



INFORME TÉCNICO SOBRE ENSAYOS DE LARGA DURACIÓN EN MARI LAUQUEN-30 DE AGOSTO.

Incidencia de 20 años de agricultura continua en siembra directa sobre propiedades edáficas: seguimiento de lotes.

Informe Elaborado por Técnicos del grupo “Gestión ambiental, agua, suelo y vegetación natural” de la EEA INTA Anguil y AER G. Pico.

El CREA Oeste se localiza en la región subhúmeda y en la transición semiárida-subhúmeda pampeana. En 1996 los sistemas de producción eran mixtos y basados en una rotación de cultivos anuales (forrajeros y de cosecha) y pasturas de alfalfa pura y con gramíneas perennes. Los sistemas de labranza (discos y vertical), secuencia de cultivos y uso de rastrojos por la ganadería daban frecuentemente lugar a muy bajos niveles de cobertura, propiciando la erosión eólica y el planchado de los suelos. Ante la magnitud de estos procesos, en 1998 se incorpora en forma significativa la siembra directa de cultivos, con la premisa de mitigar esos efectos y mejorar la eficiencia de uso del agua. Complementariamente se decide regular el uso de los rastrojos por la ganadería a fin de mantener niveles de cobertura superiores al 50% y realizar ajustes oportunos de la fertilidad nitrógeno-fosforada considerando que bajo SD la mineralización es menor.

Sobre este planteo inicial y por efecto acumulado en el tiempo se infería que podrían estabilizarse o aumentar los contenidos de materia orgánica en el estrato superficial. Esto por balance positivo de carbono o lo más probable por redistribución de nutrientes y residuos hacia la superficie al no realizar más labranzas.

Al decidir estos cambios muy importantes para los sistemas de producción se consideró conveniente monitorear los efectos y las tendencias en algunas propiedades edáficas en el tiempo. Dar alguna respuesta a “estaremos haciendo las cosas bien”, ¿“a dónde nos llevan estos cambios?”.

El primer problema que se planteó es dónde hacerlo, dado que el CREA Oeste posee suelos texturalmente muy contrastantes que seguramente van a incidir sobre estos cambios y además van a limitar la extrapolación de resultados, como lo mostraban estudios previos realizados a inicios de los 90. Por ello se decide realizar los seguimientos sobre dos tipos de suelo: 1) Los de 30 de Agosto con mayor contenido de arcilla y limo, mayor contenido de materia orgánica (MO) y capacidad de intercambio catiónico y prácticamente doble capacidad de retención de agua útil. Con pH neutro a ligeramente ácido y contenidos medios a bajos de fósforo (P); 2) En los suelos de Mari Lauquen,

donde predomina la fracción arena y consecuentemente presentan baja capacidad de retención de agua, bajos contenidos de MO y de capacidad de intercambio catiónico que da como resultado un pobre desarrollo de estructura y alta susceptibilidad a la erosión eólica. Con contenidos de P medios a altos. Ante estas diferencias se plantearon varios interrogantes de cuál sería el efecto de la SD continua y los cambios en las secuencias de cultivos sobre ambos tipos de suelo.

Plan de trabajo

En base a lo expuesto se seleccionaron 8 lotes para realizar los seguimientos en el tiempo: 4 lotes de 30 de Agosto (El Correntino) y 4 de Mari Lauquen (Nueva Castilla). Se coincide que las tendencias que se vayan observado resultarán fundamentales para validar, ajustar o rectificar alguna de las decisiones tomadas. Alguno de los interrogantes planteados en 1998, en reunión realizada en Trenque Lauquen, se exponen a continuación. La Figura 1 es copia del original en acetato utilizado en esa oportunidad, dado que además del cambio en el sistema de labranza se planteó incorporar lotes (en general los de mayor productividad) a la agricultura continua.

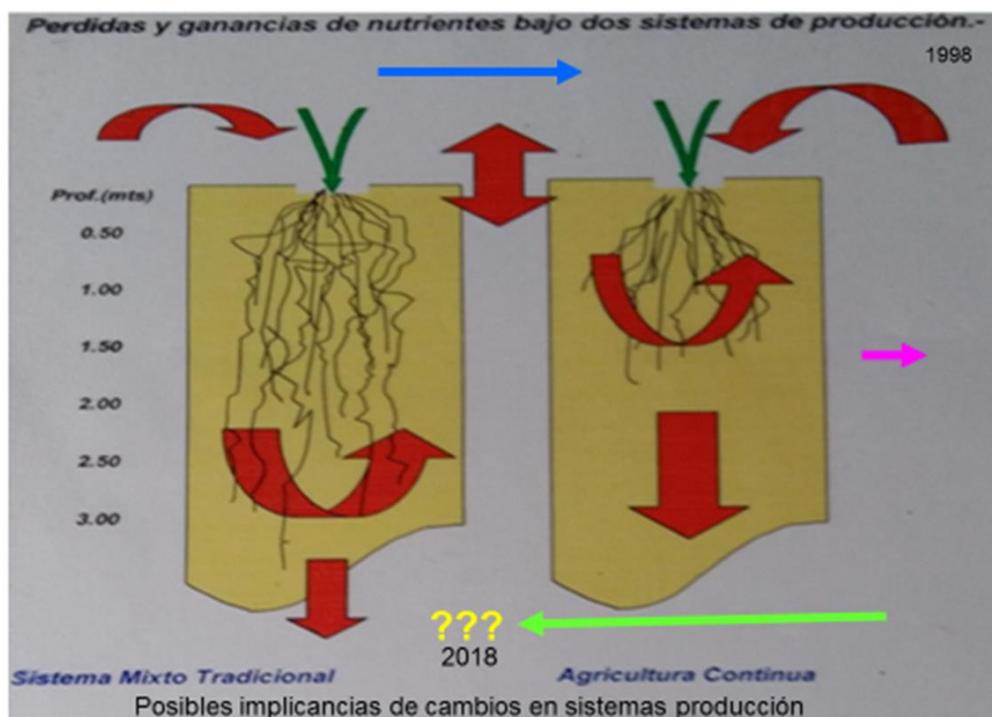


Figura 1: Posibles implicancias de cambios en los sistemas de producción, de sistema mixto tradicional (4 años pasturas x 4 años cultivos anuales, con labranzas) a agricultura continua en siembra directa.

- Las pasturas exploran aproximadamente el doble de perfil de suelo que la agricultura. Parte de los nutrientes que “se escapan a los cultivos anuales” pueden “ser rescatados” por las pasturas. El agua que se pierde por infiltración

profunda va a ser mayor, principalmente para los suelos de Mari Lauquen. El menor tiempo de ocupación de los lotes en una secuencia continua de cultivos anuales con un periodo de barbecho muy largo deja entrever una baja en la eficiencia de uso de agua de las precipitaciones y una mayor recarga de las napas. Se desconoce cuál puede ser la pérdida de nutrientes por lixiviación. Las raíces más profundas de las pasturas pueden acceder a estratos de suelo con mayor contenido de cationes y contribuir a un mejor balance de los mismos en los estratos superiores. La ausencia de las mismas abre interrogante sobre la evolución de la saturación con bases del complejo de intercambio y posibles cambios en el pH. En SD continua puede tener lugar una fuerte redistribución/estratificación de nutrientes en estrato superficial lo que puede plantear la necesidad de cambiar la estrategia de fertilización, principalmente de los nutrientes menos móviles. Al no realizar laboreos existen interrogantes de cómo puede evolucionar la densidad aparente y de distintos parámetros relacionados con la densificación de los suelos. Estos fueron algunos de los interrogantes planteados inicialmente.

Algunos resultados de los seguimientos

1) Propiedades edáficas evaluadas

En las Tablas 1 y 2 se muestran resultados de alguna de las determinaciones realizadas en 1998 y 2018 sobre la misma transecta. Estos datos corresponden a uno de los 8 lotes evaluados y se presentan a manera de ejemplo para mejor comprensión de cómo se realizaron los muestreos. Si bien las diferencias no son significativas se observa que los valores de MO y pH son algo menores. Los contenidos de P siguen siendo bajos y la densidad aparente se mantiene en los valores iniciales (0-18cm), con leve incremento en 12-18cm.

Tabla 1: Valores promedios de propiedades edáficas correspondientes al lote 27 (El Correntino).

	A+L (%)	MOT (%)		IMO		P (ppm)		pH		D A (g/cm ³)	
Prof.	1998	1998	2018	1998	2018	1998	2018	1998	2018	1998	2018
0-6	39	3,96	3,33	10,1	8,5	12,5	15,7	6,35	6,04	1,37	1,35
6-12	39	2,73	2,5	7	6,4	5	7,7	6,37	6,02	1,33	1,34
12-18	39	2,03	2,12	5,2	5,4	4,2	7,2	6,39	6,01	1,29	1,31
0-18	39	2,91	2,65	7,4	6,8	7,23	10,20	6,37	6,02	1,33	1,33

En la Tabla 2 se muestran indicadores más vinculados a la estructura del suelo. La tendencia es a disminuir los agregados de menor diámetro y aumentar los más grandes. Estudios previos muestran que la actividad biológica es mayor en los agregados de 2 a 4mm y menor en los mayores a 8mm. Cuando el suelo fue sometido a la misma presión (ensayo compactación) en ambas fechas de muestreo se comprueba que en 2018 es más susceptible a la compactación, la densidad aparente máxima que alcanza es mayor y la humedad crítica ha

disminuido. Por supuesto que si esa presión no se genera (no se pastorea, se controla el tránsito) el suelo no se va a compactar a los valores indicados.

Tabla 2: Distribución del tamaño de agregados, estabilidad estructural (EE), densidad aparente máxima (DAM), humedad crítica (HC) y susceptibilidad a la compactación (SC), correspondientes al lote 27 (El Correntino).

Diam. mm	Agregados (%)			Test Proctor	
	1998	2018		1998	2018
2-3	6,9	4,4	EE	0,50	0,46
3-4	7,2	6,8	DAM (g/cm ³)	1,47	1,54
4-8	10,7	12	HC (%)	21,1	18,7
>8	36,9	54,1	SC	1,3	1,7

En la Tabla 3 se muestra el rango de variación de las 8 determinaciones realizadas en cada lote con la finalidad de poner el acento en la importancia de la toma de muestras que permita tener un valor medio representativo. Sin embargo, cuando tomamos decisiones de manejo sobre el valor medio debemos tener presente que la mitad de los sitios muestreados van a tener valores más bajos. Por ejemplo, el lote 30 tiene en promedio 16ppm de P y podríamos decidir no fertilizar el maíz asumiendo que para ese valor no habrá respuesta. Pero no será así, dado que ese valor se compone de sitios con menos de 12ppm (valor umbral de P para maíz).

Tabla 3: Valores medios y rango de variación de propiedades edáficas evaluadas a través de una transecta con 8 puntos de muestreo por lote, en el estrato de 0-6cm.

LOTE	MO	P	pH	DA
30	3,21 (3,71-2,58)	16 (26,6-9,9)	6,29(6,66-5,80)	1,38(1,42-1,33)
31	3,47(3,96-3,09)	24 (41,3-14,5)	5,86 (6,23-5,24)	1,29 (1,40-1,17)
27	3,06 (3,39-2,52)	12 (19,3-8,7)	6,35 (6,03-6,57)	1,37 (1,45-1,32)
35	4,03 (4,38-3,50)	14 (23,4-7,6)	6,11 (6,36-5,82)	1,27 (1,34-1,20)
14B NC	2,42 (2,83-2,11)	33(46,5-24,2)	5,95 (6,23-5,85)	1,34 (1,43-1,25)
8 d AS	2,69 (3,38-2,34)	29(33-24,1)	6,33(6,40-6,23)	1,23(1,33-1,18)
8A AC	2,41 (3,03-1,61)	32(38,3-20,8)	5,89(6,04-5,53)	1,33 (1,41-1,22)
8C NC	1,74(2,31-1,41)	22 (41,6-16,6)	6,37 (6,65-6,13)	1,37(1,44-1,30)

2) Contenidos de materia orgánica.

Los mismos fueron evaluados en 1998 y 2018 en estratos de 0-6, 6-12 y 12-18cm. El muestreo en cada lote se realizó definiendo una transecta de 140m con puntos equidistantes 20m. Es decir que los valores promedios que se presentan son el resultado de 8 puntos de muestreo. La Figura 2 muestra una estrecha relación entre MO y los contenidos de arcilla + limo, en todos los estratos de suelo considerados. Luego de 20 años no se han registrado

cambios importantes observándose algunas diferencias mínimas en algunos lotes. Ello nos permitiría decir que bajo el sistema de producción actual se han mantenido los valores iniciales de MO. Si bien no se realizan pasturas (importante aporte de carbono) también es necesario tener en cuenta que se han minimizado las pérdidas por erosión que tenían lugar durante la secuencia de cultivos anuales que se realizaban con labranzas. Además de no utilizar los residuos de cosecha por la ganadería. Es decir que si bien los aportes pueden ser en promedio menores las pérdidas también resultan menores y con ello estaríamos en un balance similar que no ha modificado en 20 años los contenidos de MO de los estratos superiores. Como se expresó, considerando cada lote en particular pueden registrarse algunas diferencias.

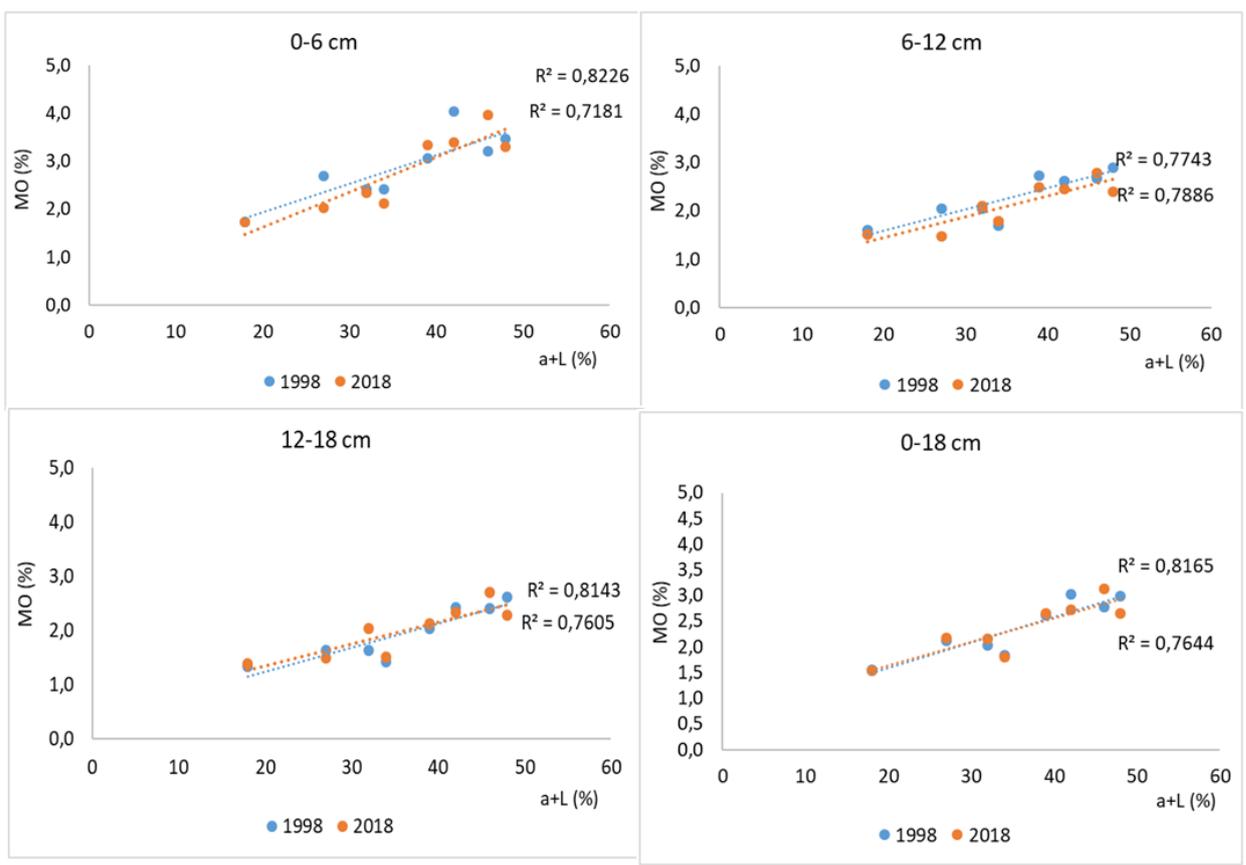


Figura 2: Contenidos de materia orgánica en función de arcilla+limo para diferentes estratos superficiales de 8 lotes de producción bajo agricultura continua en siembra directa.

La Figura 3 estaría mostrando una mayor tendencia a la estratificación de los contenidos de MO en los suelos de textura más fina, es decir en lotes de 30 de Agosto. Esto se observa en los mayores contenidos de MO en el estrato superior respecto a los estratos inferiores.

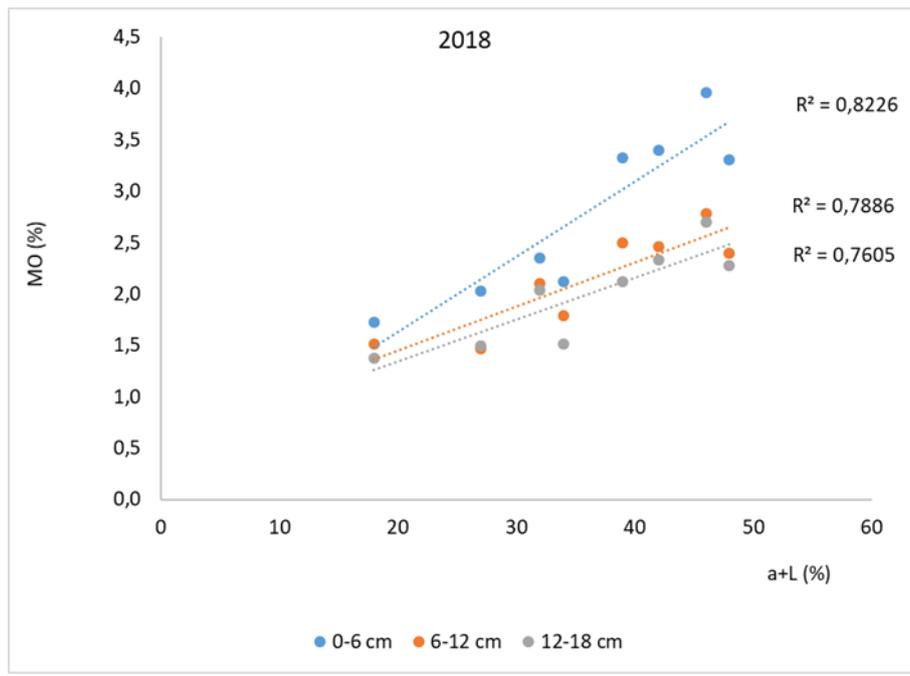


Figura 3: Contenidos de MO para tres estratos de suelo en función de arcilla+limo en muestreos realizados en 2018.

Resulta evidente, ante la variación en la composición granulométrica de los suelos que la MO como indicador de calidad posee grandes limitaciones. Así determinado valor de MO (ej. 1,6%) puede ser muy bueno para suelos con 20% de arcilla+limo y ser muy bajo para suelos con 40% de arcilla+limo. Ante estas situaciones se ha convenido en utilizar el índice de MO denominado IMO. El mismo presenta la MO por unidad de arcilla+limo. Así, para el ejemplo anterior el IMO en un suelo con 1,6% de MO y 20% de arcilla+limo es de 8, mientras que el mismo valor de MO en suelo con 40% de arcilla+limo da un IMO de 4. En general los valores de IMO varían entre 3 (suelos bastante degradados) y 8 (suelos en general de buena fertilidad). En la Figura 4 se han representado para las distintas granulometrías los contenidos de MO correspondientes a los IMO de 3 y de 8. También se han representado los IMOs correspondientes a cada uno de los lotes. En función de este índice podemos decir que en general los contenidos de MO de los lotes evaluados son buenos.

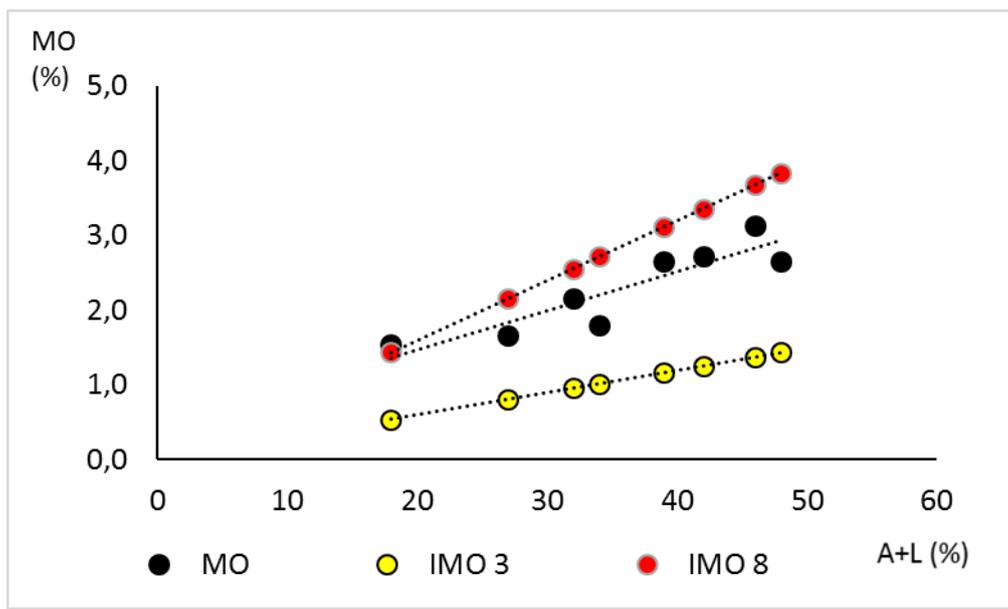


Figura 4: Contenidos de MO en función de arcilla+limo para IMO de 3 (amarillo), 8 (rojo) y el correspondiente a cada uno de los lotes (negro).

3) Contenidos de P (Bray y Kurtz)

Los contenidos de P cuando se iniciaron los muestreos en 1998 diferenciaban las dos zonas de estudio (Figura 5). Mari Lauquen con valores promedios de 20 ppm y 30 de Agosto con contenidos inferiores a las 10ppm en los primeros 18cm del perfil. Luego de 20 años sorprende la importante caída de los niveles de P en Mari Lauquen a menos de 10ppm, mientras que en 30 de Agosto se mantienen niveles bajos. En estos suelos seguramente que el aporte de fertilizantes fosforados ha ido aumentando de la mano de la agricultura (en relación al planteo mixto) y se observan leves aumentos, aunque lejos de recuperar niveles adecuados del nutriente. En la actualidad “se han emparejado” en bajos niveles los contenidos de P de ambos tipos de suelo.

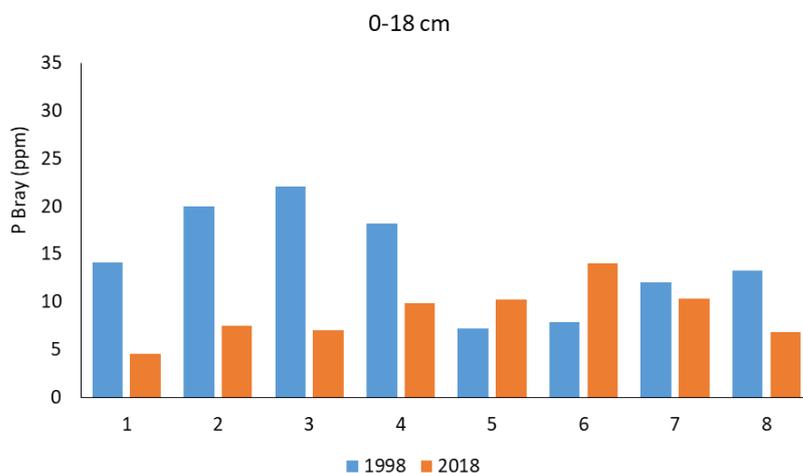


Figura 5: Contenidos de P (0-18cm) en suelos de Mari Lauquen (1 a 4) y de 30 de Agosto (5 a 8).

La Figura 6 muestra los contenidos de P para los primeros 6cm del perfil. Los suelos de Mari Lauquen alcanzaban valores de 30ppm e incluso existía cierta estratificación entre los estratos muestreados.

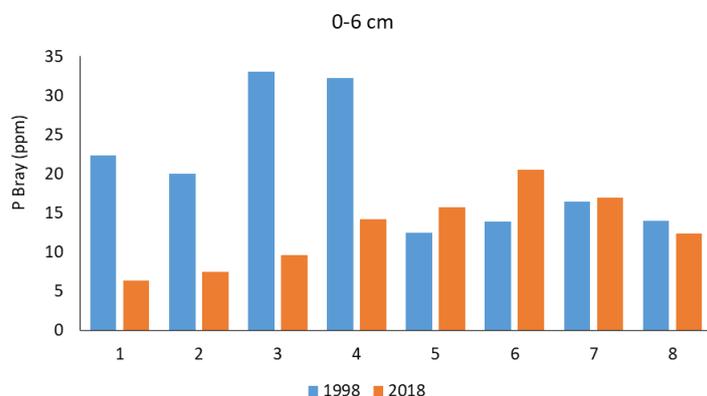
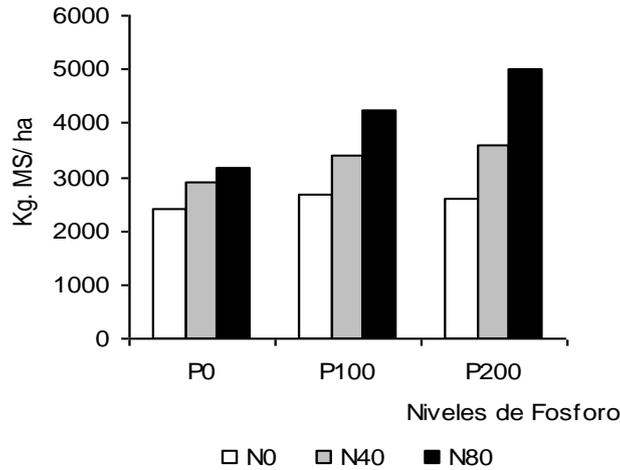


Figura 6: Contenidos de P (0-6cm) en suelos de Mari Lauquen (1 a 4) y de 30 de agosto (5 a 8).

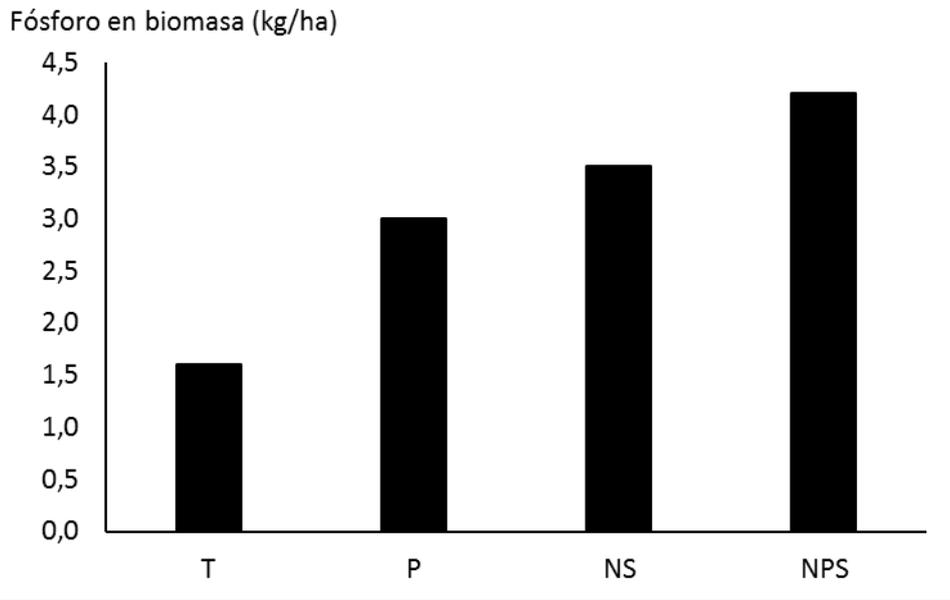
Luego de 20 años se comprueba que todos los suelos de Mary Lauquen han disminuido significativamente los contenidos de P. Se recordará en la década del 90 el comportamiento contrastante de las pasturas de alfalfa entre ambas zonas productivas. En 30 de Agosto para sostener la producción de la leguminosa llegaban a aplicarse unos 200kg/ha de superfosfato. En estos suelos se comprobaba además una fuerte interacción entre N y P (Figura 7).

La Figura 7a muestra resultados de un ensayo de fertilización con distintas dosis de N y P sobre la producción de materia seca de raigrás utilizado como verdeo de invierno en El Correntino. La misma muestra que cuando no se aplica N (barra blanca) no hay respuesta a dosis creciente de P y también que cuando no se aplica P (P0) prácticamente no hay respuesta a N. Sin embargo, cuando se aplican ambos nutrientes llega a duplicarse la producción respecto del testigo. Interacción que resultaba muy importante para 30 de Agosto y que no se manifestaba en suelos de Mari Lauquen. No obstante, la Figura 7b muestra los resultados de un ensayo en verdeos de invierno realizado en San Hermenegildo-El Carmen (Mari Lauquen), donde se han representado los contenidos de P en biomasa para los tratamientos sin fertilizar, y los fertilizados con P, con N-S, con N-P-S. Se comprueba que la biomasa del testigo contiene 1,6 kgP/ha, mientras la que se fertilizó con N y S (no se agregó P) contiene cerca de 3,5 kgP/ha. Es decir que la fertilización nitrogenada (muy necesaria y frecuente) en los suelos de Mari Lauquen habría acelerado la disminución de los contenidos de P de estos suelos.

a)



b)



Figuras 7: a) Respuesta en materia seca de raigrás a la fertilización con N y P en el Establecimiento el Correntino (30 de Agosto) y b) contenidos de P en biomasa de centeno para los tratamientos testigo y fertilizados con P, con N-S y con N-P-S en el Establecimiento San Hermenegildo-El Carmen (Mari Lauquen).

4) Secuencia de cultivos:

A fin de contar con alguna información objetiva que permita caracterizar las secuencias de cultivos, se asignaron valores relativos a maíz cosecha (5), maíz silo (3), soja (3), girasol (3), cereales invierno (4), trigo/soja (5 a 6), pasturas perennes primer año (8) y segundo y tercer año (12) y cuarto año dependiendo del estado (8 a 12). Seguramente no es lo mismo soja de primera que de segunda, maíz de 6000 kg/ha que de 10000 kg/ha. No obstante, nos pareció

apropiado “mirar” las rotaciones con las limitaciones expuestas. Los valores asignados se asemejan a las contribuciones de biomasa de raíces que tiene comparativamente un mayor peso sobre la MO que biomasa aérea y además es menos variable. La Figura 8 nos ilustra sobre la significativamente mayor contribución de las pasturas perennes, sobre el aporte de algunos cultivos de cobertura y sobre la escasa biomasa remanente de raíces del cultivo de cosecha al final del barbecho largo.

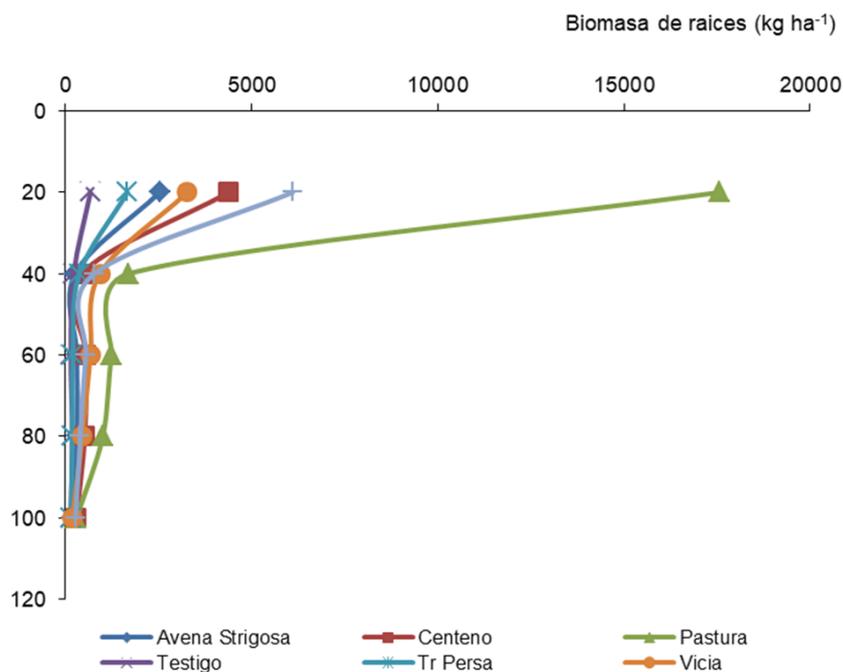


Figura 8: Biomasa de raíces evaluada al momento de secado de los cultivos de cobertura (0-100cm) en el módulo de experimentación del CREA Oeste Arenoso (Hnos García Cabriada, Pellegrini).

En base a lo expuesto en la Tabla 4 hemos representado los índices de rotación para dos periodos: los últimos 20 años (hay efectos pasturas en los primeros años) y los últimos 10 años donde ya las pasturas no participan de la rotación. Se presentan los porcentajes de pasturas y cultivos anuales; de cultivos de verano y de invierno; de cultivos de verano de baja (bc) y alta (ac) contribución de residuos. Lo primero que llama la atención como en los últimos 10 años se han emparejado los índices de rotación, lo que muestra una tendencia a la simplificación de la rotación, predominando 2 a 3 cultivos. Una leve diferencia se observa en el lote 8c NC.

Tabla 4: Porcentajes de pasturas y cultivos anuales, cultivos anuales de verano e invierno, cultivos de verano con bajo (BR) y alto aporte de rastrojo (AR) e índice de rotación (IR). Se consideran dos periodos, de 1998 a 2018 (20 años) y de 2008 a 2018 (últimos 10 años).

Lote	Pastura %	Anual %	C Verano	C Invierno	Verano BR	Verano AR	IR
							1998/2018
27	14	86	70	30	81	19	5,36
35	0	100	76	24	73	27	4,81
30	14	86	83	17	74	26	5,41
31	0	100	85	15	68	32	4,36
8c NC	22	78	75	25	61	39	6,18
8d	23	77	85	15	71	29	6,54
8a	8	92	81	19	57	43	5,27
14b NC	0	100	80	20	62	38	4,8
20 años	10,1	90	79	21	68	32	5,3
							2008/2018
27	0	100	79	21	82	19	4,6
35	0	100	85	16	73	27	4,7
30	0	100	92	8	73	27	4,3
31	0	100	92	8	73	27	4,3
8c NC	0	100	69	31	60	40	5,6
8d	0	100	79	21	82	18	4,5
8a	0	100	79	21	73	27	4,3
14b NC	0	100	79	21	60	40	5
10 años	0	100	81	19	72	28	4,6

No obstante, los cambios en el índice de rotación experimentados en los últimos 10 años, no se comprueban cambios importantes en los valores del IMO (Figura 9). Los cambios en las propiedades de los suelos no son inmediatos y se requieren “efectos acumulados” durante un cierto tiempo. Distintos estudios muestran que entre 10 y 20 años son necesarios para ver tendencias/cambios significativos en aquellas propiedades edáficas medianamente estables. Por ejemplo, materia orgánica, pH, saturación con bases en complejo de intercambio, estabilidad estructural, susceptibilidad a la compactación entre otras. En base a lo expuesto resultaría conveniente evaluar nuevamente los lotes en 2023, considerando que la acumulación de efectos sería suficiente para alcanzar “cierto nivel de equilibrio aparente” entre manejo y algunas propiedades edáficas.

Sobre este punto, reiteramos que el denominado “índice de rotación” no es una propuesta de trabajo ni propiciamos su uso, solo que debíamos dar cierta objetividad a las diferencias de secuencia de cultivos entre lotes y también a diferencias a través del tiempo en un mismo lote y nos pareció que podía aportar y aclarar lo que está sucediendo y las tendencias en los sistemas de producción.

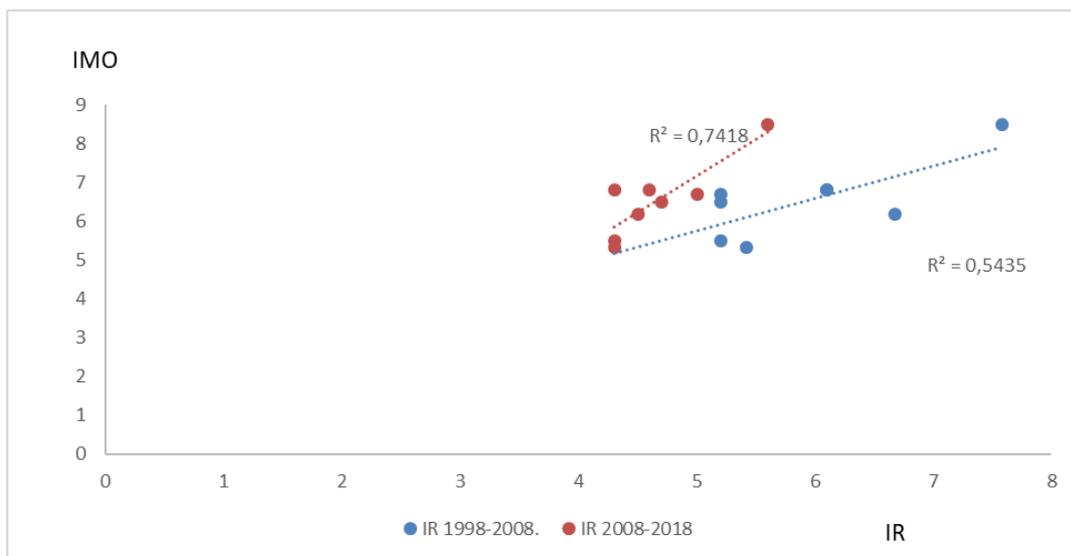


Figura 9: Valores del índice de materia orgánica (IMO) para 8 lotes en función del índice de rotación (IR), considerando dos periodos (1998/2008 y 2008/2018).

5) Saturación de bases del complejo de intercambio (PSB):

Si bien las bases de intercambio no fueron evaluadas inicialmente, en base a determinaciones exploratorias consideramos que las mismas deberían ser incorporadas en el listado de propiedades edáficas a monitorear. Incluso incorporando otros lotes que se encuentran bajo alta frecuencia de silos, lo que implica importante exportación de bases. Los datos de la Tabla 5 correspondiente al lote 35 del Correntino, muestran un PSB de 83%, que se si bien puede ser considerado bueno para cultivos anuales, podría estar alcanzando un valor crítico para pasturas como alfalfa. Los contenidos de Mg y la relación Ca/Mg podrían estar indicando alguna limitación para los cultivos. Debería observarse en maíz si aparecen síntomas de deficiencias de Mg en las hojas y realizar pruebas exploratorias con aplicación de Mg foliar. También podría implementarse un módulo de larga duración donde se evalué el aporte de P y Dolomita, solos y combinados, manteniendo un testigo sin aporte de los nutrientes.

Tabla 5: Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr) y bases de intercambio en el estrato de 0-20cm del suelo correspondiente al lote 35 de El Correntino.

CIC meq/100 gr	Ca meq/1 00 gr	Mg meq/100 gr	Na meq/100 gr	K meq/100 gr	SB (%)	Ca (%)	Mg (%)	Ca/Mg
12,5	7,3	0,9	0,2	2,0	83	58	7,6	7,7

Finalmente, consideramos muy importante contar con ensayos/seguimientos de larga duración porque resultan imprescindibles para evaluar los efectos del manejo sobre aquellas propiedades edáficas que varían en el mediano a largo plazo. Los cambios que experimentan las mismas son una medida del grado de sostenibilidad de los sistemas de producción y permiten reconocer la necesidad de ajustes en el manejo a fin de mitigar aquellos efectos no deseados.