

---

## **EFFECTO DE CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO SOBRE LOS ALMACENAMIENTOS DE CARBONO Y FLUJOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN ÁREAS DEL PÁRAMO DE LAS ÁNIMAS, CAUCA, COLOMBIA**

*Por Marco Rondón, Edgar Amézquita, Enna Díaz, Luis F. Chávez, Liliana Paz & Jesús Chávez*

### **RESUMEN**

Los páramos andinos almacenan importantes cantidades de carbono orgánico en los suelos (COS). Su progresiva conversión hacia cultivos o pasturas afectan los almacenamientos totales de Carbono (ATC) y los flujos de metano y otros gases de efecto invernadero.

Se evaluaron los ATC hasta un metro de profundidad en suelos del páramo de las Ánimas en el departamento del Cauca incluyendo áreas en bosque nativo, vegetación de páramo nativa, cultivos permanentes (papa por más de 10 años) y ganadería permanente. En las mismas áreas, se midieron flujos de metano entre el suelo y la atmósfera.

Los niveles de COS son muy altos en las capas superficiales (20-30%) y van decreciendo progresivamente hasta 3-5% a 1m de profundidad. Las capas superficiales de suelos bajo cultivos presentan significativamente menores tenores de C, y ocurre una migración de C a las capas más profundas. Los suelos intervenidos presentan compactación lo cual reduce la retención de agua y dificulta notablemente la interpretación de los ATC y nutrientes.

Las elevadas cantidades totales de C almacenado en suelos bajo usos nativos (370-460 ton C/ ha, hasta 1 m de profundidad) evidencian la gran capacidad de acumulación de C de estos suelos y alertan sobre la necesidad de favorecer su manejo sostenible.

Mediciones preliminares indican que los suelos bajo bosque constituyen un importante sumidero neto de metano atmosférico ( $-33\text{mgCH}_4\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ), mientras que los suelos bajo páramo donde prevalecen condiciones anaeróbicas durante buena parte del año, son una fuente neta ( $82\text{mgCH}_4\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Suelos con otros usos poseen valores intermedios.

**Palabras Clave:** Almacenamientos de carbono en suelos, cambios en el uso del suelo, flujos de metano, páramos.

### **ABSTRACT**

The Paramo ecosystem in the Andes account for very high C stocks as soil organic carbon (SOC). When converted into crops or pastures, they loss part of such C stocks and modify their exchange of methane and other greenhouse gases with the atmosphere.

We measured C sotcks in soils (to 1 m depth) from the Paramo de Las Animas in the south

of Colombia, including areas on native forest, paramo vegetation, potato crops and pasture (the last two on this use for 10 years). Fluxes of methane between the soils and the atmosphere were also measured.

Levels of SOC are very high (20-30%) in the top layers and progressively decrease with depth. However, on cropped soils, C levels are lower in the topsoil and there is a migration of C to deeper layers. Disturbed soils show drastic compaction which seriously affects water retention and bring special difficulties for the interpretation of total C and nutrient stocks. A discussion on this is presented. The high amounts of C accumulated in these soils confirm their ability to accumulate this element and warn us about the need to preserve these ecosystems to minimize C loss.

Preliminary measurements of methane fluxes indicate that forest soils are a large net sink ( $-33\text{mgCH}_4\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ), while soils under paramo where anaerobic conditions prevail most of the year, are net sources ( $82\text{mgCH}_4\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Crop and pasture soils have intermediate values.

**Key Words:** Land use change, methane fluxes, paramo, soil carbon stocks.

## INTRODUCCIÓN

Los páramos andinos son no solo un lugar privilegiado por la belleza del paisaje y la diversidad de especies endémicas de fauna y flora que albergan, sino también por su capacidad de almacenar importantes cantidades de carbono. Las bajas temperaturas y algunas limitaciones edáficas, resultan en bajas tasas de mineralización y reciclaje de nutrientes, lo cual favorece una lenta pero continua absorción neta de  $\text{CO}_2$  atmosférico que es acumulado como parte de la materia orgánica del suelo (MOS). Es de esperar que las áreas bajo páramos sean fuentes netas de metano, un importante gas de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera.

Vastas áreas de páramo han sufrido, sin embargo, drásticas alteraciones antrópicas al cambiar su uso para propósitos de ganadería extensiva o cultivos. Estos cambios resultan con frecuencia en impactos notables sobre la biodiversidad y sobre los almacenamientos de carbono y flujos netos de GEI entre el suelo y la atmósfera, pero existe muy poca información al respecto.

## OBJETIVOS

- Determinar el efecto de la conversión de suelos en áreas de páramo a usos agrícolas o ganaderos, sobre los almacenamientos de carbono en la materia orgánica de suelos.
- Realizar evaluaciones preliminares de los flujos netos de metano entre el suelo y la atmósfera en áreas de páramos bajo diferentes usos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se evaluaron almacenamientos de carbono (AC) hasta un metro de profundidad en suelos del Páramo de las Animas (2° 32' 52" N; 76° 15'54" W) cerca a Silvia-Cauca. Las áreas estudiadas están entre 3.200 y 3.600 msnm, temperatura promedio 8 °C y precipitación anual de 1.075 mm. Los usos de suelo estudiados fueron: bosque nativo (B), vegetación de páramo nativa (P), cultivos de papa continuos por alrededor diez años (C) y ganadería permanente durante 12 años (G). En cada una de las parcelas bajo diferente uso, se tomaron por triplicado muestras de suelo en calicata entre 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 y 80-100 cm de profundidad, para determinación de densidad aparente, contenido de C orgánico, análisis químico y propiedades físicas.

### **Muestreo de gases**

En áreas adyacentes a las calicatas, se instalaron en el suelo cuatro cámaras cerradas de presión constante por cada parcela (IAEA 1992). Las cámaras de PVC (20 cm diámetro interno, 10 cm altura libre), cuentan con un conducto para equilibrar cambios en la presión atmosférica y termómetro para registrar temperatura interna de la cámara, así como un tapón de caucho para retirar con jeringas muestras del aire contenido dentro de la cámara. En cada cámara, se tomaron cuatro muestras correspondientes a los tiempos 0, 10, 20 y 30 minutos después de instalada la cámara. Se realizaron análisis de metano por cromatografía de gases.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Tal como lo ilustra la Figura 1, los contenidos de C orgánico son muy altos en las capas superficiales del suelo (20-30 %) y van decreciendo progresivamente hasta 3-5 % a 1m de profundidad. Este es un comportamiento característico de los suelos de tipo histosólico, y son indicadores de prevalencia de características anaeróbicas. Los suelos bajo páramo evidencian tenores menores de C superficial respecto al bosque, probablemente como consecuencia de los procesos repetitivos de quema tanto natural como inducida a que son sometidas estas áreas. Las capas superficiales de suelos bajo cultivos presentan significativamente menores tenores de C, lo cual es consistente con los efectos esperados al aumentar la tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo debido a las labores de labranza y preparación del suelo para el establecimiento y manejo del cultivo (Lal 1995). El suelo bajo cultivos mostró una migración de C a las capas más profundas donde se registran incrementos respecto a los valores para suelos no intervenidos.

Los usos de suelos estudiados. La densidad aparente de estos suelos derivados de cenizas volcánicas es en general, muy baja para todo el perfil, con valores especialmente bajos en la superficie de las áreas bajo vegetación nativa. Los suelos intervenidos (cultivos y ganadería) muestran claras señales de compactación en las capas superficiales atribuibles al uso de labranza, con frecuencia mecanizada y al pisoteo del ganado. La compactación produce aumentos en la densidad aparente lo cual puede distorsionar los cálculos de los stocks de carbono. No existen aún alternativas satisfactorias para corregir este problema metodológico.

El fenómeno de compactación superficial de los suelos intervenidos en áreas de páramo, ha sido ya documentado antes (Hofstede 1995). En este trabajo, para el cálculo de los almacenamientos de C, se asumió que los suelos bajo cultivos y ganadería presentan iguales densidades superficiales (0-30 cm) que los suelos de páramo originales. Si bien ésta es una suposición riesgosa, consideramos que podría ser una primera aproximación válida para estimar los almacenamientos verdaderos de C en los suelos intervenidos.

En la Figura 3, se presentan los AC en varias capas del perfil del suelo hasta 1 m de profundidad. Considerando los altos niveles de C en superficie, no es sorprendente que independientemente del uso, la mayoría del C se encuentra ubicado en las capas superficiales, donde es más susceptible de ser liberado a la atmósfera por oxidación de la materia orgánica, un proceso que puede estarse acelerando como consecuencia del aumento de las temperaturas medias del planeta.

Las elevadas cantidades totales de C almacenado en suelos bajo el bosque original (467 ton C/ha en 1 m de profundidad) evidencian la gran capacidad de acumulación de C de estos suelos y alertan sobre la necesidad de promover su manejo sostenible. El paulatino avance de la vegetación de gramíneas en los territorios originalmente bajo bosques, probablemente asociada a quemas periódicas, resulta en una disminución neta en los AC. La conversión de los suelos bajo páramo a usos agrícolas o pasturas, no parece afectar de manera importante los AC. Sin embargo, debemos insistir que esta conclusión resulta arriesgada debido al hecho de las imprecisiones antes mencionadas en la evaluación de los AC en los suelos intervenidos asociadas con el fenómeno de compactación. Si asumimos por ejemplo que 10 % del volumen del suelo se ha perdido en las parcelas con cultivos por efecto de oxidación de la MOS, erosión y compactación, obtendríamos un estimativo de C almacenado en el perfil de 350 ton C/ha, lo cual representaría una pérdida neta de C del orden de 1,5 ton C/ha-año. Estudios más detallados con controles apropiados para establecer las tasas reales de pérdida de MOS por efecto de cultivo, son sin duda necesarios.

## **Flujos de Gases**

La Figura 4 muestra flujos de metano en suelos bajo varios usos, correspondientes a la época lluviosa. El suelo bajo bosque constituye un importante sumidero neto de metano atmosférico, mientras que las áreas en cultivos también se comportan como sumideros.

Estas cifras son indicadores de prevalencia de condiciones aeróbicas en las capas superficiales del suelo en estas condiciones de uso. En contraste, las áreas en pasturas constituyen modestas fuentes netas de metano y los suelos en páramo son fuentes mucho más importantes de este GEL, indicando claramente la dominancia de un ambiente anaeróbico el cual favorece la presencia de bacterias metanogénicas (Bender and Conrad 1993).

Como se mencionó antes, estas cifras son muy preliminares y un monitoreamiento de más largo plazo está en marcha para obtener estimativos mucho más confiables de los flujos de metano durante un ciclo anual.

## **CONCLUSIONES**

Los suelos de páramo representan depósitos muy importantes de Carbono en forma de MOS. A modo de comparación, cada unidad de área en el Páramo de las Ánimas contiene tres veces más C que un área equivalente en los Llanos Orientales.

Existen grandes dificultades metodológicas aún por resolver para obtener estimativos confiables de los almacenamientos reales de Carbono en suelos intervenidos en áreas de páramo y otras áreas con suelos de baja densidad aparente y altos contenidos de materia orgánica, tales como los suelos de la zona cafetera Andina.

La pérdida de la vegetación arbórea nativa de las regiones altoandinas resulta en una pérdida neta importante de la capacidad de estos suelos de servir como sumideros netos de metano atmosférico. Los suelos en condiciones de páramo, por presentar pobre drenaje y alta saturación de humedad favorecen la liberación neta de metano a la atmósfera.

## **LITERATURA CITADA**

Bender, M. & R. Conrad. 1993. Kinetics of methane oxidation in oxic soils. *Chemosphere* 26: 687-696.

Hofstede, R. 1995. The effects of grazing and burning on soil and plant nutrient concentrations in Colombian Paramo Grasslands. *Plant and Soil* 173: 111-132.

International Atomic Energy Agency - IAEA. 1992. Manual on measurements of methane and nitrous oxide emissions from agriculture. Technical Document No. 674. IAEA (Ed).

Vienna, Austria, 112 pp. Lal, R. 1995. The role of residues management in sustainable agricultural systems. *J. Sustainable Agriculture* 5: 51-78.