

# LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS REGADOS CON AGUAS REGENERADAS COMO OPORTUNIDAD PARA EL SECUESTRO DE C

Estudio del ciclo de C en condiciones de África Occidental (Cabo Verde) en una parcela experimental

M<sup>a</sup> del Pino Palacios-Díaz<sup>1</sup>, Regla Amorós<sup>2</sup>,  
Vanessa Mendoza-Grimón<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigación IUNAT, Grupo GEOVOL, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35001 Las Palmas de Gran Canaria, España

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário (Inida), Cape Verde

## Abstract

Agriculture is an ideal activity for soil sequestration since the increase in organic matter in the soil contributes to its fertility, allowing for greater crop yields. Reclaimed water represents an opportunity for mitigation. In 3 campaigns carried out in Nov 2019, July 2020 and Dec 2021, soil respiration was measured in the field with commercial equipment (Lc-Pro), also determining MO and EC in the soil samples. The study has provided experimental values of soil respiration, relating them to the conditioning factors, contributing to a better understanding of the C cycle in the semi-arid regions of Africa. In addition, it has demonstrated the high potential for both C sequestration and food production when drip irrigation with regenerated water is available.

**Keywords:** reclaimed water, food production, soil respiration, Carbon sink, Organic Matter, salinity.

## Introducción

El cambio climático afecta especialmente a la producción de alimentos en las regiones áridas. La FAO (FAO soils portal) ha estimado que la agricultura es capaz de secuestrar hasta un 10% del total de C antropogénico emitido y ha generado una herramienta que permite cuantificar dicho potencial. La agricultura resulta una actividad ideal para dicho secuestro ya que el incremento de

la materia orgánica (MO) de los suelos contribuye a su fertilidad, permitiendo obtener mayores rendimientos de los cultivos. La iniciativa de Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2015 en París propuso, para compensar el aumento de las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub>, aumentar globalmente las reservas del carbono orgánico del suelo en su horizonte superficial (entre 0 y 40 cm de profundidad) en un 4% anualmente. Mientras que este objetivo resulta difícil de alcanzar para las zonas húmedas (Wiesmeier et al, 2020), el potencial incremento en los suelos de zonas áridas es muy prometedor, siempre que se disponga de agua para su riego y se mantenga un elevado recubrimiento con el cultivo.

El agua regenerada (AR) representa una oportunidad para la mitigación, y su reutilización permite utilizar el suelo como un tratamiento avanzado y evitar el vertido. La isla de Santiago cuenta con cinco del total de ocho Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales instaladas en el archipiélago de Cabo Verde, estando conectadas cuatro de ellas con núcleos rurales, próximos a zonas agrícolas, y aportando un caudal de 1.475 m<sup>3</sup>/día de agua tratada (ANAS, 2016).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la respiración de los organismos del suelo (incluida la rizosfera), se incrementan a medida que lo hace la MO disponible, estando afectadas también por otros factores como la temperatura, Salinidad (EC) o humedad del suelo. La bibliografía que estime la respiración en zonas cálidas y regadas con agua regenerada es escasa, representando un factor importante para el cálculo del ciclo del C. El objetivo de este estudio ha sido, por un lado, proporcionar valores experimentales de respiración estimando simultáneamente los factores que lo condicionan y calcular el potencial de secuestro de C en las condiciones de medida de dicha la respiración.

## Metodología

En abril de 2019, tras una aportación equivalente a 1,76 kg estiércol/m<sup>2</sup>, se realizó la siembra de *Sorghum bicolor* (sorgo) en una parcela de 540 m<sup>2</sup>, ubicado en Rocha Lama en Santa Cruz, isla de Santiago, Cabo Verde. La zona tiene un clima cálido, húmedo y soleado, con una temperatura media mínima, una temperatura

media máxima, una humedad media y horas de luz solar de 21,4 °C, 28,9 °C, 70% y 7,2 h, respectivamente (Mendoza-Grimón et al, 2021). Se plantearon tres tratamientos (T) diferentes (repetiendo cada T en cada uno de los 3 bloques establecidos) teniendo en cuenta dos factores: la calidad del agua (AR: T1 y T2 vs convencional, AC: T2) y sistema de riego por goteo: superficial (T2) vs enterrado (T1 y T3). El AR procedía de la planta de tratamiento de aguas de Santa Cruz, mientras que el AC procedía de pozos próximos a la zona. En 3 campañas realizada en nov 2019, julio 2020 y dic 2021, se midió la respiración de suelos en campo con un equipo comercial (Lc-Pro), tomando la muestra de suelo en la que se colocó la cámara de medida para proceder a su análisis químico, determinando así la MO y CE de cada conjunto de 10 lecturas. Se tomaron 3 medidas compuestas de 10 valores/cada medida, para cada uno de los 3 tratamientos en cada uno de los 3 bloques para cada fecha. Además, se ha utilizado la herramienta EXActTool para calcular la cantidad de gas emitido o secuestrado en la parcela.

## Resultados y Discusión

La respiración medida en los suelos (emisión de CO<sub>2</sub> en μmol CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.seg) ha sido alta (Figura 1A), relacionándose directamente con las elevadas temperaturas de los suelos, entre 24 y 33 °C (Figura 1B), que son frecuentes en Cabo Verde (medidas en junio 2019 e invierno en 2020 y 2021) y con los elevados contenidos de MO de los puntos de medida (Figura 1C).

Profundizando en la relación entre el contenido de MO (%) de las muestras y su emisión de CO<sub>2</sub> (μmol CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.seg) para cada tratamiento, se ha calculado la regresión entre ambas variables, que resulta significativa para los tratamientos regados con AR (T1 y T2), con coeficientes de correlación de Pearson de 0,663 y 0,675, respectivamente y con valores pronosticados entre 4,7 y 19,5 (T1) y 5,2 y 17,0 (T2). Sin embargo, para el tratamiento regado con AC (T3) la regresión con la MO no resulta significativa, presentando un coeficiente de correlación de Pearson de 0,113 y valores pronosticados entre 10,3 y 12,6. Si resulta significativa la regresión entre la respiración de suelos regados con AC (T3) y su temperatura (correlación de Pearson 0,699).

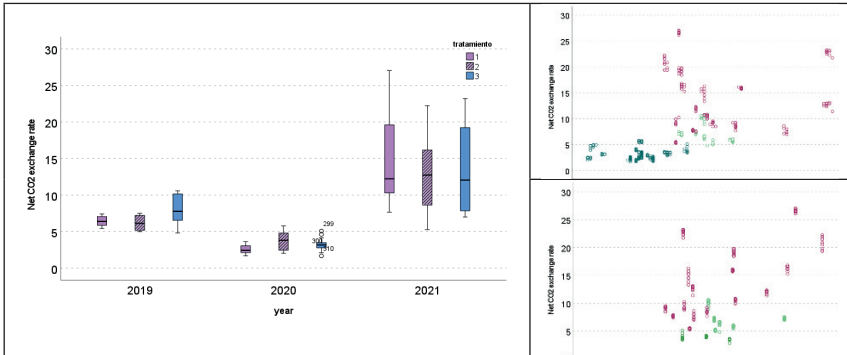


Figura 1. Respiración de los suelos para los 3 tratamientos, en cada uno de los 3 años de estudio (A), B: Respiración y temperaturas de los suelos, medidas en junio 2019 e invierno en 2020 y 2021 y C: Respiración y contenidos de materia orgánica de los puntos de medida.

En la Figura 1 se presentan los valores de respiración del suelo para los 3 tratamientos en función del contenido de MO de los primeros 7 cm de este, estudiados en los 3 años de duración del experimento. Se observa que, una vez se incrementó el contenido de MO del suelo al inicio del experimento, dicho contenido se mantuvo elevado (aunque con valores menores cuando se riega con agua convencional, T3). La respiración el suelo regado con riego por goteo superficial y AR (T2), fue más elevada, mientras que, como tendencia general, el suelo con riego enterrado y AR (T1) presenta valores inferiores de respiración (salvo en una ocasión).

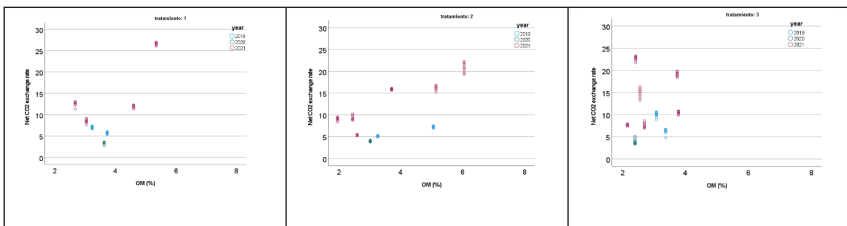


Figura 1: Respiración del suelo en función del contenido de materia orgánica de los primeros 7 cm del mismo, para los 3 tratamientos estudiados en los 3 años de duración del experimento.

Los valores inferiores medidos en el 2020 se corresponden con condiciones experimentales de temperaturas mas bajas. La re-

gresión entre respiración de suelo y temperatura resulta significativa para los tres tratamientos, aunque con coeficientes de correlación de Pearson de 0,415, 0,512 y 0,699, para T1, T2 y T3, respectivamente.

La regresión entre respiración de suelo y CE, también significativa para los tres tratamientos (para T1 y T2 al 1% y para T3 al 5%), presenta valores negativos (la respiración disminuye con la CE) y coeficientes de correlación de Pearson de -0,682, -0,372 y -0,218, T1, T2 y T3, respectivamente. La regresión con la cantidad de agua evaporada es significativa para los tratamientos con riego enterrado (T1 y T3) pero no para el riego superficial.

Los resultados demuestran que la calidad de agua y el tipo de sistema de riego afectan a la respiración de los suelos, aunque la elevada variabilidad de los datos obtenidos no permite mostrar diferencias significativas entre los tratamientos. En general, las parcelas con riego enterrado con AR parecen presentar valores inferiores de respiración, mientras que las que utilizan el AC presentan los valores mayores. Por tanto, es necesario profundizar en las causas que provocan dicha respuesta. Variables como temperatura, cantidad de MO y evaporación del suelo tienen una relación directa con la intensidad de la respiración, mientras que la salinidad es inversamente proporcional a la misma.

Cuando se relaciona la respiración de estas parcelas con la cantidad de biomasa producida (el equivalente a 17269 kg materia seca/ha (Palacios-Díaz et al, 2023)), se obtiene que T1, no siendo significativamente más elevada, es producida por el tratamiento con mayor rendimiento y contenido de MO en el suelo, que además utiliza el agua de forma más eficiente (182 L/kg MS). Así, pese a los valores elevados de respiración, el % de MO se incrementó a lo largo del estudio, aunque no se realizó ninguna aportación adicional a la del estercolado inicial. En este sentido, Dai et al, (2021), demostraron que los cambios en las respuestas de los microorganismos del suelo a las prácticas culturales permitían explicar el potencial de secuestro de C. Por tanto, los resultados ponen de manifiesto las ventajas de la reutilización, ya que no sólo permite producir alimentos, sino que también contribuye al secuestro de C, mitigando en parte los efectos del cambio climático. Se ha calculado el balance de C en la parcela de estudio, teniendo en

cuenta que no se han añadido fertilizantes químicos. Un estudio anterior ha calculado que la disminución de emisiones de  $N_2O$  en suelos regados con aguas regeneradas con riego por goteo superficial y enterrado disminuyen un 38–45 % y 51–59 % respectivamente respecto a los riegos convencionales (Lian et al, 2023). Los resultados permiten calcular que, con el agua producida por la depuradora estudiada, pueden ponerse en riego 14 has. Utilizando la herramienta FAO ExAct se estima que se emiten (el signo negativo es que se secuestran) -44 t  $CO_2$  eq. Si se generaliza para el resto del país (actualmente existen 9 estaciones de tratamiento), se podrían regar 300 ha, con capacidad de secuestro alrededor de -540 t  $CO_2$  eq.

## Conclusiones

El estudio ha proporcionado valores experimentales de respiración de suelo, relacionándolos con los factores condicionantes, contribuyendo a entender mejor el ciclo del C en las regiones semiáridas de África. Además, ha demostrado el elevado potencial tanto de secuestro de C como de producción de alimentos, cuando se dispone de riego por goteo con AR.

## Agradecimientos

ULPGC y Fundación Cajacanarias-Fundación Bancaria La Caixa por la financiación de los proyectos CEI2021-03 y 2022CLISA28.

## Bibliografía

1. ANAS. Estação de Tratamento de Águas Residuais “ETAR” Cabo Verde. Estudo e Caracterização; Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento “DGRHS”, Agência Nacional de Água e Saneamento “ANAS”: June 2016. Available online: [www.http://anas.gov.cv](http://anas.gov.cv)
2. Dai, H.; Zhang, H.; Li, Z.; Liu, K.; Zamanian, K. Tillage Practice Impacts on the Carbon Sequestration Potential of Topsoil Microbial Communities in an Agricultural Field. *Agronomy* 2021, 11, 60.
- FAO. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/soil-carbon-sequestration/ar/> acceso el 19/03/2024.
3. Martin Wiesmeier, Stefanie Mayer, Johannes Burmeister, Rico Hübner, Ingrid Kögel-Knabner, Feasibility of the 4 per 1000 initiative in Bavaria: A reality check of agricultural soil management and carbon sequestration scenarios, *Geoderma*, Volume 369, 2020, 114333.

4. Mendoza-Grimón, V.; Fernández-Vera, J.R.; Silva, G.D.; Semedo-Varela, A.; Palacios-Díaz, M.d.P. Cape Verde (West Africa) Successful Water Reuse Pilot Project: A Sustainable Way for Increasing Food Production in a Climate Change Scenario. *Water* 2021, 13, 160.
5. Palacios-Díaz, M.d.P.; Fernández-Vera, J.R.; Hernández-Moreno, J.M.; Amorós, R.; Mendoza-Grimón, V. Effect of Irrigation Management and Water Quality on Soil and Sorghum bicolor Payenne Yield in Cape Verde. *Agriculture* 2023, 13, 192. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010192>.
6. Qing Liang, Yang Liu, Haowen Zhang, Zhengping Peng, Xin Zhang. Sub-surface drip irrigation reduced N<sub>2</sub>O emissions via inhibiting denitrification pathways in northern China, *Applied Soil Ecology*, Volume 191, 2023, 105057.