

# El caso del agua que sube: monitoreo participativo del agua en sistemas agroecológicos de producción

LUCAS TEIXEIRA FERRARI, JOANA JUNQUEIRA, IRENE MARIA CARDOSO, LUCAS MACHADO PONTES, ADRIELLEM LIDIA MARTA SOARES DA SILVA, EDUARDO DE SÁ MENDONÇA

Las características del suelo están estrechamente relacionadas con la dinámica del agua. ¡Finalmente el agua es parte del suelo! El suelo está compuesto de partículas minerales, materia orgánica, agua y aire. El aire y el agua ocupan los poros del suelo. Las condiciones del suelo determinan la cantidad de agua de lluvia que se escurrirá por la superficie o se infiltrará. Al escurrirse, el agua lleva lo que está en su camino, llegando hasta los arroyos, ríos y al mar. Al infiltrarse, el agua es purificada por el suelo. Parte del agua infiltrada irá a las capas freáticas y de estas de nuevo a la superficie, formando manantiales; otra parte del agua infiltrada se almacena en los acuíferos, logrando que los manantiales no se acaben en los periodos de sequía. De esa manera, las condiciones del suelo determinan tanto la cantidad como la calidad de las aguas superficiales y de los acuíferos.

Por supuesto cada tipo de suelo, asociado a las condiciones de clima y relieve, determina la dinámica natural de las aguas, pero el manejo de los suelos en la actividad agrícola interfiere de forma bastante significativa con estos procesos. Las principales causas de interferencia en la dinámica del agua a través del manejo de los suelos se refieren a la cobertura del suelo, a su grado de compactación y a su contenido de materia orgánica, ya que estas condiciones influyen directamente en la cantidad de agua que se infiltra o se escurre.

Al dejar el suelo sin cobertura vegetal, queda desprotegido contra el sol y el impacto de las gotas de lluvia, y el proceso de escorrentía superficial aumenta en relación al proceso de infiltración. La falta de cobertura provoca asimismo la presencia de una baja can-

tidad de materia orgánica en el suelo, que es un agente muy importante en la formación de agregados y, por lo tanto, de los poros del suelo. La capacidad de infiltración de agua también disminuye cuando el suelo está muy compactado, debido al uso intensivo de maquinaria agrícola o al pisoteo excesivo del ganado en los pastos o los campos cosechados.

Al reducir el proceso natural de infiltración de agua en el suelo, la cantidad de agua de los manantiales disminuye gradualmente y la escorrentía excesiva puede desencadenar procesos de erosión, perjudicando al suelo y los cultivos por lavado de los nutrientes en la superficie, lo que causa finalmente eutrofización o crecimiento excesivo de algas en los cuerpos de agua. En consecuencia, el manejo agroecológico de los suelos en una propiedad rural puede representar una importante estrategia para la conservación y recuperación de los recursos hídricos, frente al reto de equilibrar la conservación del medio ambiente y la producción agrícola.

## Situación y contexto

La Zona del Bosque de Minas Gerais, región donde se realizó el trabajo, se localiza en el bioma Bosque Atlántico, considerado por algunos científicos como la quinta área más rica de especies endémicas y amenazadas del planeta. Los suelos de la región son profundos y el terreno es accidentado. Esto conduce a la formación de numerosos manantiales y pequeñas acequias. Estas características hacen

que muchas áreas estén consideradas como Áreas de Protección Permanente (APP). El Bosque Atlántico, que abarcaba la mayor parte de la región, estaba siendo sustituido principalmente por pastos y plantaciones de café. Con la 'modernización' de la agricultura a partir de los años 70, se comenzó a utilizar intensamente insumos químicos. Esto ha contribuido a la degradación ambiental, ocasionando principalmente la disminución de los rendimientos de los cultivos y el debilitamiento de la agri-



Los estudiantes de la EPT Puris Araponga – MG, realizan el análisis de calidad del agua con el laboratorio portátil

Foto: Autores

cultura familiar. Sin embargo, la agricultura familiar sigue predominando en la mayoría de los municipios de la Zona Boscosa de Minas Gerais. Muchos de estos municipios están situados en las inmediaciones del Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, uno de los últimos remanentes de Bosque Atlántico que aún se conservan en el Estado.

Como alternativa al modo de producción agrícola predominante, desde

## Sistemas Agroforestales

Los SAFs son formas de cultivo múltiple basadas en la interacción entre los árboles y plantas que se manejan en la producción agrícola o ganadera. Entre otros beneficios generados por los árboles, podemos destacar el mayor aporte de materia orgánica y la cobertura del suelo, lo que proporciona un mejor reciclaje de nutrientes, mejorando la estructura del suelo y reduciendo la erosión. Por lo tanto, el cultivo en SAFs es eficiente en retención de agua y aporte de nutrientes a las plantas, además de promover el control biológico de plagas y enfermedades a causa de la biodiversidad del sistema, reduciendo la necesidad de riego, fertilización química y orgánica y, principalmente, de pesticidas.

mayoría de las propiedades estudiadas y donde los hijos de los agricultores cursan la secundaria integrada con cursos de técnicas agrícolas, con énfasis en agroecología. El monitoreo de la cantidad de agua no ha comenzado todavía. Cada propiedad tiene sus propias peculiaridades que dificultan los métodos de medición de flujo. En algunas propiedades fueron instalados alivadores con la ayuda de los agricultores para medir el flujo de las acequias que pasan a través de las mismas, pero en otras propiedades su instalación es bastante difícil, así que el flujo se medirá en la manera que más se adecue a cada situación. Es importante que los flujos sean medidos por lo menos cada semana durante todo el año, de esa forma no se busca comparar los valores del flujo entre los diferentes tipos de manejo, sino la variación del flujo a lo largo del año, teniendo en cuenta las condiciones naturales adversas en las cuales se encuentran los agroecosistemas.

Para complementar los datos de cantidad de agua, tratando de tener una idea del balance hídrico en cada agroecosistema, serán instaladas estaciones pluviométricas en las propiedades y medidores de erosión en las plantaciones de café o en los pastizales.

### Las experiencias sistematizadas El caso del manantial que "sube"

Esta es la experiencia agroecológica de la pareja de agricultores Paulinho y

mediados de los 80, se están construyendo en varios municipios de la región muchas iniciativas destinadas a desarrollar sistemas agrícolas más sostenibles. En esta construcción hay un fuerte proceso de interacción entre las organizaciones de agricultores familiares, la Universidad Federal de Viçosa (UFV) y el Centro de Tecnologías Alternativas da Zona de Mata (CTA-ZM), destinado a la construcción del conocimiento agroecológico (Cardoso y Ferrari, 2008). En este proceso, los agricultores han desarrollado varias experiencias agroecológicas diferentes en sus propiedades, en particular los sistemas agroforestales (SAF, Recuadro 1) con café y pastos, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las familias y la calidad del medio ambiente. Se puede considerar que muchas explotaciones familiares están en un proceso más o menos avanzado de transición agroecológica, cada uno con sus propias peculiaridades.

Los largos años de experiencias llevadas a cabo por los agricultores han permitido el desarrollo de agroecosistemas más sostenibles, tanto del punto de vista socioeconómico como medioambiental (Cardoso y Ferrari, 2008). Entre los aspectos ambientales, es de destacar la mejora de la calidad del suelo, el aumento de la agrobiodiversidad y la recuperación/conservación de los recursos hídricos (Souza y otros, 2010). Estas mejoras representan importantes servicios ambientales prestados por los agricultores que realizan un manejo agroecológico en sus propiedades.

Los SAFs de la región fueron implementados en un proceso de experimentación participativa, recientemente sistematizado (Souza y otros, 2010). Durante la sistematización, muchos agricultores afirman haber recuperado manantiales después que comenzaron a utilizar prácticas agroecológicas, especialmente los SAFs, en el manejo de sus propiedades. Sin embargo, la sistematización evidenció la necesidad de estudiar el efecto del manejo agroecológico de los recursos hídricos, con vistas al reconocimiento y valoración de los servicios ambientales proporcionados por este tipo de manejo y la expansión de las experiencias existentes.

Estas experiencias son de gran relevancia en el actual contexto de discusión sobre el código forestal, al relacionar la adecuación de la producción agrícola familiar con la conservación del medio ambiente, ya que cada propiedad familiar presenta una fracción significativa de APP en relación con el área total.

### Proyecto de investigación: gestión de recursos hídricos y manejo agroecológico de los suelos

Con el objetivo de generar conocimiento para fortalecer el manejo agroecológico como estrategia para la recuperación y/o conservación del agua en las zonas rurales y fortalecer la agricultura familiar en la región, un grupo de profesores y estudiantes de la UFV, en colaboración con la CTA y la Escola Família Agrícola Puris de Araponga (EPT Puris), está sistematizando experiencias agroecológicas de familias de agricultores con respecto al manejo de manantiales, comparándolas con otras experiencias de manejo convencional en el municipio de Araponga, Zona del Bosque de Minas Gerais. En la sistematización se busca levantar, utilizando entrevistas semiestructuradas, informaciones relacionadas con la historia del manejo de la propiedad y su relación con los recursos hídricos existentes.

Además de la sistematización, están siendo monitoreadas la calidad y la cantidad del agua que pasa por cada una de las experiencias evaluadas. Los análisis de la calidad del agua se están llevando a cabo junto con los agricultores en sus propiedades, utilizando un laboratorio portátil de análisis de agua. De esta forma, se da prioridad a la construcción conjunta de conocimiento, ya que los agricultores pueden familiarizarse con los métodos científicos que suelen utilizarse normalmente fuera de su realidad. Los principales análisis realizados por el laboratorio portátil son: oxígeno disuelto (OD), pH, hierro, fósforo, nitrógeno amoniacal, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y coliformes.

Hasta el momento se ha realizado el análisis de calidad del agua en solo una de las propiedades y en la EFA Puris, que se encuentra en la misma comunidad en la cual están ubicadas la

Fia, de la comunidad de São Joaquim en Araponga. El manejo adoptado en la propiedad proporcionó, además de una producción más rentable y la mejoría en la calidad de vida, una recuperación de los manantiales existentes en la propiedad (Carneiro y otros, 2009).

Desde que el terreno fue adquirido a través del proceso de conquista conjunta de la tierra (Carneiro y otros, 2009), durante años el manejo de la propiedad



En la propiedad de los agricultores Fia y Paulinho, se aprecia la recuperación de los nacimientos de agua por reforestación de las partes altas de la colinas

Foto: Autores

fue para recuperar sus manantiales. Con autonomía para llevar a cabo sus propias experiencias, cercaron un área pequeña alrededor del manantial y a lo largo del curso de agua. Junto con esto, lograron manejar los pastizales sin dañar los manantiales y arroyos y sin dejar el suelo expuesto, controlando el número de animales y dejando que los árboles crezcan de forma espontánea. También dejaron crecer muchos árboles en la cima de las colinas e implementaron prácticas agroforestales en los cultivos de café, utilizando abonos orgánicos y abono verde con los recursos que disponían.

Como resultado, un área degradada cuyo manantial apenas abastecía a dos familias logró recuperarse y su manantial –después de 18 años– abastece ahora a siete familias. El área protegida –cercada alrededor del manantial y del curso de agua– es inferior a la establecida por la ley, porque la propiedad de la familia es pequeña. Sin embargo, el

manejo integrado entre los agroecosistemas favoreció la recuperación de los manantiales.

#### Otras experiencias agroecológicas importantes

El agricultor Ângelo que, después de cercar los manantiales de su propiedad en un radio de 4 a 5 metros, adoptó los SAFs y deshirió las plantaciones de café, informó que el flujo de los manantiales había aumentado en pocos años. Sin embargo, la experiencia del agricultor deja en claro que el manejo debe buscar la integración de los agroecosistemas; por ejemplo, no sirve de nada cercar manantiales, si el resto de la propiedad no es manejada pensando en la conservación del agua.

El agricultor Vicente dijo haber recuperado el manantial que, según el anterior dueño de la finca, ya no existía. Sin embargo, ahora puede abastecer a dos familias. Según Vicente, el manantial es un lugar “sagrado” y mucha gente queda encantada de verlo, pero a él le gusta mostrarles primero la cima de la colina cubierta de árboles: “allí se encuentra la causa, el manantial es solo una consecuencia”. El cafetal y los pastizales son cultivados como SAFs y manejados para conservar la calidad del suelo; nunca se le deja expuesto, sin cobertura, y asimismo se evita su compactación, lo que favorece la infiltración del agua. El manejo de los pastizales se realiza con el sistema de rotación del ganado en diferentes potreros y, según lo informado por el agricultor, el ganado prefiere las zonas con más sombra.

En otra propiedad, también adquirida a través de la compra conjunta de tierras, el agricultor João dos Santos subrayó que lo importante es proteger el suelo y esto se puede hacer de varias maneras. El agricultor recuerda que cuando adquirió su propiedad, el suelo estaba muy degradado, plantas como la cola de burro (*Sedum morganianum*), romero (*Rosmarinus officinalis*) y lantana (*Lantana camara*) predominaban en el área, que antes era un potrero con áreas de suelo expuesto, donde había pisoteo excesivo del ganado y siempre faltaba agua en la temporada de sequía. A partir de entonces, comenzaron a plantar café en SAF y cultivos de cobertura como la mucuna (*Mucuna pru-*

*riens*), maní forrajero (*Arachis pintoi*) y lab-lab (*Lablab purpureus*). Desde 2006, en ninguna época del año el manantial se ha vuelto a secar. Según este agricultor, el maní forrajero es muy eficiente en la protección del suelo, especialmente en zonas escarpadas, aunque es muy difícil controlarlo. Hoy, toda la lluvia que cae sobre los cultivos se infiltra, sin que se produzcan inundaciones.

João dos Santos cuenta que también ha manejado el área alrededor del manantial de agua que abastece a su familia y a algunos vecinos, plantando *samambaiucu* (*Cyathea dichromatolepis*), banana y cuentalágrimas (*Coix lacrymiflora* L.) en curvas de nivel, además de dejar crecer más la hierba. Ahora se da cuenta de que hay mucho más agua y se enorgullece de ver el fruto de su trabajo de recuperación. Cuenta que el vecino de debajo de su propiedad le agradece por el trabajo realizado, al ver la mejora en la calidad y cantidad de agua.

#### La experiencia con el manejo convencional

Se estudió otra propiedad de aproximadamente 80 hectáreas, más grande que las propiedades anteriormente mencionadas, y poseedora de tres manantiales que abastecen a cinco casas y a un grupo escolar. La propiedad de la tierra tiene dos hijos y un socio, quienes se dividen el trabajo, incluyendo los cultivos de café, caña de azúcar para destilar y la crianza de animales. En las plantaciones de café utilizan con frecuencia el herbicida Roundup, así como fertilizantes orgánicos y químicos, y siembran maíz entre las hileras. La caña siempre fue plantada en el mismo lugar. Además, los cursos de agua no están cercados y el ganado y otros animales transitan libremente en sus márgenes. Durante la estación seca, se riegan los campos de frijol eventualmente.

Por lo tanto, esta propiedad puede ser considerada de manejo convencional, importante para ser comparada con las propiedades consideradas agroecológicas en lo que respecta a los recursos hídricos existentes. En el caso de esta propiedad, el agricultor entrevistado, socio de la propiedad, informó que hace siete años casi se acaba el agua, pero espontáneamente los manantiales fueron recuperándose cuando la vege-

tación iba creciendo, debido a la falta de mano de obra y dinero para llevar a cabo trabajos en la propiedad.

### **Análisis de la calidad del agua**

Durante la realización del análisis de agua en la propiedad de la familia de Paulinho y Fia, el momento fue propicio para discutir con ambos agricultores sobre los parámetros de calidad y las posibles causas de contaminación del agua.

Se detectó un alto contenido de hierro en el agua, lo que de acuerdo a la FIA es común, debido al alto contenido de este elemento en los suelos de la región. Aunque no presenta riesgos para la salud humana, el exceso de hierro en el agua puede dejar un mal sabor y manchar la ropa. A la entrada y a la salida de la propiedad se encontró un pH bajo. Los análisis de oxígeno disuelto (OD) indicaron una excelente calidad del agua durante todo el curso del arroyo, excepto cuando sale de esta propiedad, justo después del tanque donde se vierten las aguas residuales del lavado del corral de cerdos. Un par de veces, Pau-



**Vertedero improvisado para la medición del flujo en un pequeño embalse para captar el agua dentro de una de las propiedades estudiadas**

Foto: Autores

linho y Fia intentaron criar peces en este acuario pero no tuvieron éxito, probablemente por el bajo contenido de OD.

Es interesante resaltar que en las propiedades rurales familiares, en general, existen problemas de contami-

nación del agua debido a las aguas residuales domésticas y de las crianzas, independientemente de que hayan o no adoptado el manejo agroecológico. Normalmente, las casas están muy cerca de los cursos de agua y del nivel de las aguas subterráneas, debido a la topografía accidentada de la región. Por lo general, los propios agricultores admiten que necesitan mejorar en ese aspecto, pero también necesitan conocer más sobre las alternativas de tratamiento o disminución de los efluentes.

En la EPT, se realizó un taller durante el cual los estudiantes participaron activamente en los análisis químicos y discutieron acerca de los efectos de diferentes tipos de manejo del suelo sobre el agua. Dichos análisis fueron realizados con el agua del arroyo que pasa por la escuela.

### **Consideraciones finales**

Los resultados presentados aquí demuestran el efecto beneficioso del manejo agroecológico del agua y que su conservación está relacionada con el mantenimiento de la biodiversidad en la propiedad y con la mejora de la calidad del suelo. Sin embargo, es necesario continuar con los estudios, sistematizando otras experiencias agroecológicas, así como también experiencias convencionales para la obtención de más elementos para la comparación entre diferentes tipos de manejo. También se tiene que seguir monitoreando la calidad y cantidad de agua en las propiedades estudiadas. Se debe, además, controlar la calidad del agua durante los periodos de transición entre las estaciones seca y lluviosa, acompañando así la estacionalidad de los agroecosistemas.

El trabajo de monitoreo participativo del agua muestra cuánto tiene para contribuir el conocimiento tradicional de los agricultores al desarrollo de la investigación para el diseño de sistemas de producción más equitativos en términos sociales, económicos y ambientales, así como también que la investigación académica puede contribuir al fortalecimiento de las experiencias de los agricultores. ■

### **Lucas Teixeira Ferrari**

Escola Família Agrícola Puris de Araponga - MG  
correo-e: lucasnovais@yahoo.com.br

### **Joana Junqueira Carneiro**

Universidade Federal de Viçosa  
CNPq  
correo-e: joana\_ufv@yahoo.com.br

### **Irene Maria Cardoso**

Departamento de Suelos, Universidade Federal de Viçosa  
correo-e: irene@ufv.br

### **Lucas Machado Pontes**

FAPEMIG  
correo-e: lucasmachadopontes@hotmail.com

### **Adriellem Lidia Marta Soares da Silva**

Universidade Federal de Viçosa (PIBEX)

### **Eduardo de Sá Mendonça**

Departamento de Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo  
correo-e: esmjplia@gmail.com

### **Referencias**

- Sousa H.N., I.M. Cardoso, J.M. Fernandes, F.C. Garcia, V.R. Bonfim, A.C. Santos, A.F. Carvalho, E.S. Mendonça. (2010). **Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome.** *Agroforestry Systems in press.*
- J. Carneiro, I. M. Cardoso, V.D.L. Moreira. (2009). **Agroecologia e Conservação de Água: Um Estudo de Caso no Município de Araponga – MG.** *Revista Brasileira de Agroecologia, anales del VI Congreso Brasileiro de Agroecologia, Curitiba, PR.*
- I. M. Cardoso y E. A. Ferrari. (2006). **Construindo o conhecimento agroecológico: trajetória de interação entre ONG, universidade e organizações de agricultores.** *Agriculturas – v.3, n.4.*