

## EL PERFIL CULTURAL: UN METODO PARA LA EVALUACION DE SISTEMAS DE CULTIVO

J. J. De Battista <sup>(1)</sup>; A. Andriujo <sup>(2)</sup> y C. Pecorari <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> INTA EEA C. del Uruguay, Entre Rios.

<sup>(2)</sup> INTA EEA Pergamino C.C. 21 2.700 Pergamino, Buenos Aires

### INTRODUCCION

En el área central de la Pampa Húmeda (5 millones de has), se ha intensificado el uso agrícola del suelo, con una tasa anual del 4% entre 1970 y 1985 (INTA PAC Documento del Proyecto).

Se pasó de esquemas mixtos con 4-5 años de pasturas seguidos por un período de 4-8 años de cultivos anuales a secuencias continuas de cereales y oleaginosas anuales. La expansión de la agricultura se basó en la difusión del doble cultivo trigo/soja y en la soja como único cultivo anual, en detrimento de las pasturas y el maíz.

Las labranzas se realizan generalmente en forma convencional utilizando el arado de rejas como labor fundamental, rastras de discos para iniciar el laboreo de rastros y para refinar el suelo, la rastra de dientes, el rolo y el rabas para preparar la cama de siembra. Este sistema aplicado en suelos predominantemente Argiudoles, con textura superficial limosa y horizontes subsuperficiales limo-arcillosos a arcillosos y bajo las condiciones climáticas de la región, han producido una degradación de los suelos que se manifiesta por una gran variabilidad interanual en los rendimientos y disminución de los rendimientos promedio en algunos casos.

Numerosos autores, Casas (1984), Puricelli (1985), Panigatti y Hein (1985), Senigaglia y Zejkovich (1989), han recopilado la información disponible. En términos generales, los efectos de la agricultura continua sobre el suelo se pueden resumir en:

-Reducción de la estabilidad de los agregados en la capa arable.

-Presencia de capas endurecidas como pisos de arado, pisos de discos.

-Pérdida de materia orgánica en la capa arable. De 4-5% que tenían los suelos hace poco menos de 100 años,

se encuentran ahora entre 2,5 y 3,5% como valores más frecuentes.

-Pérdida de nutrientes. El nitrógeno cuya deficiencia es generalizada en los cereales, sigue básicamente la misma tendencia que la materia orgánica. El fósforo aparece como deficiente cada vez con mayor frecuencia, especialmente para trigo.

-Degradación de las propiedades biológicas. Se ha constatado una disminución en la cantidad de bacterias y microartrópodos. (Pilatti et al., 1988).

Las consecuencias inmediatas de estos efectos sobre el suelo son la disminución de la infiltración (Garay et al., 1987), con el consecuente aumento del escurrimiento y erosión hídrica (Marelli, 1989) y una menor disponibilidad de agua y nutrientes para los cultivos.

Los estudios sobre el efecto de distintos tipos de labranzas y rotaciones sobre los rendimientos y las propiedades del suelo que se llevan a cabo desde hace más de 15 años en las estaciones experimentales del INTA de la región pampeana han permitido detectar sistemas de labranzas y secuencias de cultivos más conservacionistas. Sin embargo, en muchos casos se presentan resultados contradictorios entre años cuando se intenta relacionar tipo de trabajo de suelo o algunos parámetros físicos de suelo con el rendimiento. Esto es lógico dado que los parámetros físicos evaluados tienen una relación indirecta con el funcionamiento del cultivo (Letey, 1985 y Garay y Di Pietro, 1989). Por otra parte existen fuentes de variación que no se controlan en estos ensayos de larga duración, lo que dificulta la interpretación de los resultados de variables que interactúan entre sí.

Para comprender el funcionamiento del campo cultivado, es necesario dividir la relación:

trabajo del suelo -----> rendimiento

en:

trabajo del suelo ----> estado del suelo ----> funcionamiento del cultivo ----> rendimiento

teniendo en cuenta la influencia climática en cada una de estas relaciones (Sebillotte, 1978). Este enfoque requiere elaborar métodos pertinentes para estudiar ; cada una de estas relaciones y desarrollar una teoría agronómica que sustente la interpretación.

El método del perfil cultural (Manichon, 1982, 1987) basado en la descripción morfológica del estado estructural permite por una parte, dilucidar el origen del estado del perfil y realizar un diagnóstico sobre los efectos de distintos sistemas de cultivo y por otra caracterizar un estado físico para estudiar su efecto sobre el funcionamiento del cultivo.

La adopción de una actitud determinista en la descripción morfológica permitió la elección de criterios pertinentes y eficaces, reteniéndose solo aquellos más estrechamente relacionados con los factores de estructuración (Gautronneau y Manichon, 1987). La descripción del estado estructural así concebida, consiste básicamente en una cuantificación puntual de los sistemas de porosidad (Boiffin y Monnier, 1982).

El método del perfil cultural es una excelente herramienta para un mejor entendimiento de las modificaciones del suelo bajo cultivo en el estudio de las relaciones suelo-máquina-planta-clima, principalmente cuando está complementado con otras medidas físicas.

El objetivo de este trabajo es probar las posibilidades de aplicación del método del perfil cultural en la evaluación de los sistemas de cultivo en la Pampa Húmeda y comunicar sus principios a colegas para su difusión.

## DESCRIPCION DEL METODO

La capa superior de los suelos cultivados sufre esfuerzos mecánicos variados, ejercidos por las máquinas y los agentes naturales. Sus efectos son contradictorios (fragmentación y compactación) y diferentemente distribuidos, las ruedas de la maquinaria afectan solo parte del volumen del perfil creando una variabilidad espacial del estado físico. Esta variabilidad del estado estructural no es, esencialmente, de naturaleza aleatoria por lo que es posible realizar una partición del volumen del suelo sobre la base de las causas de variación conocidas *a priori*.

Partición vertical y lateral del perfil. Sobre la pared vertical del perfil se distinguen además de los horizontes pedológicos, varios horizontes antrópicos en el Ap. Las variaciones bruscas del estado estructural y las huellas de las herramientas utilizadas (alisados) son los síntomas que regulan esta partición.

Cada horizonte es susceptible de presentar en su seno cierta variabilidad de origen conocido. Se definen así 3 tipos de

posiciones laterales: L1 zona afectada por las ruedas de las máquinas cuyas huellas son visibles en la superficie del suelo; L2 zona por donde han circulado las máquinas utilizadas entre la arada y la última labor y L3 zona indemne de las acciones anteriores (Fig. 1).

Criterios de descripción. El principal criterio de evaluación del estado del perfil es la descripción del estado estructural, resultante de las acciones culturales en interacción con el clima y componente esencial del estado del medio para el funcionamiento de las raíces y semillas. Otros criterios tenidos en cuenta son: estado hídrico, síntomas de hidromorfismo, localización y aspecto de los residuos vegetales, aspecto y distribución de las raíces, actividad de la fauna.

Los constituyentes de la estructura son los "terrones" formados por las acciones de fragmentación y compactación de las herramientas. Se distinguen, tres niveles de organización estructural:

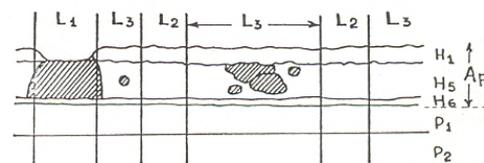
PRIMER NIVEL: ESTADO INTERNO DE LOS TERRONES. Se evalúa luego de fragmentación manual en terrones de 1-2 cm de diámetro observando su cohesión y caras de ruptura. Se distinguen 3 estados:

El estado "I" corresponde a una cara rugosa y una porosidad visible importante. Este estado parece relacionado en forma bastante directa a los procesos naturales de estructuración.

El estado "Δ" presenta una cohesión más elevada, las caras de ruptura son lisas, de aspecto continuo y de forma concoidea, sin porosidad visible. Corresponde la coalescencia de los agregados preexistentes, bajo acción mecánica severa, la densidad de estos terrones es muy próxima a la densidad textural del material considerado.

El estado "ö" próximo al estado "Δ" pero con fisuras incipientes. Este estado deriva de "Δ" por efecto de agentes naturales como el congelamiento o contracción-hinchamiento por cambios de humedad.

SEGUNDO NIVEL: DISPOSICION DE LOS TERRONES. Se distinguen las siguientes modalidades: cuando varios terrones de dimensiones comparables coexisten en un volumen dado, se llama estado fragmentario, distinguiendo los estados "F" (terrones individualizados) y "SF" (terrones adherentes); la dimensión de los terrones debe ser anotada, así como las cavidades que los separan (sufijo "V"). Si una unidad morfológica está compuesta de un solo elemento de gran dimensión es un estado masivo



H: Horizontes antrópicos.  
P: Horizontes pedológicos.

Figura 1: Participación vertical y lateral del perfil

("M"). Entre estos casos extremos existe un estado ("SD") en que los terrones son difícilmente discernibles, sin poder hablar de un estado continuo.

TERCER NIVEL: REAGRUPAMIENTO DE LAS MODALIDADES DE DISPOSICION. Estado "O": dominan las disposiciones "F" y "SF" sin grandes terrones ni cavidades, con abundante tierra fina.

Estado "B": dominancia de "M" y "FV" con terrones decimétricos separados por cavidades importantes, poca tierra fina.

Estado "C": estado continuo, sin discontinuidades estructurales importantes, dominan "M" y "SD".

Los compartimentos resultantes de la doble partición (horizontal y vertical) constituyen el cuadro de la descripción. Para realizarla dos actitudes son posibles:

Primera actitud: a partir de una superficie de algunos centímetros cuadrados, se la caracteriza con los dos primeros niveles de organización, se marcan los límites de la unidad morfológica y se prosigue de esta manera con toda la cara de observación del perfil. Para evaluar la importancia relativa de cada una de estas unidades, se procede a realizar una cartografía de las mismas. Sobre esta carta se puede calcular el número de unidades estructurales por una longitud de perfil dada, la superficie de cada una de estas unidades y expresarlas como porcentaje de la superficie total del horizonte o del perfil, o reagrupar las unidades utilizando el tercer nivel de organización.

Segunda actitud: se puede acceder directamente a la presentación del estado estructural del horizonte H5 sin delimitar previamente las unidades morfológicas, marcando directamente las morfologías O, B o C (tercer nivel). En este caso es esencial evaluar visualmente el estado interno "Δ" o "o" en porcentaje de la superficie de cada una de las morfologías.

La elección de la actitud a adoptar depende de los objetivos y del tiempo disponible para realizar las observaciones. Los estudios diagnósticos, en la mayoría de los casos, pueden ser llevados a cabo con descripciones sintéticas, pero algunos temas (estudios finos de enraizamiento, de efecto de determinadas herramientas o de dinámica estructural) necesitan cartografías precisas y detalladas.

**MATERIALES Y METODOS**

Se realizaron perfiles culturales en agosto de 1990 sobre rastrojos de maíz y soja en un ensayo de labranzas y en la reserva botánica de la EEA Pergamino y en un lote de un productor. En todos los casos el suelo fue un Argiudol típico, serie Pergamino cuya secuencia de horizontes y características granulométricas y físicas fueron descriptas por Pecorari et al., 1979). Se evaluaron las siguientes situaciones: labranza convencional (arado de rejas y rastra de discos) y siembra directa en un lote con tres años de aplicación de los tratamientos luego de una pradera de cuatro años y en un lote vecino con más de diez años de cultivos anuales continuados; un suelo nunca laboreado (reserva botánica) y en uno con 80 años de agricultura continuada.

Las unidades estructurales fueron caracterizadas mediante el estado interno y la disposición de los terrones. En las cartas estructurales se midió la superficie de cada unidad estructural con planímetro y se expresó como porcentaje del área total del perfil.

En las Figuras 2, 3, 4 y 5 se presentan las cartas estructurales obtenidas.

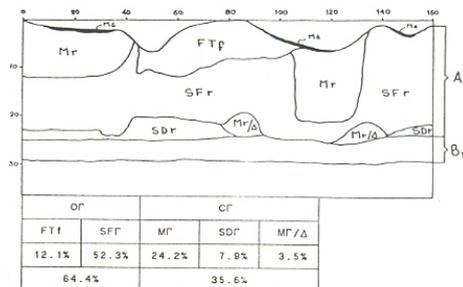


Figura 2: Carta estructural. Labranza convencional sobre agricultura.

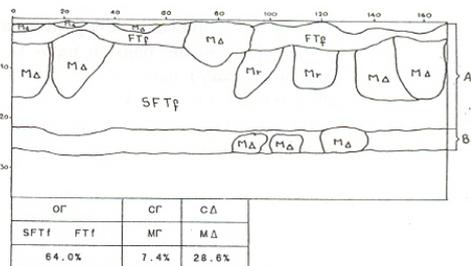


Figura 3: Carta estructural. Siembra directa sobre agricultura.

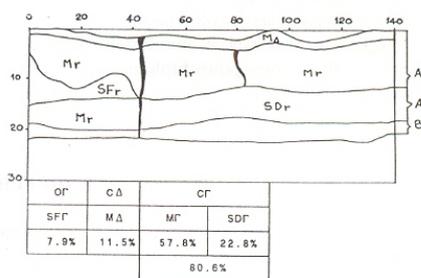


Figura 4: Carta estructural. Labranza convencional sobre pradera.

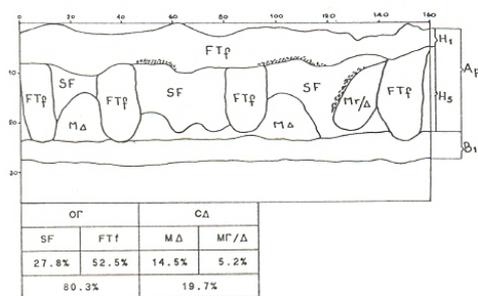


Figura 5: Carta estructural. 80 años de agricultura continua. Suelo arado con cincel.

## RESULTADOS

El porcentaje de estado "Δ" indicador de degradación de la estructura, fue relativamente bajo en todas las situaciones analizadas. El valor más alto, 28,5%, se encontró en siembra directa sobre agricultura (Tabla 1). Este resultado está de acuerdo con las que muestran una reducida porosidad estructural respecto a las otras situaciones (Pecorari, et al., 1989). Esto sugiere que este sistema de cultivo no siempre mantiene o mejora la condición física del suelo y que

el estado inicial debe ser tenido en cuenta en la evaluación del efecto de los distintos sistemas de cultivo sobre las propiedades del suelo.

Llama la atención la abundancia del estado masivo "C" en labranza convencional sobre pradera, pero no se pudo establecer su origen.

El horizontal B1, en las parcelas con agricultura continua, presenta una estructura masiva, con poca porosidad visible y escasos poros de origen biológico; por el contrario, en las parcelas provenientes de pradera y en la reserva botánica, se observa una mayor porosidad iteragregados y abundantes poros biológicos principalmente en siembra directa.

Tabla 1: Tercer nivel de organización y estado interno de los terrones en la capa arable (%)

		or	cr	c
Siembra directa	Agricultura	64	7,4	28,6
	Pradera	100		
Lab. convencional	Agricultura	64,4	35,8	
	Pradera	7,9	73,6	11,5
	Agric. 80 años	80,3		19,77

## CONCLUSIONES

Esta primera aplicación del método del perfil cultural permitió tomar conocimiento de la variabilidad del estado estructural dentro de cada horizonte y de que su aplicación es posible en los Argiúdoles de la Pampa Húmeda en los que reconocen los estados descriptos por los autores del método.

Se considera que es una herramienta metodológica muy útil principalmente para:

- Caracterizar el estado estructural de las parcelas en los ensayos de labranzas y rotaciones para una mejor comprensión de las modificaciones en el suelo producidas por distintos sistemas de cultivo y del funcionamiento del sistema radicular de los cultivos.

- Verificar la existencia e importancia de capas subsuperficiales endurecidas en campos de productores y diagnosticar su origen.

- Orientar la localización de los sitios de medición de otros parámetros físicos (resistencia a la penetración, densidad aparente, etc.).

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Ing. Norma M. Arias por la realización de las cartas estructurales y lectura crítica del manuscrito.

## REFERENCIAS

- Boiffin, J. y G. Monnier. 1982. Etats, propriétés et comportement des sols: Recherche et utilisation de critères de fertilité physique. Bull. Tech. Inf. 370/372: 401-407.
- Casas, R.R. 1984. La agricultura permanente y la degradación de los suelos de la República Argentina. INTA CIRN Departamento de Suelos. Tirada Interna No. 34.
- Garay, A.; L. Blotta, y E. Muñoz. 1987. Mediciones de infiltración y densidad aparente en ensayos de labranzas de la EEA Pergamino. Inf. Dpto. de Ecología y Técnica Cultural. INTA. EEA Pergamino.

- Garay, A. y L. Di Pietro. 1989. Física de suelos. En: Degradación de suelos por intensificación de la agricultura. Publ. Miscelánea No. 47. INTA EEA, Rafaela.
- Gautronneau, Y. y H. Manichon. 1987. Guide méthodologique du profil cultural. CEREF-GEARA. 71 pp.
- Letey, J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. Adv. in Soil Sci. 1: 277-293.
- Manichon, H. 1982. Influence des systèmes de culture sur le profil cultural: élaboration d'une méthode de diagnostic basée sur l'observation morphologique. Thèse DDI, INA-PG, Paris.
- Manichon, H. 1987. Observation morphologique de l'état structural et mise en évidence d'effets de compactage des horizons travaillés. En: Monnier and Goss (ed.). Soil compaction and regeneration. Balkema, Rotterdam. pp. 39-52.
- Marelli, H. 1989. La erosión hídrica. En: Degradación de suelos por intensificación de la agricultura. Publ. Miscelánea No. 47. INTA EEA, Rafaela.
- Panigatti, J.L. y W. Hein. 1985. Agricultura permanente y evolución de los suelos. Rev. AAPA No. 4 (Supl. 2): 49-72.
- Pecorari, C.; A. Andriulo y J. González. 1989. Soil degradation under two tillage systems in the humid region of argentinian pampa. Workshop on Soil Physics. Trieste. Italia.
- Pilatti, M.; J. de Orellana; L. Priano; O. Felli y D. Grenon. 1988. Incidencia de manejos tradicionales y conservacionistas sobre propiedades físicas, químicas y biológicas de un Argiudol en el Sur de Santa Fe. Ciencia del Suelo 6 (1): 19-29.
- Puricelli, C. 1985. La agricultura rutinaria y la degradación del suelo en la región pampeana. Rev. AAPA No. 4. (Sup. 2): 33-48.
- Sebillotte, M. 1978. Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. C.R. Acad. Agric. Fr. 11: 906-914.
- Senigagliaesi, C. y V. Zeljkovich. 1989. Influencia de métodos de labranza y rotaciones de cultivos. Recuperación de las propiedades alteradas. En: Degradación de suelos por intensificación de la agricultura. Publ. Miscelánea No. 47. INTA EEA, Rafaela.