



**Ministerio de Desarrollo Social y  
Medio Ambiente  
Secretaría de Desarrollo Sustentable y  
Política Ambiental**

**INVENTARIO DE GASES DE  
EFECTO INVERNADERO 1997  
CAMBIO DEL CONTENIDO DE  
CARBONO EN EL SUELO POR  
PRÁCTICAS AGRÍCOLAS**



## 1) INTRODUCCIÓN.

### **Importancia de la menor emisión de CO<sub>2</sub>.**

La temperatura media de la atmósfera terrestre se ha incrementado en medio grado centígrado en los últimos treinta años debido al llamado “efecto invernadero”, ocasionado por el aumento en el contenido de gases como el CO<sub>2</sub>, el metano, el óxido nitroso, clorofluorocarburos, etc, que capturan el calor que irradia la superficie terrestre.

Los dos gases que tienen mayor relevancia en este efecto por estar en las concentraciones más elevadas son el CO<sub>2</sub> y el vapor de agua, cuyos montos están regulados por los ciclos globales del carbono y el ciclo hidrológico respectivamente. Durante los últimos 160.000 años los niveles estimados de vapor de agua han permanecido constantes, mientras que los de CO<sub>2</sub> han fluctuado, correlacionándose con los cambios de temperatura media de la superficie terrestre.

Desde la década de 1950 son crecientes las cantidades de gases de invernadero que se emiten hacia la atmósfera, principalmente debido a la quema de combustibles fósiles, el uso de clorofluorocarbonados, la agricultura y la deforestación. Los modelos climáticos actuales proyectan que la temperatura media de la Tierra se elevará 1,5 °C a 5,5 °C durante los próximos 50 años (Ferreyra, 1999) si las emisiones de estos gases continúan incrementándose a la tasa actual.

Los impactos de este calentamiento sobre la agricultura son impredecibles, ya que el 70% de la variabilidad en los rendimientos de los cultivos se debe a factores meteorológicos. Si bien en algunos casos pueden ser beneficiosos, como por ejemplo el posible aumento de la productividad en un 60% a 80% en algunas zonas debido al aumento de la tasa fotosintética de las plantas por el incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, pueden ser neutralizados por el impacto negativo del aumento de la tasa de respiración de los cultivos, lo que reduciría la disponibilidad de agua, así como por una mayor incidencia de plagas con una alta velocidad de reproducción.

Asimismo, debe tenerse en cuenta para el análisis de los impactos del calentamiento global, no sólo el cambio de las condiciones promedio del clima, sino el aumento factible de la variabilidad climática, afectando los ciclos de cultivos y plagas y la frecuencia de eventos climáticos extremos.

### **La actividad agrícola y el balance de C.**

El ciclo del carbono en la agricultura tiene una etapa de integración y otra de desintegración (respiración microbiana, vegetal y animal) a través de la cual emite CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

También debe tenerse en cuenta la pérdida de C de los suelos por la quema de rastrojos de trigo para la siembra de soja de segunda, aproximadamente hasta el año 1983, y la mineralización de la

materia orgánica. Se estimó que la primera , en el período entre 1973 y 1983 aportó 15 tn C/ha, y la oxidación biológica de la materia orgánica del suelo 34 tn C/ha (Andriulo et al 1996).

### **Participación de la actividad agropecuaria de la pampa húmeda en la emisión de CO<sub>2</sub>.**

La emisión media anual de CO<sub>2</sub>/ha sin considerar el aporte de la quema de rastrojos y asumiendo una disminución exponencial simple, es de 0.33 ton C/ha (Andriulo et al 1996). Extrapolando ese valor a los cinco millones de has que representa la zona agrícola pampeana, la emisión anual es de 1.670.000 ton C.

Esta cantidad representa solamente el 14% de las emisiones de C liberadas por la quema anual de combustible fósil en el estado de IOWA, y el 0.02% de las correspondientes a la deforestación y quema del Amazonas (Ferreira, 1999).

No obstante el compromiso de la Argentina como país agroexportador es la disminución de la proporción de emisiones que le corresponde. Al respecto debe decirse que la reducción de la mineralización del C en el suelo puede tener un efecto importante en la emisión neta de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. De hecho, según los autores antes citados, una disminución del 20% en el número de labores de suelo anuales, puede disminuir la cantidad de C mineralizado en aproximadamente un 30%.

### **Rol de la agricultura conservacionista en la emisión de CO<sub>2</sub>. Manejo de los rastrojos como estrategia de producción.**

La transformación de la producción agraria en la región pampeana argentina, que comenzó a operarse a mediados de la década del 70 trajo aparejado, además de innovaciones tecnológicas importantes, cambios en el uso de la tierra con efectos económicos y sociales favorables. No obstante generaron también una problemática ambiental como consecuencia fundamentalmente, de la degradación de los suelos.

La orientación hacia nuevos sistemas de producción de agricultura continuada y el desplazamiento de la ganadería, determinaron la intensificación y expansión agrícola.

Dado que esta incorporación de tecnología no fue acompañada de adecuadas prácticas de conservación y manejo de suelos y que además, se tendió a maximizar el aprovechamiento de la fertilidad natural de los mismos, se aceleraron y agravaron los procesos de degradación en el área.

El arado de rejas y vertedera, aunque actualmente en menor grado, fue la única herramienta utilizada para la labranza fundamental de los campos realizándose luego varias labranzas secundarias hasta dejar el suelo sin ninguna cobertura y con la mínima rugosidad, principalmente en la preparación de la cama de siembra de soja que coincide con las épocas de precipitaciones más intensas.

El suelo en estas condiciones queda expuesto a la acción del agua de lluvia que, según el grado de la pendiente, escurre superficialmente con un efecto altamente erosivo perdiéndose entre 20 y 50 Tn/ha/año de suelo.

La erosión y el encostramiento son sólo dos de los impactos ambientales negativos de la agricultura continua practicada en forma tradicional, pero existen otros que hacen a la baja fertilidad y productividad actual de las tierras de la región:

- Degradación física: disminución de la porosidad y estabilidad estructural de los suelos, encharcamiento, pisos de arado y de disco (compactaciones localizadas en el perfil del suelo generadas por las herramientas tradicionales de labranza).
- Degradación química: pérdidas del contenido de nitrógeno y fósforo (45% y 42% respecto al contenido original), acidificación, debida principalmente a la oxidación rápida de la materia orgánica en el suelo al invertirlo con las herramientas tradicionales.
- Degradación biológica: disminución del contenido de materia orgánica en un 47% del contenido original, debido a un aumento de la oxidación de la misma por efecto de las labranzas continuadas con inversión del suelo, disminución de la actividad de microorganismos nitrificantes y humificantes por la baja concentración de oxígeno en suelos compactados, y contaminación con plaguicidas y fertilizantes.

Descontando el proceso de erosión, que participa en la pérdida de materia orgánica del suelo (por arrastre de la misma en la masa del suelo), y asumiendo que los aportes orgánicos de los residuos de cosecha son similares a los que se producen en un suelo virgen del área de Pergamino (Andriulo et al 1996), la pérdida de C del 34% del contenido original bajo condiciones de agricultura tradicional, puede explicarse por el incremento de la mineralización de la materia orgánica causada por el laboreo mecánico.

La agricultura conservacionista se basa en la disminución del laboreo de los suelos, con labranzas mínimas de tipo vertical, o en la ausencia de remoción mediante siembra directa. Al respecto, en la reunión cumbre de Cambio Climático realizada en Buenos Aires en 1999, se sostuvo que mediante la utilización de sistemas de labranza conservacionistas, y especialmente de siembra directa, se puede aumentar la cantidad de materia orgánica en los suelos y a su vez disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>, fijando en el suelo aproximadamente 190 millones de toneladas anuales de C en las diferentes regiones agrícolas argentinas. Asimismo disminuiría la degradación de los suelos y principalmente la erosión.

La adopción de prácticas conservacionistas en la región pampeana ha sido creciente en los últimos años. La rotación de cultivos, el control de la erosión hídrica, la disminución de labores y la labranza vertical reducida manteniendo ciertos porcentajes de cobertura, comenzaron a utilizarse cada vez en mayor proporción en la década del 80 y en la actual. Pero la práctica que más ha crecido en los últimos años es la siembra directa (ver anexo, gráfico 1) que está representada actualmente por el 30 % de la superficie agrícola total, siendo las provincias en donde más se ha adoptado Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba (AAPRESID 1999).

Esta situación es aliciente si se la compara con la de otros países con características agrícolas semejantes a la Argentina, como es Estados Unidos. En ese país se estima que un 37% de la superficie agrícola se está manejando bajo algún sistema de labranza conservacionista, incluyendo labranza mínima, labranza con cobertura (más del 30% de cobertura de rastrojos), y siembra directa (CTIC, 1997).

En nuestro país, la siembra directa alcanza casi la misma proporción de superficie que todos los sistemas conservacionistas en EEUU, haciendo suponer que si se tienen en cuenta los otros sistemas utilizados (de los que no se disponen datos) la totalidad de superficie bajo labranzas conservacionistas es mayor proporcionalmente al ejemplo de Estados Unidos.

La adopción de estos sistemas se produjo fundamentalmente por dos factores: sensibilización de los productores por la conservación del suelo, y coyuntura económica.

De hecho, en los últimos años se ha incrementado proporcionalmente el precio del gasoil y ha aumentado la dificultad para adquirir herramientas -favoreciendo la disminución de labores- así como disminuyó el precio de los herbicidas, los fertilizantes, y aparecieron plantas transgénicas -incentivando el uso de la siembra directa-.

De mantenerse condiciones similares, cabe esperar que los sistemas conservacionistas en Argentina sigan creciendo en superficie. Al respecto, en EEUU se prevé que en el año 2010 la adopción de estos sistemas será del 63% al 82% de la superficie agrícola (Schertz, 1988).

El objeto del presente trabajo es calcular el cambio en el contenido de carbono de los suelos en la región Pampeana argentina desde 1977 y estimar el posible cambio en el futuro, en vistas de la capacidad de los sistemas de agricultura conservacionistas de fijar el C en los suelos y disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

## **2. DEFINICIÓN DEL MARCO GENERAL PARA EL CÁLCULO DE CAMBIO EN EL CONTENIDO DE CARBONO DEL SUELO.**

a) La región agrícola seleccionada comprende a las provincias de Santa Fe, Buenos Aires y Córdoba, con una superficie de  $145.044 \times 10^3$  has, representando el 50% de la superficie agrícola y el 54% del PBI de la República Argentina (Ver anexo gráfico 2).

b) Se ponderó el porcentaje relativo de suelos poco activos y muy activos en la región, siendo estas del 22% y 70% respectivamente.

c) Caracterización de los tipos de suelo:

Suelos muy activos: suelos con buenas condiciones físicas, químicas y biológicas, altos tenores de materia orgánica, elevada capacidad de intercambio catiónico, profundo desarrollo del solum y alta actividad biológica.

Suelos poco activos: suelos con bajos tenores de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico, escaso desarrollo del solum y mediana a baja actividad biológica.

d) El trabajo se desarrolló tomando en cuenta las tierras destinadas a la agricultura. No se consideraron los suelos orgánicos o abonados con cal debido a su escasa representatividad.

e) Caracterización de sistemas de manejo del suelo:

Producción intensiva de granos: este sistema se desarrolla con labranzas intensivas e insumos reducidos. La labranza intensiva consiste en la inversión total del suelo con numerosas labores de refinamiento. Los residuos de cosecha se queman o se entierran con las labores, dejando la superficie sin cobertura de rastrojos.

Labranza reducida: este sistema se desarrolla reduciendo el número de labores y mediante labranzas verticales (sin inversión del suelo). Los residuos permanecen en forma parcial sobre la superficie del suelo (cobertura no menor al 30%).

Siembra directa: no hay remoción del suelo, los residuos de cosecha permanecen en su totalidad en la superficie del suelo. Se utiliza mayor cantidad de insumos (principalmente fertilizantes).

f) Coeficientes utilizados en los procedimientos de cálculo por defecto:

Para los suelos poco activos y muy activos el Factor base utilizado es 0.7 (coeficiente establecido por el IPCC de pérdida de carbono en suelos minerales)

Para la región agrícola seleccionada, los contenidos aproximados de carbono en los suelos con vegetación natural (tn/ha de C para una profundidad del 0 a 30 cm) fueron 110 y 70 para los suelos muy activos y poco activos respectivamente.



### 3. CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO POR CAMBIO DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS ENTRE LOS PERÍODOS 1977-1997 Y 1990-2010.

- a) En las hojas de trabajo 5-5ª se definen, para cada sistema de manejo y tipos de suelo, los factores utilizados, según tabla 5-8 a -coeficientes utilizados en los procedimientos de cálculo por defecto- del libro de trabajo del IPCC.
- b) En las hojas de trabajo 5-5 (1de4) se destacan los cambios en el contenido de C de los suelos minerales para cada sistema de manejo.
- c) El cálculo total de emisiones de CO<sub>2</sub> –C de los suelos afectados por agricultura se detalla en la hoja de trabajo 5-5 (4 de 4).

d) Coeficientes utilizados:

- Período 1977 - 1997: ver tabla 1 5-5ª (adicional), (índices según IPCC).
- Período 1990 - 2010: ver tabla 2 5-5A (ADICIONAL) (INDICES MODIFICADOS).

Para este último período se utilizan los indicadores de tendencia, teconología y competitividad de los sistemas de siembra directa y labranza mínima.

e) Definición de tres escenarios macroeconómicos para el período 1990-2010:

Se definieron tres escenarios macroeconómicos en función de la bibliografía disponible, relacionados con tendencias internacionales y regionales (MERCOSUR).

- Escenario bajo: es el obtenido para el período 1990-2010.
- Escenario medio: los cálculos para la determinación del cambio neto en el C de los suelos, se obtuvieron a través de la modificación de los factores, y comprende al 72% de siembra directa, 23% de labranza reducida y 5% de labranza intensiva.
- Escenario alto: los cálculos para la determinación del cambio neto en el C de los suelos, se obtuvieron a través de la modificación de los factores, y comprende al 80 de siembra directa, 20 de labranza reducida.

Cuadro resumen. evolución de la siembra directa en los escenarios (ver anexo. gráfico 3)

	1997	1999	Tipo de escenario	2010
Porcentaje de superficie agrícola en siembra directa	20 %	32 %	Alto	80 %
			Medio	72 %
			Bajo	50 %

**Tablas IPCC:**

**1. PERÍODO 1977-1997**

Tabla 1.

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA					
SUBMÓDULO	CARBONO EN LOS SUELOS EN TIERRAS AFECTADAS POR LA AGRICULTURA					
HOJA DE TRABAJO	5-5A (ADICIONAL) (INDICES SEGÚN IPCC)					
HOJA	1					
A Sistema de manejo de la tierra	B Tipo de suelo	C Contenido de carbono en los suelos con vegetación natural (Mg C/ha)	D Factor de base	E Factor de labranza	F Factores de insumos	G Carbono en los suelos en tierras afectadas por la agricultura (Mg C/ha)
Labranza reducida	Suelo muy activo	110	0.7	1.05	1	80.85
	Suelo poco activo	70	0.7	1.05	1	51.45
Siembra directa	Suelo muy activo	110	0.7	1.1	1	84.70
	Suelo poco activo	70	0.7	1.1	1	53.90
Labranza intensiva	Suelo muy activo	110	0.7	1	0.9	69.30
	Suelo poco activo	70	0.7	1	0.9	44.10

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA						
SUBMÓDULO	CAMBIO EN EL CONTENIDO DE CARBONO DE LOS SUELOS MINERALES						
HOJA DE TRABAJO	5-5						
HOJA	1 DE 4						
A Sistemas de manejo de la tierra	B Tipo de suelo	C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					F=CxD	G=CxE	H=G-F
Producción de granos con labranza reducida	Suelos muy activos	80.85	1.825	5.009	147.55	404.98	257.43
	Suelos poco activos	51.45	0.983	2.928	50.58	150.65	100.07
TOTALES			2.808	7.937			357.5

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA						
SUBMÓDULO	CAMBIO EN EL CONTENIDO DE CARBONO DE LOS SUELOS MINERALES						
HOJA DE TRABAJO	5-5						
HOJA	1 DE 4						
A Sistemas de manejo de la tierra	B Tipo de suelo	C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					F=CxD	G=CxE	H=G-F
Producción de granos con siembra directa	Suelos muy activos	84.70	0	2.45	0.00	207.52	207.52
	Suelos poco activos	53.90	0	0.95	0.00	51.21	51.21
TOTALES			0	3.4			258.73

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA						
SUBMÓDULO	CAMBIO EN EL CONTENIDO DE CARBONO DE LOS SUELOS MINERALES						
HOJA DE TRABAJO	5-5						
HOJA	1 DE 4						
A Sistemas de manejo de la tierra	B Tipo de suelo	C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					F=CxD	G=CxE	H=G-F
Producción de granos con labranza intensiva	Suelos muy activos	69.30	7.303	1.669	506.10	115.66	-390.44
	Suelos poco activos	44.10	3.932	1.037	173.40	45.73	-127.67
TOTALES			11.235	2.706			-518.11

**Tabla resumen período 1977-1997**

A Sistemas de manejo de la tierra		C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					F=CxD	G=CxE	H=G-F
Producción de granos con labranza reducida	Suelos muy activos	80.85	1.825	5.009	147.55	404.98	257.43
	Suelos poco activos	51.45	0.983	2.928	50.58	150.65	100.07
Producción de granos con siembra directa	Suelos muy activos	84.70	0	2.45	0.00	207.52	207.52
	Suelos poco activos	53.90	0	0.95	0.00	51.21	51.21
Producción de granos con labranza intensiva	Suelos muy activos	69.30	7.303	1.669	506.10	115.66	-390.44
	Suelos poco activos	44.10	3.932	1.037	173.40	45.73	-127.67
Total			14.043	14.043			98.11

## 2. PERÍODO 1990- 2010 (y escenario medio)

Tabla 2.

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA					
SUBMÓDULO	CARBONO EN LOS SUELOS EN TIERRAS AFECTADAS POR LA AGRICULTURA					
HOJA DE TRABAJO	5-5A (ADICIONAL) (INDICES MODIFICADOS)					
HOJA	1					
A Sistema de manejo de la tierra	B Tipo de suelo	C Contenido de carbono en los suelos con vegetación natural (Mg C/ha)	D Factor de base	E Factor de labranza	F Factores de insumos	G Carbono en los suelos en tierras afectadas por la agricultura (Mg C/ha)
Labranza reducida	Suelo muy activo	110	0.7	1.05	1	80.85
	Suelo poco activo	70	0.7	1.05	1	51.45
Siembra directa	Suelo muy activo	110	0.7	1.1	1.15	97.41
	Suelo poco activo	70	0.7	1.1	1.15	61.99
Labranza intensiva	Suelo muy activo	110	0.7	1	0.9	69.30
	Suelo poco activo	70	0.7	1	0.9	44.10

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA						
SUBMÓDULO	CAMBIO EN EL CONTENIDO DE CARBONO DE LOS SUELOS MINERALES						
HOJA DE TRABAJO	5-5						
HOJA	1 DE 4						
A Sistemas de manejo de la tierra	B Tipo de suelo	C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					F=CxD	G=CxE	H=G-F
Producción de granos con labranza reducida	Suelos muy activos	80.85	6.897	2.343	557.62	189.43	-368.19
	Suelos poco activos	51.45	1.946	0.770	100.12	39.62	-60.51
TOTALES			8.843	3.113			-428.7

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA						
SUBMÓDULO	CAMBIO EN EL CONTENIDO DE CARBONO DE LOS SUELOS MINERALES						
HOJA DE TRABAJO	5-5						
HOJA	1 DE 4						
A Sistemas de manejo de la tierra	B Tipo de suelo	C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					F=CxD	G=CxE	H=G-F
Producción de granos con siembra directa	Suelos muy activos	97.41	0.234	8.120	22.79	790.93	768.14
	Suelos poco activos	61.99	0.066	2.110	4.09	130.79	126.70
TOTALES			0.3	10.23			894.84

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA
--------	-------------------------------

SUBMÓDULO		CAMBIO EN EL CONTENIDO DE CARBONO DE LOS SUELOS MINERALES					
HOJA DE TRABAJO		5-5					
HOJA		1 DE 4					
A Sistemas de manejo de la tierra	B Tipo de suelo	C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					F=CxD	G=CxE	H=G-F
Producción de granos con labranza intensiva	Suelos muy activos	69.30	3.820	0.550	264.73	38.12	-226.61
	Suelos poco activos	44.10	1.080	0.150	47.63	6.62	-41.01
TOTALES			4.9	0.7			-267.62

**Tabla resumen período 1990-2010 (y escenario medio)**

A Sistemas de manejo de la tierra		C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					F=CxD	G=CxE	H=G-F
Producción de granos con labranza reducida	Suelos muy activos	80.85	6.897	2.343	557.62	189.43	-368.19
	Suelos poco activos	51.45	1.946	0.770	100.12	39.62	-60.51
Producción de granos con siembra directa	Suelos muy activos	97.41	0.234	8.120	22.79	790.93	768.14
	Suelos poco activos	61.99	0.066	2.110	4.09	130.79	126.70
Producción de granos con labranza intensiva	Suelos muy activos	69.30	3.820	0.550	264.73	38.12	-226.61
	Suelos poco activos	44.10	1.080	0.150	47.63	6.62	-41.01
Total			14.043	14.043			198.52

MÓDULO		CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA			
SUBMÓDULO		CÁLCULO DEL TOTAL DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> -C PROCEDENTES DE LOS SUELOS AFECTADOS POR AGRICULTURA			
HOJA DE TRABAJO		5-5			
HOJA		4 DE 4 (1990-2010 Y ESCENARIO MEDIO)			
Fuente	A cifras de la hoja de trabajo	B Factor de conversión de unidades	C Total anual de emisiones (Gg)	D Conversión a total anual de emisiones de CO <sub>2</sub> (Gg/año)	
Cambio neto total en el carbono de los suelos minerales	198.51	-50	-9925.6535	-36394.06	
TOTAL				-36394.06	

### 3. ESCENARIOS MACROECONÓMICOS “BAJO” Y “ALTO”

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA					
SUBMÓDULO	CARBONO EN LOS SUELOS EN TIERRAS AFECTADAS POR LA AGRICULTURA					
HOJA DE TRABAJO	5-5A (ADICIONAL) (INDICES MODIFICADOS)					
HOJA	1					
A Sistema de manejo de la tierra	B Tipo de suelo	C Contenido de carbono en los suelos con vegetación natural (Mg C/ha)	D Factor de base	E Factor de labranza	F Factores de insumos	G Carbono en los suelos en tierras afectadas por la agricultura (Mg C/ha)
Labranza reducida	Suelo muy activo	110	0.7	1.05	1	80.85
	Suelo poco activo	70	0.7	1.05	1	51.45
Siembra directa	Suelo muy activo	110	0.7	1.1	1.15	97.41
	Suelo poco activo	70	0.7	1.1	1.15	61.99
Labranza intensiva	Suelo muy activo	110	0.7	1	0.9	69.30
	Suelo poco activo	70	0.7	1	0.9	44.10

#### 3.1. Escenario “bajo”.

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA						
SUBMÓDULO	CAMBIO EN EL CONTENIDO DE CARBONO DE LOS SUELOS MINERALES						
HOJA DE TRABAJO	5-5						
HOJA	1 DE 4						
A Sistemas de manejo de la tierra	B Tipo de suelo	C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					$F=CxD$	$G=CxE$	$H=G-F$
Producción de granos con labranza reducida	Suelos muy activos	80,85	6,897	4,928	557,62	398,43	-159,19
	Suelos poco activos	51,45	1,946	1,390	100,12	71,52	-28,61
TOTALES			4.951	6.318			-187.8

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA						
SUBMÓDULO	CAMBIO EN EL CONTENIDO DE CARBONO DE LOS SUELOS MINERALES						
HOJA DE TRABAJO	5-5						
HOJA	1 DE 4						
A Sistemas de manejo de la tierra	B Tipo de suelo	C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					$F=CxD$	$G=CxE$	$H=G-F$
Producción de granos con siembra directa	Suelos muy activos	97,41	0,234	5,476	22,79	533,39	510,60
	Suelos poco activos	61,99	0,066	1,544	4,09	95,70	91,61
TOTALES			0,3	7,02			602,21

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA						
SUBMÓDULO	CAMBIO EN EL CONTENIDO DE CARBONO DE LOS SUELOS MINERALES						
HOJA DE TRABAJO	5-5						
HOJA	1 DE 4						
A Sistemas de manejo de la tierra	B Tipo de suelo	C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					F=CxD	G=CxE	H=G-F
Producción de granos con labranza intensiva	Suelos muy activos	69,30	3,820	0,548	264,73	37,98	-226,75
	Suelos poco activos	44,10	1,080	0,157	47,63	6,92	-40,70
TOTALES			4,9	0,705			-267,45

**Tabla resumen escenario “bajo”**

A Sistemas de manejo de la tierra		C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					F=CxD	G=CxE	H=G-F
Producción de granos con labranza reducida	Suelos muy activos	80,85	6,897	4,928	557,62	398,43	-159,19
	Suelos poco activos	51,45	1,946	1,390	100,12	71,52	-28,61
Producción de granos con siembra directa	Suelos muy activos	97,41	0,234	5,476	22,79	533,39	510,60
	Suelos poco activos	61,99	0,066	1,544	4,09	95,70	91,61
Producción de granos con labranza intensiva	Suelos muy activos	69,30	3,820	0,548	264,73	37,98	-226,75
	Suelos poco activos	44,10	1,080	0,157	47,63	6,92	-40,70
Total			14,043	14,043			146,96

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA			
SUBMÓDULO	CÁLCULO DEL TOTAL DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> -C PROCEDENTES DE LOS SUELOS AFECTADOS POR AGRICULTURA			
HOJA DE TRABAJO	5-5			
HOJA	4 DE 4 ESCENARIO “BAJO”			
Fuente	A cifras de la hoja de trabajo	B Factor de conversión de unidades	C Total anual de emisiones (Gg)	D Conversión a total anual de emisiones de CO <sub>2</sub> (Gg/año)
Cambio neto total en el carbono de los suelos minerales	146,96	-50	-7347,8545	-26942,13
TOTAL				-26942,13

### 3.2. Escenario “alto”.

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA						
SUBMÓDULO	CAMBIO EN EL CONTENIDO DE CARBONO DE LOS SUELOS MINERALES						
HOJA DE TRABAJO	5-5						
HOJA	1						
A Sistemas de manejo de la tierra	B Tipo de suelo	C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					F=CxD	G=CxE	H=G-F
Producción de granos con labranza reducida	Suelos muy activos	80,85	6,897	2,190	557,62	177,06	-380,56
	Suelos poco activos	51,45	1,946	0,620	100,12	31,90	-68,22
TOTALES			8,843	2,81			-448,78

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA						
SUBMÓDULO	CAMBIO EN EL CONTENIDO DE CARBONO DE LOS SUELOS MINERALES						
HOJA DE TRABAJO	5-5						
HOJA	1 DE 4						
A Sistemas de manejo de la tierra	B Tipo de suelo	C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					F=CxD	G=CxE	H=G-F
Producción de granos con siembra directa	Suelos muy activos	97,41	0,234	8,763	22,79	853,56	830,77
	Suelos poco activos	61,99	0,066	2,470	4,09	153,10	149,01
TOTALES			0,3	11,233			979,78

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA						
SUBMÓDULO	CAMBIO EN EL CONTENIDO DE CARBONO DE LOS SUELOS MINERALES						
HOJA DE TRABAJO	5-5						
HOJA	1 DE 4						
A Sistemas de manejo de la tierra	B Tipo de suelo	C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					F=CxD	G=CxE	H=G-F
Producción de granos con labranza intensiva	Suelos muy activos	69,30	3,820	0,000	264,73	0,00	-264,73
	Suelos poco activos	44,10	1,080	0,000	47,63	0,00	-47,63
TOTALES			4,9	0			-312,36

**Tabla resumen escenario “alto”**

A Sistemas de manejo de la tierra		C Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	D Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	E Superficie de las tierras (t) (Mha)	F Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	G Carbono en los suelos (t) (Tg)	H Cambio neto en el carbono de los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					F=CxD	G=CxE	H=G-F
Producción de granos con labranza reducida	Suelos muy activos	80,85	6,897	2,190	557,62	177,06	-380,56
	Suelos poco activos	51,45	1,946	0,620	100,12	31,90	-68,22
Producción de granos con siembra directa	Suelos muy activos	97,41	0,234	8,763	22,79	853,56	830,77
	Suelos poco activos	61,99	0,066	2,470	4,09	153,10	149,01
Producción de granos con labranza intensiva	Suelos muy activos	69,30	3,820	0,000	264,73	0,00	-264,73
	Suelos poco activos	44,10	1,080	0,000	47,63	0,00	-47,63
Total			14,043	14,043	996,98	1215,62	218,64

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA			
SUBMÓDULO	CÁLCULO DEL TOTAL DE EMISIONES DE CO2-C PROCEDENTES DE LOS SUELOS AFECTADOS POR AGRICULTURA			
HOJA DE TRABAJO	5-5			
HOJA	4 DE 4 ESCENARIO “ALTO”			
Fuente	A cifras de la hoja de trabajo	B Factor de conversión de unidades	C Total anual de emisiones (Gg)	D Conversión a total anual de emisiones de CO2 (Gg/año)
Cambio neto total en el carbono de los suelos minerales	218,64	-50	-10932,0768	-40084,28
TOTAL				-40084,28

**B) CALCULO ALTERNATIVO AL IPCC**  
**DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub>-C PARA LOS AÑOS 1997**  
**Y PROYECCIÓN AL AÑO 2010.**

Para la determinación de la emisión de CO<sub>2</sub>-C en una superficie de 14.000.000 de has agrícolas, se utilizó el criterio de su sectorización por aptitud de uso de los suelos según clasificación de las ocho clases del INTA.

El primer sector corresponde a las aptitudes I y II, el segundo a III y IV y el tercero a la aptitud V. Para cada sector se estimó la superficie destinada a las diferentes clases de uso:

- **CU1:** se desarrolla con labranzas intensivas e insumos reducidos. La labranza intensiva consiste en la inversión total del suelo con numerosas labores de refinamiento. Los residuos de cosecha se entierran con las labores, dejando la superficie sin cobertura de rastrojos.
- **CU2:** se desarrolla reduciendo el número de labores y mediante labranzas verticales (sin inversión del suelo). Los residuos permanecen en forma parcial sobre la superficie del suelo (cobertura no menor al 30%). Se realiza una mediana utilización de insumos tecnológicos.
- **CU3:** no hay remoción del suelo (siembra directa), los residuos de cosecha permanecen en su totalidad en la superficie del suelo. Se utiliza mayor cantidad de insumos (fertilizantes, herbicidas, fungicidas, híbridos y variedades de alto potencial de rendimiento, etc.).

La emisión media/año de CO<sub>2</sub>/ha se estimó interpolando datos suministrados por la bibliografía disponible, asignándose valores relativos para las distintas clases de uso.

**Procedimiento de cálculo:**

- El total de emisiones media anual de C/clase de uso de suelos surge de la multiplicación de emisión media/año de C/ha por la superficie por clase de uso de los suelos.
- El total de emisiones media anual de CO<sub>2</sub>/clase de uso de suelos se obtiene de multiplicar la emisión media/año de C/ha por 3,666.

**Tablas de cálculos:**

**1. Total de emisiones de CO<sub>2</sub>/año 1997.**

Superficie de la región (en miles de has)	Superficie por aptitud de suelos (en miles de has)	Superficie por clase de uso de los suelos (en miles de has)		Emisión media/año de CO <sub>2</sub> /ha (tn)	Total de emisiones media anual de C/clase de uso de suelos (tn/ha)	Total de emisiones media anual de CO <sub>2</sub> /clase e uso de suelos (tn)
		CU1				
14000	I y II 4900	CU1	950	0,33	313500	1149291
		CU2	2760	0,23	634800	2327176,80
		CU3	1190	0,0138	16422	60203,05
	III y IV 8400	CU1	1600	0,231	369600	1354953,60
		CU2	4760	0,16	761600	2792025,60
		CU3	2040	0,0131	26724	97970,18
	V 700	CU1	100	0,185	18500	67821,00
		CU2	410	0,128	52480	192391,68
		CU3	190	0,0102	1938	7104,71
<b>Total de emisiones de CO<sub>2</sub>/año 1997</b>						<b>8048937,6</b>

**2. Total de emisiones de CO<sub>2</sub>/año 2010.**

Superficie de la región (en miles de has)	Superficie por aptitud de suelos (en miles de has)	Superficie por clase de uso de los suelos (en miles de has)		Emisión media/año de CO <sub>2</sub> /ha (tn)	Total de emisiones media anual de C/clase de uso de suelos (tn/ha)	Total de emisiones media anual de CO <sub>2</sub> /clase e uso de suelos (tn)
		CU1				
14000	I y II 4900	CU1	65	0,33	21450	78635,7
		CU2	735	0,23	169050	619737,30
		CU3	4100	0,0138	56580	207422,28
	III y IV 8400	CU1	749	0,231	173019	634287,65
		CU2	2024	0,16	323840	1187197,44
		CU3	5627	0,0131	73713,7	270234,42
	V 700	CU1	22	0,185	4070	14920,62
		CU2	175	0,128	22400	82118,40
		CU3	503	0,0102	5130,6	18808,78
<b>Total de emisiones de CO<sub>2</sub>/año 2010</b>						<b>3113362,59</b>

### 3. Tabla síntesis.

Clase de uso	1997				2010			
	has	% has	Tn CO <sub>2</sub> /año	% emisión	has	% has	Tn CO <sub>2</sub> /año	% emision
CU1	2650	18,9	2572065,6	31,96	836	6,0	727843,9	23,38
CU2	7930	56,6	5311594,1	65,99	2934	21,0	1889053,1	60,68
CU3	3420	24,4	165277,9	2,05	10230	73,1	496465,48	15,95
	<b>14000</b>		<b>8048937,6</b>		<b>14000</b>		<b>3113362,6</b>	

En la tabla síntesis se observa el importante aporte de la clase de uso 3 (basado en siembra directa) en la disminución del total de emisión de CO<sub>2</sub>/año.

La estimación al año 2010 se realizó de acuerdo a un escenario macroeconómico medio (ver definición del marco general para el calculo del cambio de carbono en los suelos minerales), sin incentivos para motivar los cambios que podrían producir.

**Nota:**

**Es necesario profundizar los conocimientos en medición y monitoreo de secuestro de carbono, considerando todo el país en áreas agrícolas, ganaderas, humedales, etc., donde la siembra directa cumple un rol importante. Para ello se debe elaborar un método alternativo al IPCC que se ajuste a la República Argentina.**

### **C) ESTIMACIÓN DEL SECUESTRO DE DIÓXIDO DE CARBONO EN SISTEMAS AGRÍCOLAS A PARTIR DEL BALANCE DE CARBONO DE SUELO.**

La estimación del secuestro de CO<sub>2</sub> en sistemas agrícolas en los años 1997 y 2010, se refiere a una superficie de 14.000.000 de has sometida a tres diferentes clases de uso (CU):

- **CU1:** se desarrolla con labranzas intensivas e insumos reducidos. La labranza intensiva consiste en la inversión total del suelo con numerosas labores de refinamiento. Los residuos de cosecha se entierran con las labores, dejando la superficie sin cobertura de rastrojos.
- **CU2:** se desarrolla reduciendo el número de labores y mediante labranzas verticales (sin inversión del suelo). Los residuos permanecen en forma parcial sobre la superficie del suelo (cobertura no menor al 30%). Se realiza una mediana utilización de insumos tecnológicos.
- **CU3:** no hay remoción del suelo (siembra directa), los residuos de cosecha permanecen en su totalidad en la superficie del suelo. Se utiliza mayor cantidad de insumos (fertilizantes, herbicidas, fungicidas, híbridos y variedades de alto potencial de rendimiento, etc.).

#### **Estimación del balance de C**

El cálculo del Balance de C se realizó para tres sistemas rotacionales:

1. Soja - soja.
2. Trigo/soja - maíz - soja.
3. Maíz - soja.

A partir de la información del cuadro 1 se elabora el cuadro 2 “Estimación del C humificado para cada clase de uso en 1997 y 2010”.

- Cuadro 1.

CULTIVO		MAÍZ	SOJA	TRIGO/SOJA
Aporte de biomasa por cada 100 Kg de grano.		2	2.3	2.4
Cantidad de C humificado (Kg/100 kg grano)	CU1	0.30	0.47	0.41
	CU2	0.27	0.43	0.38
	CU3	0.24	0.38	0.33

- Cuadro 2: Estimación del C humificado (Tn) para cada clase de uso en 1997 y 2010.

CULTIVO		MAIZ		SOJA 1°		TRIGO/SOJA	
AÑO		1997	2010	1997	2010	1997	2010
	CU1	5.0	5.8	2.4	2.7	4.2	4.6

Rendimiento (Tn/ha/año)	CU2	5.5	6.8	2.6	3.0	4.4	5.2
	CU3	6.0	8.0	2.8	3.4	5.2	6.3
Aporte de biomasa (Tn) por Tn grano	CU1	1	1.16	0.55	0.62	1.01	1.10
	CU2	1.10	1.36	0.59	0.69	1.05	1.25
	CU3	1.25	1.60	0.64	0.78	1.25	1.51
Cantidad de C humificado (Tn) por Tn de grano.	CU1	1.50	1.74	1.13	1.27	1.72	1.88
	CU2	1.35	1.83	1.12	1.29	1.67	1.97
	CU3	1.44	1.92	1.06	1.29	1.71	2.08

Con los datos obtenidos se elaboró el cuadro 3 “Estimación del C humificado en los tres sistemas rotacionales para cada clase de uso en 1997 y 2010”

- Cuadro 3: Estimación del C humificado (Tn) en los tres sistemas rotacionales para cada clase de uso en 1997 y 2010.

ROTACIÓN	CLASE DE USO	1997	2010
Soja-soja	CU1	1.13	1.27
	CU2	1.12	1.29
	CU3	1.06	1.29
Trigo/soja - soja - maíz	CU1	1.45	1.63
	CU2	1.38	1.70
	CU3	1.40	1.76
Maíz - soja	CU1	1.31	1.50
	CU2	1.23	1.56
	CU3	1.252	1.60

En la ecuación a) se estimó la cantidad de C presente en el suelo en 1997 y 2010 (valores ponderados: 2.8% de M.O, 0.2 m de espesor de suelo y 1.20 tn/m<sup>3</sup> de densidad aparente).

Ecuación a)

$0.2 \text{ m} \times 10000 \text{ m}^2 \times 1.2 \text{ tn/ m}^2 = 2400 \text{ tn}$ , el 2.8% es M.O (variable según suelos y zona)

esto implica que existen 67.2 tn/ha de MO  $\cong$  **38.5 tn C/ha**

Con los coeficientes de mineralización por cultivo y clase de uso del cuadro 4, se elaboró el cuadro 5 “Estimación de C mineralizado por cultivo para cada clase de uso”.

En el cuadro 6 se estimó la cantidad de C mineralizado por rotación para cada clase de uso en 1997 y 2010, asumiéndose para ambos años el mismo tenor de materia orgánica.

- Cuadro 4: Coeficientes de mineralización por cultivos para cada clase de uso.

	MAÍZ	SOJA	TRIGO/SOJA
CU1	0.05	0.05	0.06
CU2	0.04	0.04	0.048
CU3	0.030	0.030	0.042

- Cuadro 5A : Estimación de C mineralizado por cultivo para cada clase de uso para el año 1997.

CLASE DE USO	C MINERALIZADO POR CULTIVO (Tn)		
	MAÍZ	SOJA	TRIGO/SOJA
CU1	1.925	1.925	2.310
CU2	1.540	1.540	1.848
CU3	1.155	1.155	1.517

- Cuadro 5B : Estimación de C mineralizado por cultivo para cada clase de uso para el año 2010.

CLASE DE USO	C MINERALIZADO POR CULTIVO (Tn)		
	MAÍZ	SOJA	TRIGO/SOJA
CU1	2.317	2.317	2.781
CU2	1.854	1.854	2.224
CU3	1.391	1.391	1.826

- Cuadro 6: cantidad de C mineralizado (Tn) por rotación para cada clase de uso en 1997 y 2010.

ROTACIÓN	CLASE DE USO	1997	2010
Soja-soja	CU1	1.92	2.31
	CU2	1.54	1.85
	CU3	1.15	1.39
Trigo/soja - soja - maíz	CU1	2.05	2.47
	CU2	1.64	1.97
	CU3	1.40	1.54
Maíz - soja	CU1	1.92	2.31
	CU2	1.54	1.85
	CU3	1.15	1.39

Con la información de los cuadros 1 al 6, se elaboró el cuadro 7, donde se calculó la relación entre aportes y pérdidas promedio de C/ha/año para las rotaciones y las CU.

En el cuadro 8 se observan los resultados del secuestro de CO<sub>2</sub> (tn/año) para las tres clases de uso en 1997 y 2010.

- Cuadro 7: relación entre aportes y pérdidas promedio de C/ha/año para las rotaciones y las CU.

Superficie de la región (en miles de has)	Clase de uso		Superf. Rotación. (Coeficiente Por CU)				C humificado Tn/ha/año		C presente en el suelo (Tn/ha)		C mineralizado (tn/ha/año)		Balance de C (tn/ha/año)		Total de C (tn/año) por clase de uso (CU) por rotación	
	1997	2010	1997		2010		1997	2010	1997	2010	1997	2010	1997	2010	1997	2010
14000	CU1 (LC) 2650000 has	CU1 (LC) 836000 has	S-S	0,5	S-S	0,5	1,128	1,269	38,506	46,35	1,92	2,31	-0,792	-1,041	-1049400	-435138
			T/S-S-M	0,3	T/S-S-M	0,3	1,118	1,29	38,506	46,35	1,54	1,85	-0,422	-0,56	-335490	-140448
			M-S	0,2	M-S	0,2	1,064	1,292	38,506	46,35	1,15	1,39	-0,086	-0,098	-45580	-16385,6
	CU2 (LM) 7930000 has	CU2 (LM) 2934000 has	S-S	0,2	S-S	0,1	1,45	1,632	38,506	46,35	2,05	2,47	-0,6	-0,838	-951600	-245869,2
			T/S-S-M	0,5	T/S-S-M	0,6	1,38	1,701	38,506	46,35	1,64	1,97	-0,26	-0,269	-1030900	-473547,6
			M-S	0,3	M-S	0,3	1,407	1,764	38,506	46,35	1,4	1,54	0,007	0,224	16653	197164,8
	CU3 (SD) 3420000 has	CU3 (SD) 10230000 has	S-S	0,1	S-S	0,03	1,314	1,504	38,506	46,35	1,92	2,31	-0,606	-0,806	-207252	-247361,4
			T/S-S-M	0,6	T/S-S-M	0,7	1,234	1,563	38,506	46,35	1,54	1,85	-0,306	-0,287	-627912	-2055207
			M-S	0,3	M-S	0,27	1,252	1,606	38,506	46,35	1,15	1,39	0,102	0,216	104652	596613,6
	<b>TOTALES</b>														<b>-4126829,0</b>	<b>-2820178,4</b>

- Cuadro 8: ESTIMACIÓN DEL SECUESTRO DE CO2 POR SISTEMAS AGRÍCOLAS en 1997 y 2010.

Clase de uso	1997				2010			
	has (en miles)	% has	Secuestro Tn CO2/año	% secuestro CO2/año	has (en miles)	% has	Secuestro Tn CO2/año	% secuestro CO2/año
CU1	2650	18,9	-5235520,2	34,7	836,0	6,0	-2166616,1	21,0
CU2	7930	56,6	-7195000,0	47,6	2934,0	21,0	-1911442,3	18,5
CU3	3420	24,4	-2673673,9	17,7	10230,0	73,1	-6243794,6	60,5
	14000		-15104194,1	100,0	14000		-10321852,9	100,0

## **CONCLUSIÓN:**

Del análisis del cuadro 7 se deduce que en el año 2010 respecto a 1997 hay un aumento del 31.7% de secuestro de C en el suelo.

Dado que en la situación inicial (1997) la cantidad de C presente en el suelo es de 38.5 Tn/ha, el incremento en el 2010 será de 12.2 Tn/ha. Siendo la diferencia de secuestro de C total en las 14 millones de has 170.8 millones de Tn.

En el presente análisis no se contempla la disminución de la pérdida de suelo por erosión hídrica ni la menor emisión producida por ahorro de uso de combustible.

Los cálculos realizados deben necesariamente ajustarse a través de estudios de mayor profundidad, con la formulación de modelos simulatorios y predictivos.

### **Autores:**

- Ing Geog Mario Nardone (AAPRESID)
- Ing Agr Sergio Montico (Facultad de Ciencias Agrarias UNR)

Colabora:

- Ing. Agr. Gustavo López

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Adámoli, J. Ecología y siembra directa. . Publicación VII Congreso Nacional de AAPRESID. Tomo I. 1999.
- Andriulo, A; Galantini, J; Abrego, F; Martínez, F. 1996. Exportación y balance edáfico de nutrientes despues de 80 años de agricultura continúa. XIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. 4 al 8 de agosto de 1996. Aguas de Lindoia. SP. Brasil.
- Datos estadísticos proporcionados por la Bolsa de Comercio de Rosario.
- Ferreyra, C. La agricultura frente al calentamiento global: ¿Culpable o inocente?. 1999. Revista de Tecnología Agropecuaria. Divulgación técnica del INTA Pergamino.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 1990. Scientific assessment of climate change. Report prepared for IPCC by Working group I: New York: WMO and UNEP.
- Lal, R. Towards sustainable management of soil and water resources in South América. Publicación VII Congreso Nacional de AAPRESID. Tomo I. 1999.
- Lal, R; Kimble, J.M.; Follett, R. F; Cole, C;V. The potential of U.S. cropland to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect.
- Lorenzatti, S. 1999. Estimación de superficie en siembra directa. Campaña 1998/99. 1er edición. AAPRESID.
- Nardone, M; López, G. La degradación de los suelos en la provincia de Santa Fe. 1997. Revista Novedades Económicas del IERAL de Fundación Mediterránea. Año 19, N° 197-198 mayo/junio de 1997.
- Reicosky, D. Agriculture and Climate Change: environmental benefits of direct seeding. Publicación VII Congreso Nacional de AAPRESID. Tomo I. 1999.
- Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y alimentación. Sistema Integrado de Información Agropecuaria y Pesquera.

## **COMUNICACIONES PERSONALES**

- Dr. Donald Reicosky. USDA.
- Dr. Jorge Adamoli. Profesor de ecología Universidad de Buenos Aires..
- Dr. Otto Solbrig. Profesor Universidad de Harvard.
- Dr. Rattan Lal. Facultad de Recursos Naturales de la Universidad de Ohio State.
- Dr. Vicente Barros. Secretaría de Recursos Naturales de la Nación.
- Ing. Ramón Rossel. Universidad Nacional de Bahía Blanca. Argentina.



**Secretaría  
de Desarrollo  
Sustentable y  
Política Ambiental**