



# VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA BIOMASA MICROBIANA EN EL SUELO POR LA IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS REGENERATIVAS COMO CULTIVOS DE SERVICIO

## INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo y el cambio climático afectan gravemente la productividad agropecuaria en Bolivia. El proyecto PRIAS promueve prácticas regenerativas, como los cultivos de servicio, que mejoran la salud del suelo y generan beneficios ecológicos y económicos (Vukicevich, et al., 2023; Gao, et al., 2021). Este estudio analiza el impacto de estas prácticas sobre la biomasa microbiana del suelo (BMC), y estima el valor económico del carbono capturado, usando un enfoque de diferencias en diferencias (DiD) y un precio conservador de 5 USD por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente, lo cual corresponde a 18,35 dólares por tonelada de carbono.

Para asegurar la solidez del análisis, se priorizaron ciertas propiedades agrícolas y ganaderas del proyecto PRIAS que contaban con información completa y condiciones adecuadas para la comparación entre parcelas con y sin prácticas regenerativas. Esta selección respondió a limitaciones encontradas en otras propiedades, como retrasos en la siembra, sequías que afectaron la calidad de las muestras de suelo y datos incompletos que impedían aplicar un análisis robusto en el tiempo.

## ÁREA DE ESTUDIO

El análisis se realizó en 10 predios priorizados dentro del proyecto PRIAS, ubicados en la región de la Chiquitanía, en el departamento de Santa Cruz. Se seleccionaron estas unidades productivas por la calidad de su información y continuidad de manejo:

- **Predios agrícolas:** Estrella, Agronaciente, Cinco Estrellas, K de Oro, San Diego, San Carlos y San Jorge.
- **Predios ganaderos:** Tapiama, Nueva Esperanza y Puerto Almacén.

Cada predio cuenta con al menos una parcela de tratamiento (con cultivos de servicio) y una parcela de control (sin intervención), lo que permitió aplicar comparaciones válidas. Estas parcelas reflejan diferentes condiciones de uso del suelo y manejos agrícolas, representando una muestra robusta para la evaluación de impactos.



## METODOLOGÍA

Se utilizó un diseño cuasi-experimental basado en la metodología de diferencias en diferencias (DiD), comparando el cambio en la BMC antes y después del tratamiento entre parcelas con y sin prácticas regenerativas.

### FÓRMULA APLICADA

$$DiD = (BMC_{trat, post} - BMC_{trat, pre}) - (BMC_{control, post} - BMC_{control, pre})$$

### DONDE...

- $BMC_{trat, post}$ : Biomasa microbiana de la parcela de tratamiento después de la intervención.
- $BMC_{trat, pre}$ : Biomasa microbiana de la parcela de tratamiento antes de la intervención.
- $BMC_{control, post}$ : Biomasa microbiana de la parcela de control después de la intervención.
- $BMC_{control, pre}$ : Biomasa microbiana de la parcela de control antes de la intervención.

Este enfoque permite aislar el efecto específico de los cultivos de servicio sobre el carbono microbiano del suelo, controlando factores externos como clima o estacionalidad.

La biomasa microbiana del suelo, medida en kilogramos de carbono por hectárea, es un indicador clave de la salud del suelo y su capacidad para almacenar carbono. Dado su vínculo con la fertilidad y la retención de agua, su valorización económica se basa en el precio del carbono evitado. Aunque Bolivia aún no cuenta con un mercado formal, el Decreto Supremo 5264 ha abierto el camino para integrarse a esquemas internacionales. Por ello, se ha utilizado un precio referencial conservador de 5 USD por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente (Banco Mundial, 2021), alineado con valores de mercados en América Latina, para estimar el valor del carbono almacenado gracias a las prácticas regenerativas evaluadas.





## RESULTADOS CLAVE

A continuación se presentará los resultados del caso particular de Agronaciente:

**Tabla 1. Resultados de la biomasa microbiana en la propiedad de Agronaciente**

Número de Parcela	Tipo de Parcela	Temporalidad	BMC (kg/ha)	Época	Diferencial de Parcelas Experimentales
1	Experimental	3/28/2024	6.931	Verano 2023/2024	12.780
1	Experimental	11 jul 2024	19.711	Invierno 2024	
2	Experimental	3/28/2024	5.336	Verano 2023/2024	8.795
2	Experimental	11 jul 2024	14.131	Invierno 2024	
3	Experimental	3/28/2024	5.834	Verano 2023/2024	13.599
3	Experimental	11 jul 2024	19.433	Invierno 2024	
4	Testigo	3/28/2024	3.535	Verano 2023/2024	7.254
4	Testigo	11 jul 2024	10.789	Invierno 2024	

Fuente: Elaboración propia

- En la propiedad agrícola **Agronaciente**, se evaluaron tres parcelas experimentales con prácticas regenerativas (cultivos de servicio).
- La **parcela 3** mostró el mayor impacto, con un incremento del **87,47%** en carbono respecto a la parcela de control (74 kg/ha), equivalente a **64,73 kg/ha adicionales**.
- A un precio de **18,35 USD por tonelada de carbono**, esto representa un ingreso potencial de **1,19 USD/ha**.
- Las parcelas **1 y 2** también presentaron aumentos del **76,18%** y **21,24%**, generando ingresos estimados de **1,03 USD/ha** y **0,28 USD/ha**, respectivamente.
- Estos resultados reflejan el potencial económico de las prácticas regenerativas si el carbono acumulado en el suelo se comercializa en un mercado voluntario o regulado.

Debido a que un solo resultado por parcela de una propiedad no tiene significancia estadística, se considerará el agregado del resultado que incrementa la robustez en los resultados. Este análisis será realizado diferenciando propiedades agrícolas de las ganaderas. Por lo que en promedio, las prácticas regenerativas resultan en un incremento aproximado de 12,22% de carbono adicional con respecto de la variación de parcelas que no han recibido este tratamiento para las propiedades agrícolas y de 111,50% para las propiedades ganaderas.



**Tabla 2. Resultados del análisis de diferencias en diferencias para el análisis de la BMC**

<b>Propiedad</b>	<b>Tipo de parcela</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Variación BMC Parcelas de control</b>
Estrella	Agrícola	-3.210	4.049
Agronaciente	Agrícola	7.618	
Agronaciente	Agrícola	2.124	7.254
Agronaciente	Agrícola	8.747	
Cinco Estrellas	Agrícola	748	
Cinco Estrellas	Agrícola	-6.166	16.928
Cinco Estrellas	Agrícola	-13.072	
K de oro	Agrícola	1.629	14.031
San Diego	Agrícola	2.272	11.472
San Diego	Agrícola	8.055	11.134
San Carlos	Agrícola	10.233	
San Carlos	Agrícola	-1.640	-6.854
San Jorge	Agrícola	3.163	
San Jorge	Agrícola	-3.394	7.399
Tapiama	Ganadera	6.845	808
Nueva Esperanza	Ganadera	20.974	1.194
Nueva Esperanza	Ganadera	10.553	3.555
Puerto Almacén	Ganadera	6.230	4.058
Promedio Agrícola		1.222	8.177
Promedio Ganadero		11.150	2.404

Fuente: Elaboración propia



## VALORACIÓN ECONÓMICA

Con un precio base de 5 USD/tCO<sub>2</sub>e, el carbono adicional representa 0,18 USD por hectárea para el promedio de las propiedades agrícolas priorizadas y de 0,49 USD por hectárea para el promedio de las propiedades ganaderas priorizadas.

Si ponemos estas cifras en perspectiva, si se considera una implementación de las prácticas regenerativas en toda la superficie de soya en Bolivia y en toda la superficie destinada a ganadería, estos serían los resultados:

Valor total estimado por carbono adicional en la soya: 268.355 USD.

Valor total estimado por carbono adicional en toda la superficie ganadera en Bolivia: 6.453.660 USD.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



- Las prácticas regenerativas incrementan la biomasa microbiana y mejoran la funcionalidad ecológica del suelo.



- Existe un valor económico asociado a la captura de carbono en suelos agrícolas y ganaderos.



- Bolivia puede capitalizar este potencial integrando estas prácticas en sus políticas climáticas.



- Se recomienda replicar estos análisis en otras zonas agroecológicas del país para fortalecer la base de evidencia y diseñar incentivos adaptados.

## BIBLIOGRAFÍA

Vukicevich, E., Lowery, T., Bowen, P., Úrbez-Torres, J. R., & Hart, M. (2016). Cover crops to increase soil microbial diversity and mitigate decline in perennial agriculture: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(1), 48. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0385-7>

Gao, H., Tian, G., Rahman, M. K., & Wu, F. (2021). Cover crop species composition alters the soil bacterial community in a continuous pepper cropping system. *Frontiers in Microbiology*, 12, 789034. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.789034>

Banco Mundial. (2021). Estado y tendencias del precio al carbono 2021. Recuperado de <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099081624122529330/pdf/P50228315fd8d1050186341ea02e1c107bc.pdf>

World Bank

Sistema Integrado de Información Productiva (SIIP). 2023. Boletín Informativo de Soya y Derivados. <https://siip.produccion.gob.bo/repSIIP2/documento.php?n=2897>