

# Cómo calcular el aporte de carbono en forrajeras

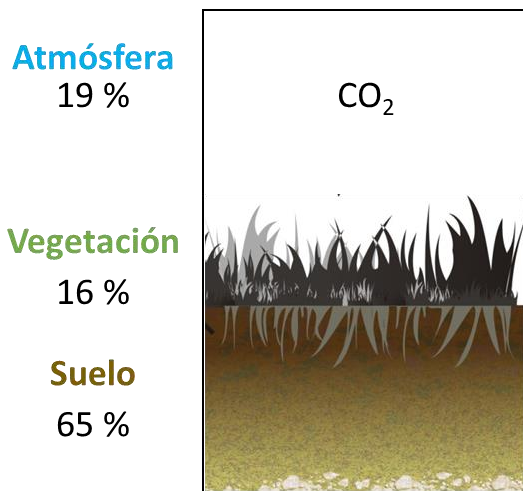


# Herramienta para el cálculo del aporte de carbono en forrajeras

## Proyecto Rotaciones en Tambo

La materia orgánica del suelo constituye el mayor reservorio de carbono en los ecosistemas terrestres, duplicando el de la biota (vegetación y animales) y el contenido en la atmósfera (figura 1). Conocer la dinámica del carbono orgánico tiene implicancias, no sólo para la fertilidad del suelo, sino también como estrategia para impulsar el secuestro de carbono.

Figura 1. Distribución porcentual de las reservas globales de carbono

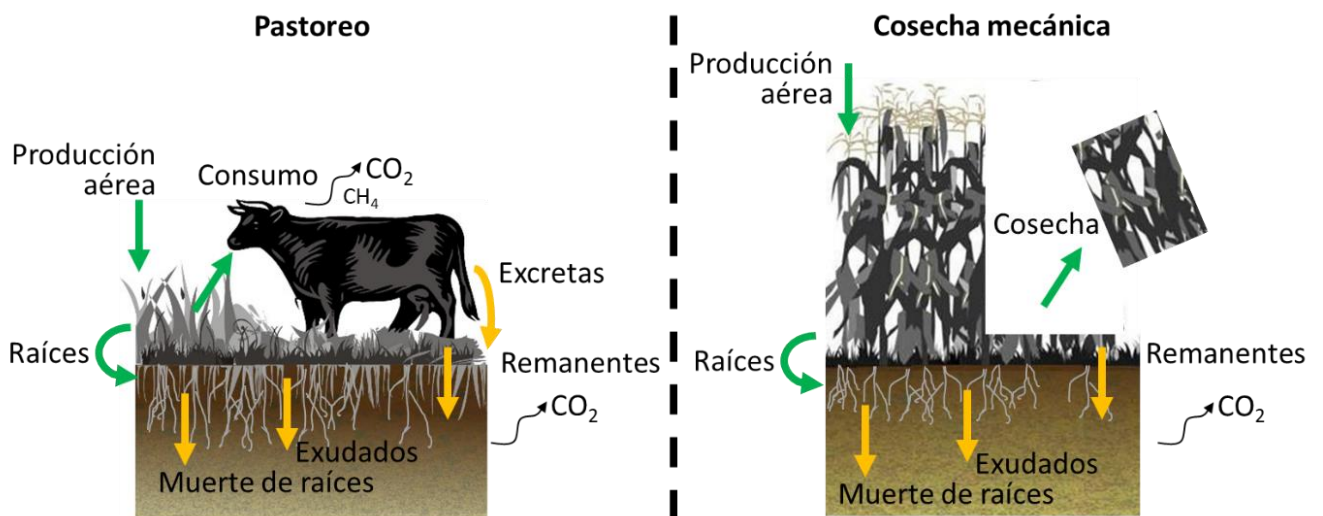


Fuente: Adaptado de IPCC 2014.

En los agroecosistemas, el ingreso de carbono al suelo depende de la proporción de la productividad vegetal que permanece en él una vez que el cultivo ha sido cosechado (figura 2). Esta información es fundamental para realizar el balance de carbono en el suelo.

Figura 2. Esquema simplificado del ciclo del carbono en cultivos forrajeros

Las flechas amarillas representan las entradas de carbono en el suelo.



La inclusión de pasturas perennes es una de las prácticas de manejo más recomendadas para secuestrar carbono atmosférico en la materia orgánica. Por lo general, existe un alto consenso respecto a su capacidad para almacenar carbono en el suelo, gracias a la mayor cantidad de raíces que presentan y a su capacidad para fijar el nutriente durante la mayor parte del año, en comparación con los cultivos anuales. Sin embargo, experiencias recientes desarrolladas en la región pampeana muestran resultados contrastantes en los niveles de materia orgánica según el tipo de pastura. A su vez, la rotación y el nivel de fertilización también tienen efectos sobre el ingreso de carbono en el suelo.

El objetivo del proyecto Rotaciones en Tambo es, precisamente, evaluar el impacto de la rotación en sistemas ganaderos lecheros sobre las propiedades del suelo, especialmente, su efecto sobre la materia orgánica. Hasta el momento, no se contaba con una herramienta que permitiera calcular el aporte de carbono de los cultivos forrajeros perennes y anuales. Es por esta razón que, a partir de metodologías reconocidas internacionalmente y de bibliografía local se desarrolló esta aplicación que permite calcular el ingreso anual de carbono de distintos cultivos forrajeros ante diferentes condiciones de manejo, y el aporte total de la rotación. De esta manera, es posible simular distintos escenarios de rotaciones y manejos para estimar el aporte de carbono al suelo.

### Metodología de cálculo

La herramienta desarrollada calcula las entradas de carbono a partir de la metodología propuesta por Bolinder *et al.* (2007). En forma breve, este modelo permite calcular el aporte de carbono a partir de datos de rendimiento o productividad primaria neta aérea y de parámetros específicos de índice de cosecha, partición a raíces y exudados. La metodología de cálculo se explica en detalle en Berhongaray & Álvarez (2020).

### Figura 3. Cálculo del aporte de carbono en especies forrajeras

Esquema de la pantalla de carga de datos de la herramienta

Tipo de Producción	Leche	Recurso	Periodo	Superficie (ha)	Prod. aérea (kg MS/ha)	Ef. cosecha	Pasto cosechado (kg MS/ha)	Digestibilidad (%MS)
Sistema	Pastoreo	Past. Leguminosa	Implantación	10	5000	0.65	3250	0.70
Superficie	100 has	Past. Leguminosa	Producción	10	15000	0.65	9750	0.70
Carga	2 cab/ha	Past. Leguminosa	Fin	10	10000	0.65	6500	0.70
Suplementación	10 kg MS/cab	Gramínea de invierno anual		20	5000	0.70	3500	0.70
Lugar	Parcela	Silo Maíz		20	12000	0.95	11400	
		Pastizal templado		10	5000	0.60	3000	0.60
		Pastizal tropical		10	8000	0.50	4000	0.50
		Past. Gramínea	Implantación	10	5000	0.60	3000	0.65
		Past. Gramínea	Producción	10	15000	0.60	9000	0.65
		Past. Gramínea	Fin	10	10000	0.60	6000	0.65

### Datos de carga

La planilla exige el ingreso de datos mínimos del sistema de producción, de los cultivos y de las producciones. A continuación, se detalla la información necesaria.

#### Tipo de producción

La herramienta permite estimar aportes para dos tipos de producción ganaderos: de leche y de carne. La opción elegida tiene impacto sobre la distribución de las excretas. En el tambo, el ganado permanece un 20% del tiempo en caminos, corrales de espera y en la sala de ordeño. Eso debe ser descontado del aporte de carbono de las excretas.

#### Sistema de producción

El sistema productivo puede ser pastoril o en confinamiento. Esta elección define si las excretas de los animales tendrán lugar en el campo o no. Si la hacienda está confinada se asume que el aporte de excretas es nulo.



### **Superficie**

Superficie total del establecimiento destinada a la producción.

### **Carga animal**

Número de cabezas por hectárea. Este valor permite estimar las excretas derivadas de la suplementación. Además, puede utilizarse para estimar la eficiencia de cosecha (*ver más abajo*).

### **Suplementación**

Cantidad de alimento de suplementación (kg de MS/cab/día). Incluye silo, concentrados, fibra, etcétera.

### **Lugar**

Se refiere al sitio donde se realiza la suplementación. Esto tiene impacto en el aporte de las excretas. Si se efectúa a campo, se supone que las excretas se producirán en los lotes. Si se suplementa en un encierre, tendrán lugar en el corral.

### **Recursos forrajeros**

La herramienta fue diseñada para calcular el aporte de carbono promedio del establecimiento o de la rotación, comenzando por la contribución de cada cultivo. En este punto, es posible elegir entre distintos recursos forrajeros anuales y perennes. Cada cual tiene su propio índice de partición de biomasa a raíces y de aportes de carbono en el suelo a través de exudados y reciclaje de raíces. Los detalles se encuentran en Berhongaray & Álvarez (2020). A continuación, algunas aclaraciones respecto a cada recurso.

#### *Pasturas*

Por pasturas se hace referencia a los recursos forrajeros perennes cultivados. Entre ellos, se identifican tres posibilidades:

- Leguminosa: utiliza parámetros de pasturas sobre la base de alfalfa.
- Gramínea: utiliza parámetros de pasturas sobre la base de gramíneas.
- Consociada: refiere a la consociación de pasturas de alfalfa y gramíneas.

Además, cuando se habla de pasturas es necesario definir su *estado*. Es decir, si se encuentran en implantación, en producción o en su último año de producción.

#### *Pastizales*

Esta categoría incluye a los pastizales perennes no cultivados, naturales, bajos, etcétera, que no ingresan en la rotación con los recursos forrajeros cultivados.

#### *Silo de maíz*

Esta categoría representa el cultivo de maíz con destino a silo, donde el 95% de la biomasa es cosechado. Estos porcentajes pueden ser modificados.

#### *Gramínea de invierno anual*

Esta categoría refiere a los verdes de invierno.

### **Superficie**

Área ocupada por cada recurso. En los casos en que hay doble cultivo (por ejemplo, verdeo de invierno y maíz para silo), la superficie cultivada puede ser mayor que la del establecimiento.

### **Producción aérea**

La productividad primaria neta aérea de los recursos forrajeros es dato de entrada. Este valor es obtenido a partir de las mediciones o estimaciones realizadas por cada establecimiento. A modo de referencia, se pueden utilizar las producciones del Tablero de Seguimiento Forrajero ([tableroforrajero.crea.org.ar](http://tableroforrajero.crea.org.ar)). De manera inversa, también pueden obtenerse a partir del consumo de pasto, utilizando el valor de eficiencia de cosecha.



### **Eficiencia de cosecha**

La eficiencia de cosecha refiere a la proporción de la producción aérea que es cosechada por el animal o por la maquinaria. Este parámetro varía según la carga y el manejo, y puede ser ajustado. Como referencia, puede utilizarse un valor de 0,65 para el caso de pasturas cultivadas; 0,75 para verdeos y 0,50 para pastizales templados y tropicales. En el caso del pastoreo mecánico, la eficiencia de cosecha suele ser mayor (85 a 90%).

### **Pasto cosechado**

Este valor surge de multiplicar la producción aérea por la eficiencia de cosecha.

### **Digestibilidad**

Este concepto hace referencia a la digestibilidad de la materia seca consumida. En los sistemas de pastoreo, este valor es necesario para todos los recursos forrajeros, excepto maíz para silo. Este dato se utiliza para calcular la cantidad de materia seca consumida que es excretada por los animales.

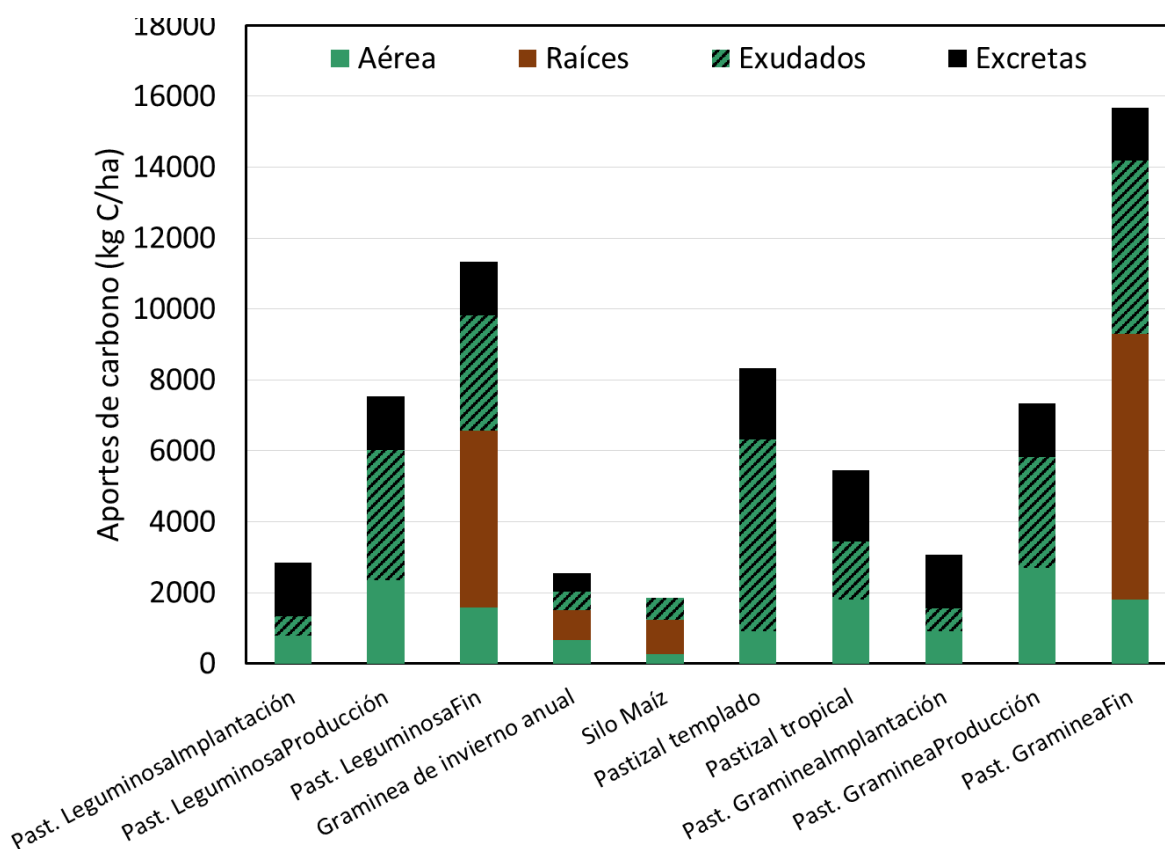
$$\text{Excretas} = \text{Consumo} * (1 - \text{Digestibilidad})$$

Siempre es preferible utilizar valores propios. A modo de referencia, puede utilizarse 0,70 para pasturas cultivadas, verdeos y pastizales templados, y 0,60 en el caso de pastizales tropicales.

### **Salidas de la herramienta**

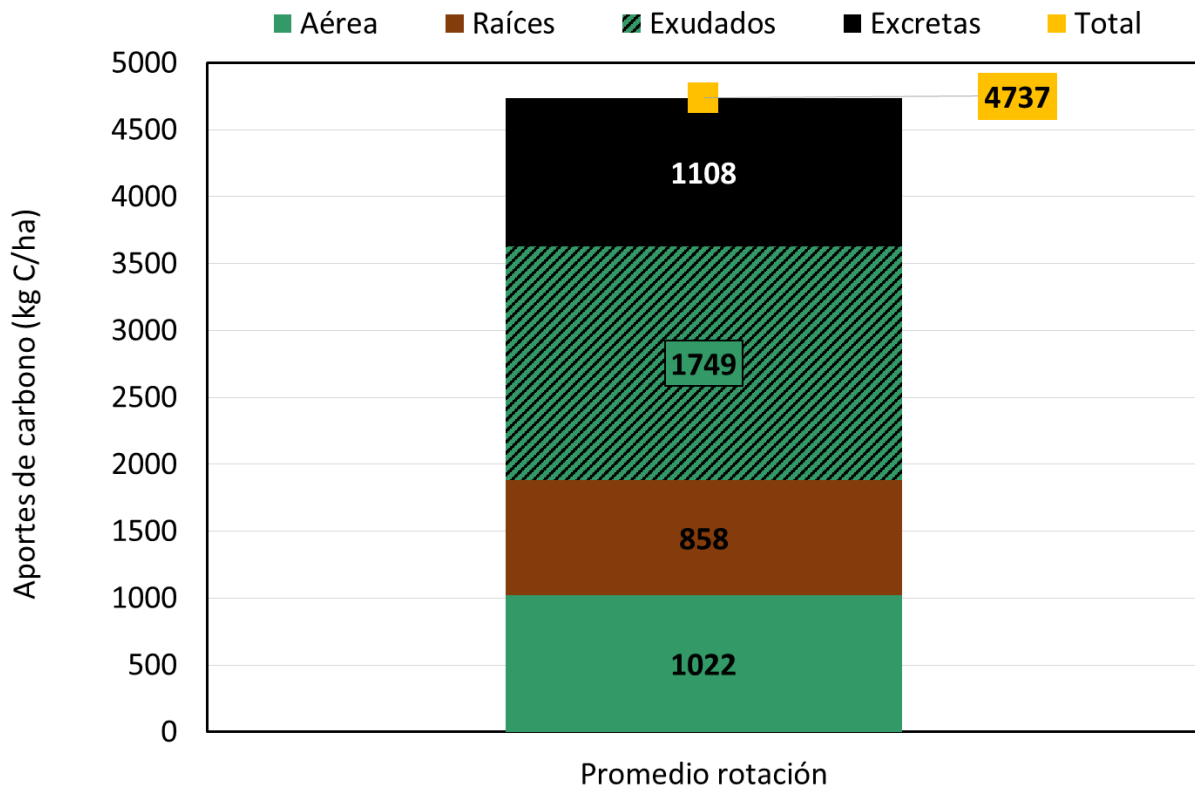
La herramienta está pensada para brindar información respecto del aporte de carbono de toda la rotación. En primer lugar, presenta en forma gráfica la contribución de cada uno de los recursos forrajeros en kilos de carbono por hectárea (figura 4).

**Gráfico 4. Aportes de carbono según recurso forrajero y fuente**



El gráfico 5 muestra el aporte promedio por hectárea de la rotación.

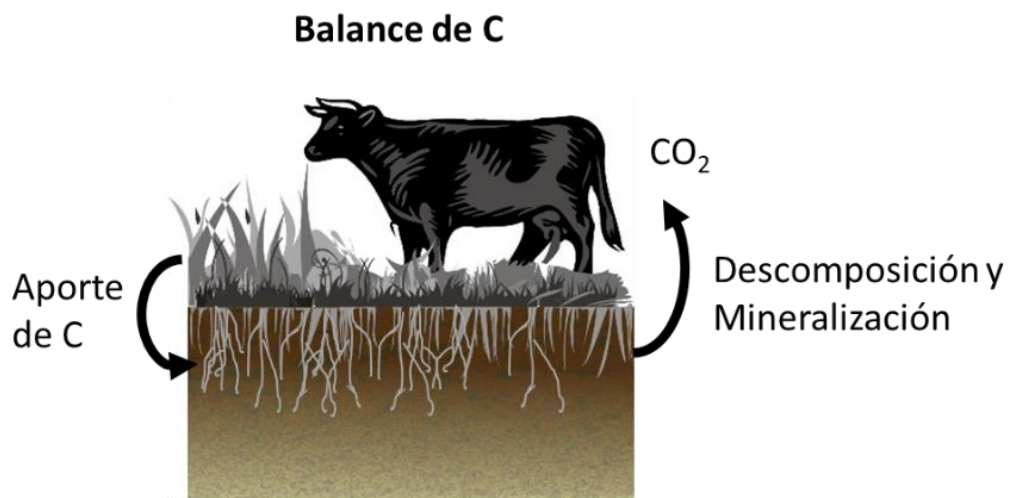
**Gráfico 5. Aportes de carbono de la rotación**



**¿Cómo se utiliza la información?**

La información generada por esta herramienta permite diseñar rotaciones en función del aporte de carbono que cada recurso efectúa al suelo, e identificar las fuentes de ese aporte. Estos datos son necesarios para efectuar los balances de carbono.

**Figura 6. Esquema simplificado del balance de carbono en el agroecosistema**



## Bibliografía

Basigalup D & E Ustarroz. 2007. Grazing alfalfa systems in the Argentinean Pampas. Proceedings of the 37th California Alfalfa and Forage Symposium.

Berhongaray G & R Alvarez. 2020. Aportes de carbono sub-superficiales de distintos cultivos y rotaciones. XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. (*trabajo aceptado*)

Bolinder M, D Angers, G Bélanger, R Michaud & M Laverdière. 2002. Root biomass and shoot to root ratios of perennial forage crops in eastern Canada. Canadian Journal of Plant Science 82: 731-737.

Bolinder M, H Janzen, E Gregorich, D Angers & A VandenBygaart. 2007. An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada. Agriculture, Ecosystems & Environment 118: 29-42.

Cochran R & M Galyean. 1994. Measurement of in vivo forage digestion by ruminants. Forage quality, evaluation, and utilization: 613-643.

CREA-FAUBA-INTA-CONICET. 2020. Tablero de control forrajero. <https://tableroforrajero.crea.org.ar/>.

Deregibus V. 2000. Argentina's humid grazing lands. Grassland ecophysiology and grazing ecology: 395-405.

Guerschman JP & JM Paruelo. 2005. Agricultural impacts on ecosystem functioning in temperate areas of North and South America. Global and Planetary Change 47: 170-180.

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Ojeda JJ, OP Caviglia & MG Agnusdei. 2018. Vertical distribution of root biomass and soil carbon stocks in forage cropping systems. Plant and Soil 423: 175-191.

Ré AE, E Enrique Kelly, E Ernesto Dellavedova, M Mario Costa & J De Battista. 2016. Módulo de Invernada Pastoral. INTA, INTA EEA C. del Uruguay.

Studdert GA, HE Echeverría & EM Casanovas. 1997. Crop-pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a typic Argiudoll. Soil Science Society of America Journal 61: 1466-1472.

