

Los sistemas lecheros y su impacto en el recurso suelo

Roberto Díaz-Rossello¹ y Henry Durán²

A mediados de la década del 70 la producción lechera del país rompe el estancamiento productivo que la caracterizó por más de 40 años, iniciando un proceso de crecimiento que muestra su mayor dinamismo en los últimos 25 años. Desde el origen el sistema de producción se basó en la rotación forrajera, con alternancia de praderas y cultivos forrajeros anuales, pero progresivamente ocurrieron grandes cambios que impactan sobre la dinámica de carbono y la sustentabilidad de los suelos. Muchos procesos de intensificación productiva conllevan la degradación de ese recurso.

Los sistemas de producción de granos siempre son observados como el subsector más preocupante en relación a la sustentabilidad del recurso suelo, principalmente cuando constituyen sistemas continuos de agricultura anual. La lechería no ha sido objeto de muchos estudios a pesar que sus sistemas productivos han involucrado un proceso muy intensivo de laboreo del suelo hasta la reciente adopción de la siembra directa. Presentan alta frecuencia de cultivos anuales en las rotaciones predominantes y constituye un rubro ganadero de alta extracción y exportación extra predial de nutrientes desde el suelo.

El gran indicador para evaluar la condición de los suelos es indiscutiblemente el contenido de materia orgánica o carbono orgánico (CO). Es el elemento al cual se asocian la mayor parte de las propiedades químicas y físicas del suelo y por consiguiente también su productividad. La evolución del contenido de CO en función de los sistemas productivos que desarrolle la lechería del país es clave no solamente para asegurar su productividad futura, sino que también comprometerá su futuro comercio internacional. El desarrollo de la huella de carbono, como enfoque para el seguimiento de la potencial contribución o mitigación de las emisiones de gases con efecto invernadero, será un requisito creciente en las exigencias de comercialización de las cadenas productivas.

Sistemas productivos de leche como el australiano y el neozelandés, con mucha participación en el comercio internacional, han hecho foco de alta preocupación sobre la situación de pérdida progresiva de CO que tienen los suelos de sus regiones dedicadas a la producción lechera. Los antecedentes de información experimental sobre sistemas mixtos con rotaciones de pasturas y cultivos, generados en los experimentos de largo plazo de La Estanzuela, evidenciaron cierta sostenibilidad del CO del suelo. Sin embargo, se obtuvieron sin pastoreo animal, lo que dejó siempre abierta la interrogante de su sostenibilidad con los efectos del pastoreo y las condiciones propias de un rubro tan intensivo como la lechería.

El CO del suelo de las parcelas de los Sistemas Lecheros de La Estanzuela fue analizado a partir de 1974 y en diversos momentos a lo largo de los últimos cuarenta años. Esta información constituye una inestimable base para estudiar y comprender cómo los sistemas reales de producción lechera provocaron grandes cambios en el manejo del suelo y la calidad del mismo. Se trata de información inédita que se analiza por primera vez y que permite visualizar las oportunidades y amenazas en la sostenibilidad productiva y algunos impactos ambientales de la lechería uruguaya.

En base a los registros de manejo de las parcelas de los sistemas de producción se caracterizaron y cuantificaron las principales variables que se presume pueden tener efectos significativos en la dinámica del CO del suelo (Cuadro 1).

Estas variables se cuantifican para cuatro grandes sistemas de producción lechera que presentaban claros contrastes de manejo del suelo y que ocurrieron en diferentes períodos y/o grupos de parcelas: Secuencias no Planificadas (S1) 1966-1983, Rotación Planificada (R1) 1984-1998, Rotación Planificada Avanzada (R3) 2003-2010, y Rotación del Sistema Intensivo (R2) 1999-2010. Dieciséis parcelas estuvieron siempre en el Sistema General de la Unidad de Lechería con los períodos de manejo S1, R1 y R3, asociadas con 3 parcelas permanentes en campo natural donde se realizaron confinamientos nocturnos y/o en períodos de mal tiempo con alimentación por reservas forrajeras y concentrados. Seis parcelas corresponden al Sistema Intensivo Actual (R2) y que fueron manejadas hasta 1998 como S1 y R1; una parcela permanente en campo natural integra este sistema.

Cuadro 1. Indicadores de uso del suelo y de productividad de las rotaciones predominantes en la Unidad de Lechería de INIA durante los últimos 44 años.

Sistemas de Producción		S1	R1	R3	R2
Período de Aplicación		1966 - 1983	1984 - 1998	2003 - 2010	1999 - 2010
% de uso del tiempo anual por unidad de rotación	Pastura y Cultivos	72	78	81	80
	Barbechos	28	22	19	20
Barbecho por unidad de rotación (meses)	Totales	20	16	13	12
	En invierno	4	0	2	0
Tipo de Laboreo		LC	LC	SD	SD
Laboreos Anuales por Unidad de Rotación	Profundos	15	0	9	0
	Superficiales	15	0	12	0
	Total	30	0	21	0
Productividad de las pasturas por tecnología empleada		bajo	medio	alto	alto
Nivel de Gramilla		alto	medio	bajo	bajo
Uso anual máximo de N (kg ha ⁻¹)		38	31	35	31
Productividad de Leche (L ha ⁻¹ año ⁻¹)		< 3000	3000-6500	6500-8500	8500-11500
Ingreso de Concentrados y Forrajes Kg/vaca/año * (vacas/ha) = (kg MS ha ⁻¹)		500*0.7=350	800*0.9=720	1200*1=1200	1700*1.4=2380

En el Cuadro 1 puede apreciarse como a medida que transcurren los años fueron aplicándose sistemas cada vez más intensivos y con grandes cambios técnicos, aunque en general se mantuvo un sistema mixto con 50 % del tiempo dedicado a cultivos anuales y 50 % a pasturas de mezclas de leguminosas y gramíneas. De un muy intenso laboreo convencional en S1 se progresa hacia reducciones del laboreo en R1 y posteriormente a siembra directa en R3 y R2. En forma paralela se fueron reduciendo los tiempos de barbecho improductivo, aumentando la productividad de las pasturas y también aumentando la cantidad de reservas y concentrados de origen extrapredial. Naturalmente todos esos cambios técnicos se vieron acompañados de grandes aumentos de la producción de leche.

Los 11 factores considerados en el cuadro 1 generan diferentes tendencias sobre el balance de CO. (1) La proporción de pasturas en el tiempo total de la rotación favorece la acumulación. (2) La proporción del tiempo en barbecho incrementa el riesgo de pérdida por suelo descubierto a la erosión. (3) Los meses de invierno en barbecho coadyuvan a la pérdida porque son más frecuentes los escurrimientos erosivos superficiales. (4) El laboreo convencional facilita pérdidas por mineralización mientras que la siembra directa promueve la acumulación superficial. (5 y 6). La mayor frecuencia de operaciones de laboreos superficiales y profundos promueve pérdidas por mineralización y erosión. (7) La tecnología de manejo de pasturas principalmente por los factores de fertilización y pastoreo controlado aumentan su productividad y contribución de CO. (8) La gramilla es una maleza que hace grandes aportes de materia orgánica y por ser estolonífera su presencia disminuye el riesgo de pérdida de CO por erosión, (9) La cantidad de fertilizantes nitrogenados empleados en la rotación contribuyen a incrementar la productividad de los cultivos forrajeros y a que los residuos se estabilicen como CO en el suelo. (10) La mayor productividad de leche implica principalmente mayor extracción de N del sistema lo que disminuye la capacidad de acumulación de CO. (11) El ingreso extra predial de forrajes y concentrados es una vía directa de incremento de CO en el suelo.

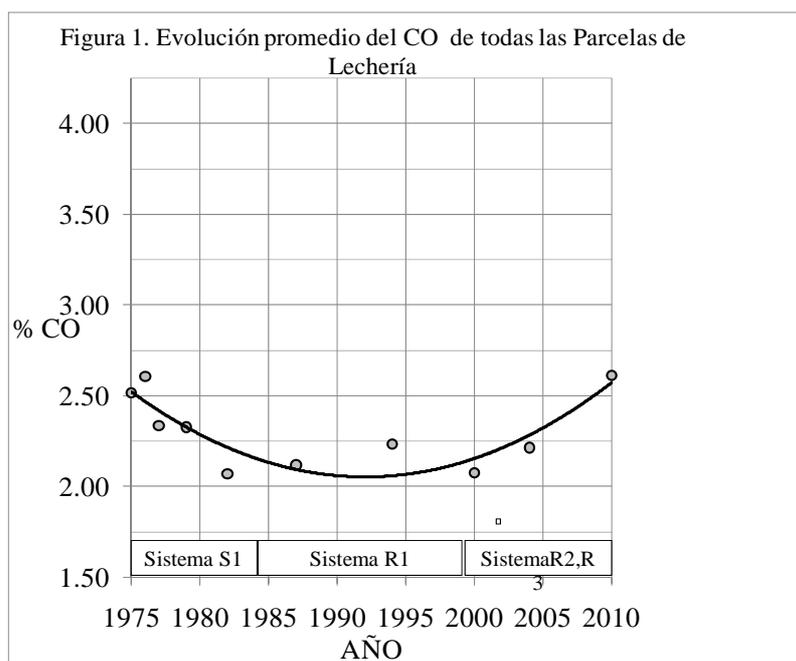
En la figura 1 se aprecia como las modificaciones extremas en laboreo, carga animal e importación de forrajes determinaron dos períodos contrastantes en la dinámica del CO del suelo. Los primeros 17 años, presentaron fuertes pérdidas de CO a tasas anuales promedio estimadas de 0.89 t ha⁻¹ año⁻¹. Las ganancias de CO esperables durante la fase de pasturas de la rotación, aparentemente no fueron suficientes para compensar las pérdidas de CO debidas principalmente al intenso laboreo en la fase de cultivos forrajeros. Esta tendencia se revirtió en los siguientes 18 años con ganancias de CO de 0.94 t ha⁻¹ año⁻¹. Tres factores principales de manejo se discuten para explicar el rápido incremento de CO: la confluencia y sinergia de los sistemas mixtos

realizados en siembra directa, mejoras de la productividad de las pasturas y cultivos e importación de alimentos al sistema.

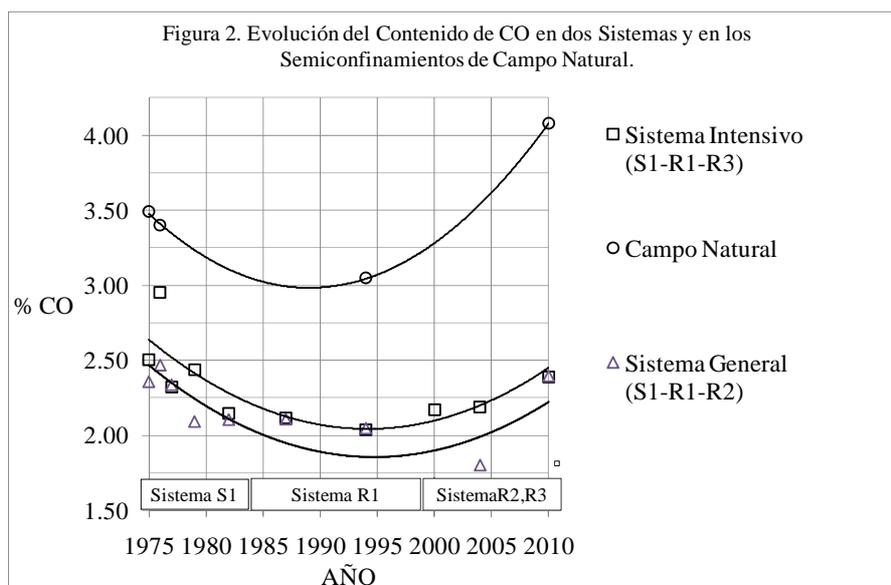
Claramente estos resultados cuestionan dar por cierto que simplemente por realizar una rotación de cultivos anuales con pasturas mezcla de leguminosas y gramíneas perennes se alcanza un balance neutro o positivo de CO. En el caso del sistema S1 la alta frecuencia de laboreos, los grandes períodos en barbecho sin cobertura y los pastoreos en condiciones excesivamente húmedas generaron pérdidas de CO que no pudieron ser compensadas por la contribución de las pasturas de la rotación. De hecho, las pérdidas de CO que se registraron en S1 son tan altas ($1.2\% \text{ año}^{-1}$) como las verificadas en una rotación agrícola continua en la misma Unidad de Suelos (Díaz-Rossello, 1994).

En el período del sistema R1 se estabiliza el contenido de CO y comienza una lenta recuperación que se incrementa notablemente con los sistemas R2 y R3. Durante la aplicación del sistema R1 los factores que serían más importantes en mejorar la acumulación de CO son: la reducción de las operaciones de laboreo, la mejora del manejo con incremento de la productividad de las pasturas y la disminución de los periodos de barbecho sin cobertura, principalmente en invierno.

A partir del año 1995 se acelera la acumulación de CO con progresivas reducciones del laboreo e ingreso en SD. Simultáneamente aumenta la productividad de las pasturas y el ingreso de forrajes y concentrados extra prediales que se puede suponer que también contribuyen a la acumulación de CO. En relativamente pocos años se logra sobrepasar significativamente el nivel de CO con que se inició la evaluación en 1974. No hay ningún indicio aún de disminución en el ritmo de acumulación con el uso de la actual rotación forrajera bajo SD. Se alienta así la posibilidad de mayor restauración de las condiciones de fertilidad con estos sistemas productivos.



El sistema general de la Unidad de Lechería y el sistema intensivo solamente difieren en el manejo de los últimos 10 años y aún no muestran diferencias claras de acumulación de CO (Figura 2). Se espera que estas diferencias comiencen a manifestarse luego de más años de operación de los sistemas.



Tal cual ocurre en los tambos comerciales, existe un grupo de parcelas que se destinan al confinamiento del ganado, ya sea para evitar los pastoreos de pasturas cultivadas en períodos de lluvia, como para suministrar concentrados, henos y silos en forma confinada, y que se denominan genéricamente “campo natural mejorado”. Las parcelas de estos semi-confinamientos muestran la misma dinámica general del CO que las parcelas del resto del sistema manejadas bajo rotación de pasturas y cultivos (Figura 2). Se aprecia un período de fuertes pérdidas hasta comienzos de la década del 90 y luego recuperaciones muy importantes. En primer lugar cabe preguntarse por qué se registró un ciclo de fuertes pérdidas de CO, cuando en el campo natural mejorado no se efectuaban laboreos ni períodos de barbechos improductivos, que fueron los factores con mayor asociación a los cambios de CO en el Sistema General y el Sistema Intensivo.

La explicación a este comportamiento se puede encontrar en cuatro características de manejo de estas parcelas durante el período del sistema S1: 1) Hasta inicios de los años 90 no se daban concentrados ni reservas en semi-confinamiento por lo que no había traslado sistemático de nutrientes ni un ingreso extra predial de CO a esos potreros. 2) En el mismo período no se habían consolidado mejoras acumulativas del tapiz natural por fertilización fosforada e introducción sistemática de leguminosas. 3) Hasta los años 90 la carga animal de estos potreros fue considerablemente más baja que en el último período estudiado.

En el período del sistema R1 se equilibran pérdidas y ganancias y en los sistemas R2 y R3 se aprecian muy fuertes ganancias de CO con probable origen en: las mejoras en la productividad del tapiz, los incrementos muy importantes de las reservas forrajeras y de concentrados que se suministran en esas parcelas, el fuerte traslado de nutrientes por uso de altas cargas animales y períodos de ocupación más extensos al no depender exclusivamente del forraje en pie sino de los suplementos usados.

Lo más relevante de esta información cuantitativa es la intensidad de la recuperación o secuestro de carbono por el suelo. Las parcelas de semi-confinamiento presentan un incremento promedio de 1.10% de CO.

Conclusiones

La evolución del manejo del suelo como consecuencia de los cambios técnicos de los sistemas productivos de la Unidad de Lechería puede considerarse representativa de los cambios ocurridos y en proceso en la cuenca lechera nacional. Quizás en la Unidad de Lechería sucedieron con cierta anticipación, pero reflejan la situación actual de los sistemas comerciales cuya productividad por vaca masa transitan desde 4500 L ha⁻¹ a niveles superiores a 6500 L ha⁻¹. Los trabajos de relevamiento del estado actual de los suelos dedicados a lechería cuantificaron un deterioro del contenido original de CO del orden del 22%. Complementariamente, el presente trabajo diagnostica una situación promisoriosa de posible restauración de la fertilidad productiva y de notable capacidad de secuestro de carbono (aproximadamente 2 % de acumulación anual) con la

misma tecnología que viene siendo adoptada en la actualidad por los productores lecheros más intensivos.

La fijación biológica de nitrógeno por las pasturas de leguminosas en la rotación parece haber sido el factor clave para sostener un balance positivo del CO₂, cuando los demás factores de manejo (laboreo, tiempo en barbecho, etc.) se modificaron para reducir las pérdidas por mineralización y erosión.

El diagnóstico realizado sobre la acumulación de CO₂ en las parcelas de semi-confinamiento plantea la oportunidad de capitalizar esa condición de los suelos, con inmejorable situación de fertilidad, incorporándolos a la fase agrícola del sistema. Si esto no fuera posible por restricciones operativas del establecimiento se abren dos estrategias a considerar y valorar; a) dispersar las áreas de suministro de concentrados y reservas hacia mayor número de parcelas de la rotación o b) concentrar esos suministros en patios de alimentación diseñados para hacer viable el reciclaje de los efluentes hacia las parcelas con pasturas.

Estas alternativas deben ser evaluadas considerando no solamente los beneficios productivos sino de contaminación ambiental y su posible manejo a la luz de las capacidades y restricciones para su implementación propias de cada establecimiento. Cabe interrogarse acerca de la necesidad de desarrollo de tecnologías apropiadas para su manejo por la investigación local, ya que el área que ocupan estos potreros en los establecimientos lecheros es muy significativa y también lo es la dimensión de las oportunidades productivas y amenazas ambientales que se plantean.

En síntesis el sendero tecnológico de los sistemas lecheros en desarrollo y adopción comercial muestra una situación muy promisoriosa en términos de acumulación y secuestro de carbono por la naturaleza del sistema que se emplea basado en la complementación del sistema mixto con la siembra directa.