 metros, cerca de áreas con una gran biodiversidad, de importancia nacional. Siendo Colombia el segundo país en diversidad de anfibios (www.amphibiaweb.org), destaca la SNSM como una de las regiones con mayor biodiversidad en el mundo, pues alberga a más de 47 especies de anfibios. Por su ciclo de vida, los anfibios dependen

tanto de ecosistemas terrestres como de ecosistemas acuáticos. Son muchas las especies de anfibios que comparten recursos con los cafecultores ya que ocupan áreas boscosas de una misma cuenca, para reproducirse y desplazarse dentro de dichas áreas y sus arroyos.

La contaminación del agua limpia de las quebradas por el vertimiento de las aguas residuales del cultivo del café representa una amenaza para la salud general de las cuencas, especialmente para las poblaciones de anfibios nativos. Los anfibios son los vertebrados terrestres más amenazados del mundo por diversas causas. Numerosas especies de anfibios de la Sierra Nevada de Santa Marta son endémicas y están incluidas en la Lista Roja de la UICN como especies amenazadas. El cambio climático, la pérdida de hábitat, las enfermedades y la contaminación han provocado una alarmante disminución de las poblaciones de anfibios en el Neotrópico.

Dado que el cultivo y procesamiento del café dependen en gran medida del agua, resulta fundamental para los agricultores locales las buenas condiciones y funcionalidad de las cuencas hidrográficas.

Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio

Los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio (SMTA) fueron desarrollados por el Cenicafé (programa de investigación) de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, para filtrar y reducir la materia orgánica y posibles contaminantes del agua utilizada para el lavado del café.

Secado de café en una finca en San Pedro, municipio de Ciénaga. Sistemas modulares de tratamientos anaerobios en una Finca en San Javier.

La investigación se llevó a cabo en las localidades de San Pedro y San Javier, municipio de Ciénaga, en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. En esta región, se extienden las cuencas Río Frío y Río Minca, que se unen al río Gaira. Durante el desarrollo del proyecto se muestrearon seis fincas cafetaleras del municipio de Ciénaga y dos fincas del municipio de Santa Marta, en un total de cinco quebradas en zonas cafetaleras (figura 1).

Para hacer el análisis, se recolectaron aguas residuales de diferentes etapas del proceso de lavado del café, incluyendo el despulpe, el lavado y, por último, la fermentación (los términos utilizados en el presente texto están definidos en la tabla 1). Las muestras de agua se pasaron por un filtro de fibra de vidrio para eliminar las partículas finas y los sedimentos; posteriormente, para identificar sustancias químicas o contaminantes orgánicos disueltos, se utilizó un filtro de carbono de grado analítico especializado. Ambos filtros fueron congelados y enviados a un laboratorio de toxicología y química ambiental de la Universidad Estatal de Arizona (Arizona State University) con el fin de detectar residuos de plaguicidas, fungicidas y otros compuestos orgánicos, como bifenilos policlorados o hidrocarburos aromáticos policíclicos, que son compuestos de aislamien-

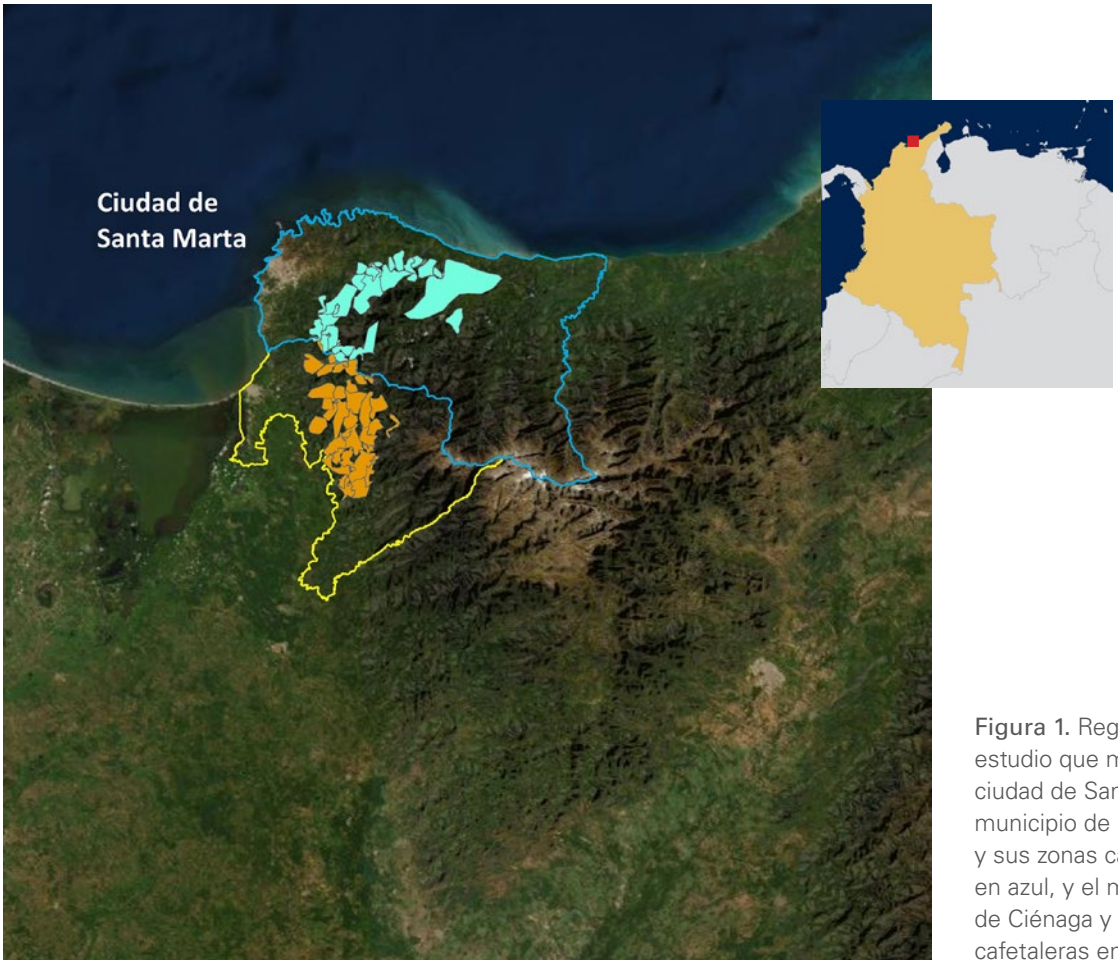


Figura 1. Región de estudio que muestra la ciudad de Santa Marta, el municipio de Santa Marta y sus zonas cafetaleras en azul, y el municipio de Ciénaga y sus zonas cafetaleras en amarillo.

Tabla 1. **Compuestos químicos y términos usados en el informe**		
Compuestos	*Utilidad*	*Impacto en humanos y en vida silvestre*
Nitrógeno (N)	Componente de fertilizante	Impacto en la calidad del agua.
Fosfato (P)	Componente de fertilizante	Impacto en la calidad del agua.
Carbaryl	Insecticida Carbamato	Tóxico y carcinogénico.
Chloroneb	Fungicida	Bajo riesgo para la salud humana; impacto en ecosistemas acuáticos.
PCB	Aislamientos eléctricos y refrigerantes	Riesgos elevados para la salud humana; trastornos tóxicos, mutagénicos.
Términos	*Definición*	*Uso*
SMTA	Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio	Filtrar el agua de lavado de la producción de café.
SPMD	Dispositivos de membrana semipermeable	Dispositivos pasivos para muestreo de contaminantes orgánicos y calidad del agua.

tos eléctricos y refrigerantes o de la combustión de materia orgánica, respectivamente. También se midieron las concentraciones de nitrato-nitrógeno (N) y de fosfato-fósforo (P) en cada sitio con aguas residuales del proceso del café. Estos compuestos son comunes en los fertilizantes.

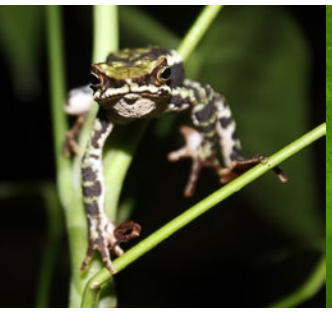
De las quebradas locales se tomaron muestras de las aguas residuales del proceso de lavado del café, en las que se analizaron los niveles de nitrógeno y fósforo. Se implementaron dispositivos de membrana semipermeable (SPMD), que son tiras de plástico, llenas de un lípido especializado, útiles para detectar contaminantes orgánicos en los arroyos.

Se realizó una inspección visual en busca de anfibios, en las quebradas aledañas a las fincas cafetaleras. Se utilizaron datos existentes recolectados en la región de 2017 a 2018, como referencia de la distribución de anfibios en las plantaciones de café y de la cobertura de bosques y cultivos circundantes.

Resultados

No existen niveles detectables de contaminantes orgánicos en los arroyos del sitio de estudio, en los que se colocaron dispositivos de membrana semipermeable (SPMD). El muestreo se realizó a gran altura y en áreas donde el agua de las quebradas fluye rápidamente, lo que reduce

Anfibios endémicos encontrados en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia, en o cerca de fincas cafetaleras.



Atelopus laetissimus (EN)

Atelopus nahumae (EN)

Bolitoglossa savagei (NT)

Pristimantis megalops (NT)

Tabla 2. **Residuos de nitrógeno (N) y fosfato (P) (en mg/l) en quebradas y fincas, antes y después del filtrado del SMTA**

Fecha	*Municipio*	*Sitio*	*Prueba*	*Datos*	*Diluciones*	*Dilución (mg/l)*	*Reducción %*
15-nov-19	Ciénaga/Palmichal	Quebrada 1	P	0.19	NA		
15-nov-19	Ciénaga/Palmichal	Quebrada 1	N	1.5	NA		
15-nov-19	Ciénaga/San Javier	Quebrada 2	N	1.2	NA		
15-nov-19	Ciénaga/San Javier	Quebrada 2	P	0.95	NA		
16-nov-19	Ciénaga/San Pedro	Quebrada 3	N	1.2	NA		
16-nov-19	Ciénaga/San Pedro	Quebrada 3	P	0.8	NA		
3-dic-19	Ciénaga/San Javier	Finca 1 Despulpe	N	31.3	5	156.5	
3-dic-19	Ciénaga/San Javier	Finca 1 Despulpe	P	1.63	4	6.52	
3-dic-19	Ciénaga/San Javier	Finca 1 SMTA	N	17.3	3	51.9	66.84%
3-dic-19	Ciénaga/San Javier	Finca 1 SMTA	P	2.2	2	4.4	32.52%
7-dic-19	Ciénaga/Palmichal	Finca 2 Lavado	N	32.3	3	96.9	
7-dic-19	Ciénaga/Palmichal	Finca 2 Lavado	P	2.52	3	7.56	
7-dic-19	Ciénaga/Palmichal	Finca 2 SMTA	N	23.2	3	69.6	28.17%
7-dic-19	Ciénaga/Palmichal	Finca 2 SMTA	P	1.9	3	5.7	24.60%

la acumulación de cualquier contaminante que pudiera estar presente en las fuentes puntuales. Es probable que haya acumulación de contaminantes en elevaciones más bajas, en aguas con movimiento más lento, por lo que se recomienda futuros análisis.

También se midieron los niveles de nitrógeno y de fosfato en muestras de agua procedente de las quebradas y de sitios de procesamiento del café, tanto antes como después de la filtración con los SMTA (tabla 2). Los niveles fueron consistentemente bajos en corrientes de flujo libre; elevados en el agua empleada para lavar el café, antes de la filtración, pero el tratamiento con SMTA redujo los niveles de nitrógeno entre 28 y 67 por ciento, y los niveles de fosfato entre 25 y 33 por ciento. Esto tiene relevancia ya que la alta concentración de estos compuestos puede generar el crecimiento de algas bajando el nivel de oxígeno en el agua para peces y ranas.

Lista Roja de la UICN:
EN = Amenazada
VU = Vulnerable
NT = Casi Amenazada
LC = Menor Preocupación
● Prefieren el agua
● Prefieren el bosque
● En plantaciones de café

Boana boans (LC) ●

Ikakogi tayrona (VU) ● ●

Colostethus ruthveni (NT) ●

Cryptobatrachus boulengeri (VU) ● ●

Los análisis de residuos de plaguicidas y fungicidas en el agua antes y después del lavado también demostraron la eficacia de los SMTA. El único plaguicida persistente fue Carbaryl, que ha sido extensa y prolongadamente utilizado en la agricultura cafetera. Los filtros redujeron los niveles de Carbaryl entre 17 y 87 por ciento; la única excepción fue el pequeño aumento detectado en un sitio con niveles muy bajos, tanto antes como después del lavado (tabla 3, figura 2). Todas las muestras arrojaron niveles de Carbaryl por debajo del nivel a partir del cual ocurre el deterioro de la vida acuática, de acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (2,1 ppb); también se detectó el fungicida Chloroneb, cuya reducción entre 8 y 78% mediante filtración quedó demostrada (tabla 4, figura 3).

Tabla 3. **Residuos detectados del plaguicida Carbaryl y cambio porcentual antes y después del tratamiento con los SMTA**

Finca muestreada	*Réplica*	*Residuo ppb*	*Réplica Promedio*	*Reducción %*
Finca 1 antes de despulpe	1	0.076	0.661	63%
Finca 1 antes de despulpe	2	1.806		
Finca 1 antes de repl-despulpe	3	0.101		
Finca 1 después de SMTA	1	0.420	0.251	
Finca 1 después de repl-SMTA	2	0.081		
Finca 2 antes de lavado	1	0.000	0.017	+106%
Finca 2 antes de repl- lavado	2	0.034		
Finca 2 después de SMTA	1	0.000	0.035	
Finca 2 después de repl-SMTA	2	0.069		
Finca 3 antes de fermentación	1	0.763	0.763	87%
Finca 3 después de SMTA	1	0.099	0.102	
Finca 3 después de repl-SMTA	2	0.104		
Finca 4 antes de lavado	1	0.111	0.125	17%
Finca 4 antes de repl-lavado	2	0.138		
Finca 4 después de SMTA	1	0.062	0.104	
Finca 4 después de repl-SMTA	2	0.145		

Réplica indica una réplica para ese sitio. Todos los valores están por debajo del umbral de detección de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos a partir del cual ocurre deterioro de la vida acuática (2.1 ppb).

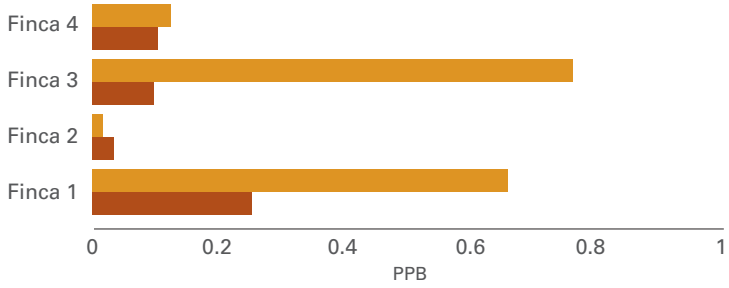


Figura 2. Residuos medios de Carbaryl antes y después de la filtración con SMTA.

Finalmente, se detectaron bifenilos policlorados (PCB) en sólidos en suspensión a niveles considerados como peligrosos para la salud acuática. En tres de seis casos excedieron el límite recomendado por la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica (NOAA, de Estados Unidos) que es de 0.03 ppm de PCB sumados, como sedimentos suspendidos en agua dulce. Fuentes de PCB pueden ser transformadores o dispositivos eléctricos desechados, líquidos refrigerantes, entre otros. Recomendamos tener precaución en la disposición final de estos desechos ya que los PCB persisten en el tiempo (décadas) y pueden representar un grave riesgo para la salud humana y ambiental.

Tabla 4. **Residuos detectados del fungicida Chloroneb y cambio porcentual antes y después de los tratamientos con SMTA**

Finca muestreada	*Réplica*	*Residuo ppb*	*Réplica Promedio*	*Reducción %*
Finca 1 antes de despulpe	1	1.550	4.875	32%
Finca 1 antes de despulpe	2	11.335		
Finca 1 antes de repl-despulpe	3	1.741		
Finca 1 después de SMTA	1	5.447	3.295	
Finca 1 después de repl-SMTA	2	1.142		
Finca 2 antes de lavado	1	2.664	1.805	8%
Finca 2 antes de repl- lavado	2	0.946		
Finca 2 después de SMTA	1	2.189	1.655	
Finca 2 después de repl-SMTA	2	1.120		
Finca 3 antes de fermentación	1	15.052	15.052	78%
Finca 3 después de SMTA	1	2.714	3.213	
Finca 3 después de repl-SMTA	2	3.712		
Finca 4 antes de lavado	1	5.820	3.69	32%
Finca 4 antes de repl- lavado	2	1.550		
Finca 4 después de SMTA	1	1.301	2.5	
Finca 4 después de repl-SMTA	2	3.688		

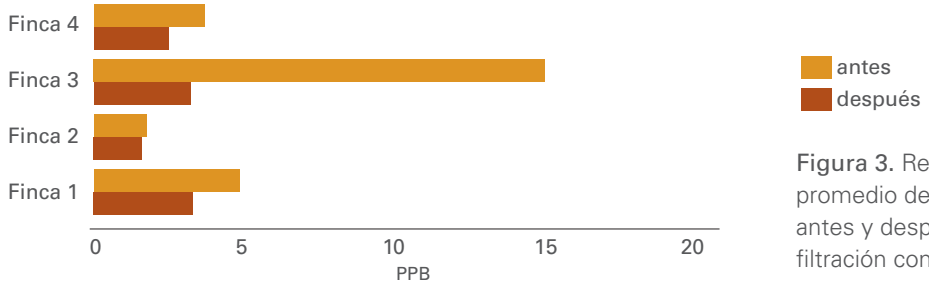


Figura 3. Residuos promedio de Chloroneb antes y después de la filtración con SMTA.

Las investigadoras de campo Daniela Acosta y la Dra. Nikki Roach: a) muestreando un sitio de arroyo; b) colocando un SPMD en uno de los sitios del arroyo, y c) recolectando muestras de aguas residuales del proceso de filtración de los SMTA.

Retos

Como retos asociados a este proyecto se pueden enunciar los siguientes: fue difícil encontrar agricultores que quisieran participar en la investigación, pues había suspicacia sobre el uso que se le daría a la información referente a la calidad del agua (algunos pensaban que podía ser utilizada para verificar si su finca era realmente orgánica o no). También hubo dificultades para encontrar agricultores que realmente tuvieran SMTA en funcionamiento. Muchos nunca han tenido uno y quienes sí, podían tenerlos rotos o sin ser utilizados. Por último, se encontraron fincas orgánicas que rocían lo que parece ser plaguicida o herbicida, tanto en las tierras de la finca como en áreas cercanas. Se cuenta con testimonio gráfico de personas lavando tanques en una quebrada, debajo de la finca de café. Esto es complicado ya que pone

en entredicho la certificación orgánica y podemos suponer que el uso de agroquímicos está impactando adversamente el estado del agua y del suelo. Es importante la revisión de estándares orgánicos, así como verificar el uso de sellos por parte de Cenicafe para fincas orgánicas, ya que dependiendo de la región productora de café será la regulación de los diversos elementos.

Recomendaciones

1. Proveer a los agricultores que de manera voluntaria lo acepten, de un SMTA o de tecnología similar, junto con un programa de mantenimiento regular de los equipos. La eficacia de cada sistema estará en función de la edad del equipo y del mantenimiento que se le dé.
2. Apoyar la restauración del ecosistema y la reforestación, especialmente a lo largo de las quebradas, enfatizando la reducción e incluso, eliminación de basura. Ello impactaría benéficamente la situación de la cuenca hidrográfica en su conjunto.
3. Apoyar de manera continua las prácticas orgánicas.
   a) Apoyo *in situ* de las prácticas orgánicas, proporcionando híbridos de café resistentes a la roya y ofreciendo asesoría técnica.
   b) Reducir el uso de plaguicidas (insecticidas y herbicidas). Algunos agricultores quizá no sepan que están usando estos productos.
   c) Generar material de apoyo que permita a los agricultores diferenciar entre prácticas y elementos agrícolas con plaguicidas de los que no implican plaguicidas, de modo que puedan hacer un mejor manejo orgánico de su predio y cultivo.
   d) Presentar opciones y protocolos de manejo de elementos orgánicos que sean efectivos en términos de costo, con los que puedan reemplazar los agroquímicos.
   e) Mejorar las pautas de certificación para que más agricultores puedan adoptar las prácticas de cultivo orgánico y ser certificados.
4. Generar y proponer estrategias que recompensen los esfuerzos de los productores por hacer su producción más sostenible.
   a) Facilitar el acceso a beneficios como resultado de la implementación de prácticas que mejoren las condiciones de vida de la fauna.
   b) Construir canales de comunicación entre productores, autoridades y gremios, que reconozcan y valoren el rol de unos y otros en la conservación de la cuenca.
   c) Incrementar protocolos y estrategias de siembra que favorezcan el uso de coberturas diversas con el fin de mejorar los servicios ecosistémicos que prestan las unidades productivas.
   d) Atender el manejo de residuos sólidos.

5. Realizar talleres en colaboración con las comunidades locales con el objetivo de desarrollar una cultura de cultivo sostenible de café orgánico.
6. Explorar posibles técnicas de adaptación al cambio climático o de aclimatación.
   a) Más investigación sobre híbridos del café que sean resilientes al clima.
   b) Explorar qué cultivos pueden complementar los ingresos de los cafecultores.
   c) Realizar encuestas entre los agricultores para conocer qué fincas están implementando prácticas climáticamente inteligentes, como lavado en seco, o usando infraestructura que emplee menos agua, y presentarlas como ejemplo o demostración.
   d) Desarrollar programas de extensión para proporcionar tecnología e incentivos a los agricultores que mejoren la sostenibilidad de su práctica agrícola.
7. Mejorar el apoyo financiero a los agricultores.
   a) Acercar los recursos directamente a los pequeños agricultores, por ejemplo.
   b) Fortalecer la gobernanza de los agricultores, involucrándolos a todos, de manera que, a largo plazo, sean ellos quienes gestionen sus propios recursos.
   c) Propiciar que se agrupen para crear un programa que construya nuevos beneficiarios.

Literatura relevante

Federación Nacional de Cafeteros. 2009. *Comité Departamental de Cafeteros de Magdalena*. Informe Comités Departamentales, Federación Nacional de Cafeteros, Santa Marta, Colombia.

Federación Nacional de Cafeteros. 2015. *Informe de Sostenibilidad 2015 - 2018*. Informe de Sostenibilidad, Federación Nacional de Cafeteros, Santa Marta, Colombia.

Federación Nacional de Cafeteros – Cenicafé. 2019. *Dispositivos para el óptimo funcionamiento hidráulico de los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio (SMTA).* Boletín Técnico Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

Robinson, D.E. y A. Mansingh. 1999. Insecticide contamination of Jamaican environment. IV. Transport of residues from coffee plantations in the Blue Mountains to coastal waters in eastern Jamaica. *Environmental Monitoring and Assessment* 54:125-141.

Siu-Rodas, Y., G. Mejía-González, J. Mejía-Saavedra y J. Pohlan. 2007. Heavy metals in wet method coffee processing wastewater in Soconusco, Chiapas, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 78(5):400-404. doi: 10.1007/s00128-007-9094-x.

Zayas-Pérez, T., G. Geissler y F. Hernández F. 2007. Chemical oxygen demand reduction in coffee wastewater through chemical flocculation and advanced oxidation processes. *Journal of Environmental Sciences.* 19(3):300-305. doi: 10.1016/S1001-0742(07)60049-7.