

GUIA METODICA DEL PERFIL CULTURAL

Texto de Hubert MANICHON & Yvan GAUTRONNEAU
Traducción y adaptación de Dominique HERVE & David RAMOS



INFORME 54

1996
BOLIVIA



GAUTRONNEAU (Y.), MANICHON (H.), HERVE (D.), RAMOS (D.), 1996. Guía metódica del perfil cultural. La Paz, IBTA-ORSTOM, Informe N° 54, 27 p.

IBTA - ORSTOM, Bolivia 1996

IBTA Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria

ORSTOM Instituto Francés de Investigación Científica
para el Desarrollo en Cooperación

Convenio IBTA-ORSTOM
"Dinámicas de los sistemas de producción en el altiplano boliviano"

Mecanografiado: Cecilia González

Diagramación: Imprenta Pérez, Tef. 232311

Edición: Misión ORSTOM en Bolivia
Av. Iturralde 1377 - Miraflores
Casilla 9214
La Paz, Bolivia

Fotografías de portada y en texto de Dominique Hervé.

Fe de errata

en la caratula

El orden de los autores ha sido invertido por error en la caratula.

Dice:

Texto de Hubert MANICHON & Yvan GAUTRONNEAU

Debe decir:

Texto de Yvan GAUTRONNEAU & Hubert MANICHON
como esta inscrito en la página interior y en la citación
bibliográfica.

en la página 9

En el cuadro 1. Nomenclatura de los horizontes antrópicos y
edafológicos

y el cuadro 2. Nomenclatura de la delimitación lateral,

Dice:

(Gautronneau & Manichon, 1982)

Debe decir:

(Gautronneau & Manichon, 1987)

GUIA METODICA DEL PERFIL CULTURAL

Texto de Yvan GAUTRONNEAU¹ & Hubert MANICHON²

Traducción y adaptación de Dominique HERVE³ & David RAMOS⁴

¹ ISARA, 31 place Bellecour-F - 69288 Lyon cedex 02, Fax: 0372325104.

² CIRAD-AGER, 2477 Avenue du Val de Montferrand, BP 5035, 34032 Montpellier cedex 1, Fax: 0467615512. Membre du Conseil Scientifique de l'ORSTOM.

³ ORSTOM-LEA, 911 Avenue Agropolis, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1, Fax: 0467547800, mail: herved@orstom.rio.net

⁴ IBTA-Sistemas de Producción, Avenida Palca, entre calles 53 y 54, Chasquipampa, Casilla 5783, Fax: (591-2) 793517.

IBTA

ORSTOM

10 de diciembre de 1996

LA PAZ - BOLIVIA

H200082233
2 ex FD1
Nor Mam

068
PEDAPP
GAU

11 DEC. 1997



F



Nota sobre los autores

El Profesor **Michel Sebillotte** fue responsable de la enseñanza de la agronomía en el Instituto Nacional Agronómico Paris-Grignon (INA-PG) durante más de 25 años. Apoyándose en la obra del Profesor Stephane HENIN a quien sucedió, ha fundado la escuela agronómica francesa. Esta escuela tiene la voluntad de edificar una teoría agronómica y de construir las herramientas metodológicas que los agrónomos modernos requieren.

Desde 1993, Director científico en el Instituto Nacional de Investigación Agronómica en Francia (INRA), responsable de la Delegación a la Agricultura, al Desarrollo y a la Prospectiva (DADP), anima programas de investigación sobre el desarrollo y conduce operaciones de prospectiva científica.

Hubert Manichon, antiguo docente de la Cátedra de Agronomía del INA-PG, luego Profesor de agronomía varios años, fue en particular responsable de la enseñanza de las relaciones entre sistemas de cultivo y perfil cultural. Desde su tesis, ha dedicado una parte importante de su actividad al método de evaluación del perfil cultural. A través de múltiples intervenciones en el campo (formación, extensión) y acciones de investigación, ha comprobado la utilidad de esta herramienta que ha contribuido a renovar con sus conceptos, en particular las particiones y denominaciones de los estados internos y la cuantificación de los estados estructurales. La presente guía constituye su puesta en forma más lograda.

Desde 1990, ejerce en el CIRAD (Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo), en Montpellier. Responsable de la dirección científica, luego de la agronomía y del medio ambiente, efectúa numerosas misiones de apoyo a los agrónomos en el campo, en América Latina, África y Asia. Es miembro del Consejo Científico del ORSTOM (Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación).

Antiguo alumno de la Cátedra de Agronomía del INA-PG, Yvan Gautronneau es Profesor de Agronomía en el ISARA (Instituto Superior de Agricultura Rhones-Alpes). Había notado desde hace mucho tiempo que sin la elaboración de un documento especialmente concebido, no habría que esperar un desarrollo importante de este método del cual, sin embargo, había demostrado ampliamente el interés de sus estudiantes del ISARA, a los agricultores y a los técnicos. Agrónomo de campo, dedica una parte importante de su tiempo al diagnóstico del perfil cultural, para abordar tanto los problemas agronómicos como problemas medio-ambientales.

Gautronneau y Manichon han unido sus esfuerzos para elaborar esta guía, cuya primera versión en francés apareció en 1987. Luego fue difundida en más de 300 ejemplares en Francia y en el extranjero, ante estudiantes, investigadores e ingenieros de desarrollo.

Casi 10 años más tarde, **Dominique Hervé**, también antiguo alumno de la Cátedra, agrónomo del ORSTOM, quien trabaja en Perú y Bolivia, vio la necesidad de traducir esta guía al castellano. Varios textos han sido publicados en portugués, entre otros (Blancaneaux *et al.*, 1990), sobre la aplicación del método del perfil cultural. Después de la obra de referencia en castellano: HENIN S., GRAS R., MONNIER G., 1972. El perfil cultural Madrid, ed. Mundi-Prensa, 342 p., esta guía aporta conceptos nuevos y un acercamiento metódico muy necesario.

David Ramos, ingeniero agrónomo, aplicó el método del perfil cultural y participó con mucho entusiasmo en su adaptación al ámbito boliviano.

Nota sobre la traducción y adaptación

El texto traducido es el de Yvan Gautronneau & Hubert Manichon, 1987, "Guide méthodique du profil cultural", GEARA - CEREF, 71 páginas (difundido en Francia por CEREF-ISARA) y el prefacio de Michel Sebillotte. Se decidió no incluir la serie de casos franceses presentados al final de la obra. Más bien se ha ilustrado el texto con algunos casos estudiados en el altiplano boliviano.

PREFACIO

Michel SEBILLOTTE¹

En 1960, se editaba en Francia el libro “El perfil cultural”, realizado por Stéphane HENIN y sus colaboradores del INRA (Instituto Nacional de Investigación Agronómica de Francia). Este hecho marcó un hito en la historia de la agronomía de dicho país.

En efecto, luego de la segunda guerra mundial, la agricultura francesa evolucionó hacia la motorización y la mecanización. La yunta, con un arado de reja y vertedera de uno o dos cuerpos, fue reemplazada por un tractor que, con su llanta en el fondo del surco, apisonaba el suelo en profundidad, ya sea en la totalidad o en la mitad de la parcela. Esta compactación del suelo generó efectos negativos sobre los cultivos, los cuales condujeron a interesarse en el papel del suelo sobre el funcionamiento del campo cultivado y en la elaboración del rendimiento de los cultivos. Es así que S. HENIN desarrolló un método denominado “El perfil cultural” que permite estudiar las relaciones del suelo con los cultivos y las técnicas culturales. Este método contribuyó a crear una parte de la agronomía independiente de la edafología.

Pero con la utilización del método comenzaron a presentarse algunas dificultades, por ejemplo, fue necesario aprender a observar, admitir que se observa con una intención previa, responder a comentarios tales como “no veo nada” o “se ve lo se quiere ver”.

Los integrantes de la carrera de agronomía del Instituto Nacional Agronómico (INA-PG), entre otros investigadores, contribuyeron a resolver estos problemas, trabajando en aspectos tales como:

- Aprender a crear nuevas denominaciones para nombrar lo observado, Por ejemplo, en 1960 HENIN hablaba de terrones y tierra fina, en tanto que hoy se habla de estado interno, de modos de ensamblaje, de empalme terrón-tierra fina. Aprender a ver y a describir aquello que es importante para pronosticar la evolución de los estados del perfil o para plantear hipótesis acerca del origen de los estados del suelo observado.

- Saber utilizar las observaciones realizadas. Es necesario realizar observaciones independientes de criterios diferentes para poder luego estudiar las convergencias. Describir un perfil cultural es establecer relaciones entre dichos criterios.

Por ejemplo, evitar la trampa de observar solamente un plano carente de espesor, sin tener en cuenta que la planta explora un volumen de suelo, o que el arado corta el suelo en fragmentos que poseen volumen ... la escala en la que es posible aplicar este método puede definirse según:

- Los implementos, la amplitud y regularidad de sus efectos en el sentido del avance, por ejemplo, efectos de una rueda de tractor (foto 1), de un cuerpo de arado (foto 2).

- La distribución geográfica de la población vegetal; en este caso, el área considerada debe ser tal que el comportamiento de las plantas que allí se encuentran depende principalmente de las relaciones locales clima-suelo-plantas. Esto cuestiona la noción de homogeneidad, que no se puede separar de la noción de escala

Para decidir si dos perfiles culturales se parecen o no, es necesario situarse, en ambos casos, en posiciones idénticas en cuanto a la población vegetal y al trabajo de las herramientas agrícolas. Es evidente que hay que aprender a aceptar una cierta gama de variabilidad y a dejar de lado ciertas diferencias.

¹ Profesor de Agronomía del INA-PG, Director Científico en el INRA (Instituto Nacional de Investigación Agronómica).

- Comprender que el método del perfil cultural va más allá de describir y de evidenciar las relaciones entre criterios (diferentes características), que se trata de un medio para separar lo importante de lo accesorio en el estudio del funcionamiento del campo cultivado.

Esto implicó la puesta a punto de una teoría agronómica que tiene en cuenta el clima y las interacciones clima-suelo-planta a lo largo del ciclo vegetativo. Es así que estados idénticos del suelo no deben ser juzgados de la misma manera sin antes tener en cuenta la influencia del clima y la naturaleza de los cultivos implantados.

- Por último, fue necesario aprender a comparar situaciones y a elaborar metodologías adecuadas para lograr resultados coherentes. De esta forma, el técnico puede, a nivel local y teniendo en cuenta las técnicas predominantes, integrar un conjunto de referencias, fijar probabilidades de comportamiento de suelo y de reacciones de los cultivos.

Según se interesa uno en las transformaciones del estado del perfil cultural bajo la acción del clima y de las herramientas, o bien en la relación estado del perfil-rendimiento del cultivo, no hará las comparaciones de la misma manera. En el primer caso, se pueden hacer comparaciones sobre ciertos criterios tomados aisladamente, por ejemplo, la localización de la tierra fina resultante de la acción de dos herramientas diferentes sobre el mismo estado inicial, en las situaciones en las cuales este aspecto es determinante para la circulación del agua. En el segundo caso, casi nunca es conveniente proceder de esta manera, primero hay que hacer una síntesis de lo que se observa, para poder comprender y explicar el rendimiento obtenido en cada situación y el papel que desempeñó en el estado del perfil cultural.

Sin embargo, este método aún no ha sido suficientemente utilizado. A mi juicio existen dos obstáculos principales que explican esta situación:

- por un lado, no es un método de análisis de suelo de los que se realizan típicamente en un laboratorio. Se trata de un estudio complejo, y aunque se obtienen algunas cifras, siempre queda un aspecto cualitativo del cual se desconfía.

- por otro lado, se trata de un trabajo que solamente puede considerarse terminado cuando se ha realizado una interpretación, para la cual, el agrónomo debe apelar a la información obtenida in situ y a su sólida formación teórica.

Es importante tener siempre en cuenta el carácter sistémico del campo cultivado y su carencia de propiedades autorreguladoras que aseguren la estabilidad, en el tiempo, de una determinada situación.

El suelo cambia, integra la memoria de acciones pasadas, está sometido al clima y, además, es manejado por el agricultor. Este carácter cambiante del suelo obliga a:

- interpretar los resultados de análisis de laboratorio teniendo en cuenta los antecedentes de cada situación.

- juzgar los riesgos de la posible evolución futura confrontado las características observadas con los eventos climáticos y con las decisiones previsibles del agricultor.

Para terminar, me permito formular el deseo de que Ud. lector y futuro utilizador del método, contribuya con su experiencia a enriquecer esta herramienta que, si pretende continuar en vigencia, debe evolucionar integrando permanentemente los nuevos frutos de la investigación y las nuevas demandas de los agricultores.

INTRODUCCION

Se define el perfil cultural como el conjunto constituido por la sucesión de las capas de tierra individualizadas por la intervención de los implementos de labranza, el comportamiento de las raíces vegetales y la influencia de los factores naturales (clima). Apenas conocido este método, ha sido puesto en competencia con el perfil edafológico, lo cual es un error, pues las informaciones obtenidas no son las mismas y las finalidades también difieren. La observación de un perfil edafológico busca identificar los procesos de formación del suelo, a partir de la roca madre, mediante factores bioclimáticos y estacionales. Toma en cuenta propiedades estables del suelo para clasificarlo. El perfil cultural toma en cuenta una acción humana directa, finalizada, limitada en el tiempo y muchas veces repetida, para elaborar diagnósticos y pronósticos del sistema suelo-planta. En un horizonte superficial, descrito por el edafólogo, se pueden distinguir varios horizontes antrópicos. Por lo tanto, estos dos enfoques se complementan y pueden ser aplicados conjuntamente en la medida que sus objetivos son precisados. Según las preocupaciones del observador, el objeto de estudio puede ser el estado superficial, la cama de siembra o el conjunto de los horizontes colonizados por las raíces.

Esta obra no pretende abordar todos los aspectos de la caracterización del estado del suelo, sólo trata de observar y describir un perfil en el campo; los métodos de medición física (densidad, resistencia mecánica, etc.) son en efecto mejor conocidos. Pero no eliminan la necesidad de observaciones de campo: la localización de estas mediciones en unidades estructurales consideradas como homogéneas es útil para resolver los problemas de representatividad de las medidas y de cambio de escala.

Detallaremos cinco objetivos para el perfil cultural.

1. El perfil cultural, instrumento de evaluación de potencialidades agronómicas

Se trata de identificar rápidamente los principales problemas agronómicos inherentes al medio, poco o no dependientes de las operaciones de cultivo y de evaluar el volumen de tierra potencialmente explotable por las raíces (reserva hídrica útil, contribución de las capas profundas a la alimentación mineral de las plantas, carga en elementos pesados). Se identifican algunos elementos rápidamente observables en los horizontes edafológicos:

- localización de horizontes difíciles de atravesar por raíces (horizontes compactados o cimentados, roca madre, horizontes hidromorfos, etc.);
- a la inversa, presencia de fisuras, de galerías de lombrices;
- y finalmente, densidad y profundidad de las raíces de cultivos anteriores o actuales.

2. El perfil cultural, instrumento de ayuda para la decisión

Contrariamente al caso anterior, aquí se busca tomar en cuenta los efectos observables o previsibles de las operaciones de cultivo sobre el estado estructural y, por lo tanto, sobre el enraizamiento. Se continuará con la observación de los horizontes antrópicos para descubrir en ellos eventuales zonas compactas o cualquier obstáculo para el enraizamiento (piedras, paquetes de paja, zonas sin

raíces, pseudo-gley, etc.). Con tal pronóstico, se podrán deducir recomendaciones en cuanto a implementos, arreglos o acciones de corrección.

3. El perfil cultural, instrumento de diálogo con el agricultor

El perfil cultural es una oportunidad privilegiada de diálogo con el agricultor en el campo. El momento deseable para la observación de las consecuencias del trabajo del suelo sobre las plantas cultivadas se sitúa cuando estas han alcanzado el máximo desarrollo de sus raíces.

La observación puede ser todavía simple y rápida; se trata aquí de señalar los accidentes y detenerse en lo llamativo:

- zonas comprimidas o sin raíces,
- zonas de pseudo-gley y síntomas de hidromorfía,
- presencia de paquetes de materia orgánica,
- aspectos morfológicos de las raíces.

Estas observaciones permiten detectar problemas y así plantear preguntas al agricultor. Por lo tanto, el perfil cultural se convierte ahí en un instrumento pedagógico de diálogo, más que un diagnóstico elaborado.

4. El perfil cultural, instrumento del experto para la adquisición de referencias agronómicas

Al experto agrónomo, se le puede hacer una pregunta precisa como la siguiente: la planta presenta un accidente durante su crecimiento que no parece atribuible a un problema fitosanitario. ¿No habrá "un problema" de estructura del suelo?

El paso va a consistir en privilegiar las relaciones: vegetación (población y arraigo) y estado del perfil cultural. Se trata de concluir sobre la plausibilidad de un efecto de este último sobre la vegetación. El diagnóstico merece ser controlado por otra observación en la misma parcela en un lugar donde la vegetación no tiene los mismos síntomas: procediendo por comparaciones, uno fundamenta mejor sus conclusiones. Ahí, uno no se preocupa por elaborar un pronóstico o dar un consejo.

En caso de seguimiento de parcelas de un agricultor o de un ensayo, se procederá a una observación muy detallada y codificada, que se trate de comparar itinerarios técnicos, sucesiones de cultivos o terrenos distintos.

5. El perfil cultural, instrumento de consejo para el trabajo del suelo

Se busca un diagnóstico fiable que permita elaborar una recomendación en materia de trabajo del suelo, lo cual necesita:

- un análisis fino del perfil cultural,
- un diagnóstico preciso,
- un muy buen conocimiento de la acción de los instrumentos de trabajo del suelo,
- un muy buen conocimiento del comportamiento del suelo y de la vegetación,
- un análisis frecuencial del clima.

Este consejo supone un diálogo con el agricultor y la toma en cuenta de sus limitantes de equipamiento o de organización del trabajo (Sebillote, 1986; Papy & Servettaz, 1986). Es aquí tan indispensable tener una buena experiencia sobre la práctica del perfil como tener un buen conocimiento en materia de trabajo del suelo. Este conocimiento debe ir hasta el funcionamiento y el ajuste de las herramientas.

PRINCIPIOS GENERALES DE DESCRIPCION DE UN PERFIL CULTURAL

Lo que sorprende durante el examen de la pared de una fosa, es la variabilidad de su aspecto:

- En el sentido vertical (variaciones más o menos bruscas de color, de carga de elementos gruesos, de textura, etc.); se podrán distinguir y delimitar las capas de suelo ("horizontes") según estos aspectos y según su estado estructural (foto 3).
- Dentro de un horizonte dado; se puede caracterizar la variabilidad del estado estructural, sus consecuencias en el enraizamiento y el estado de oxidación de la tierra.

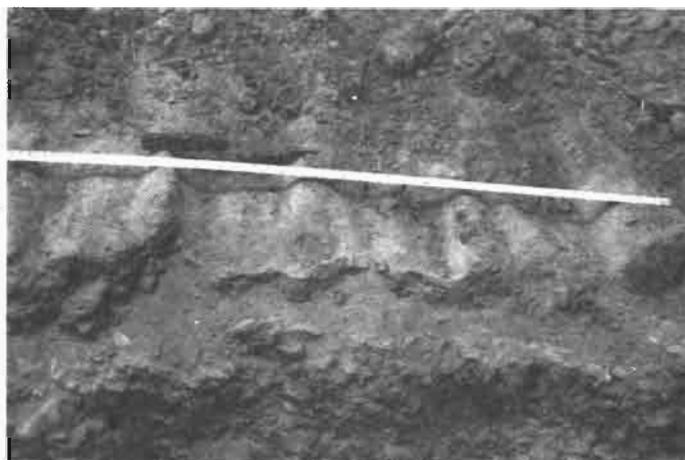


Foto 1. Fondo de la labranza con arado de disco



Foto 2. Fondo de labranza con arado de vertedera

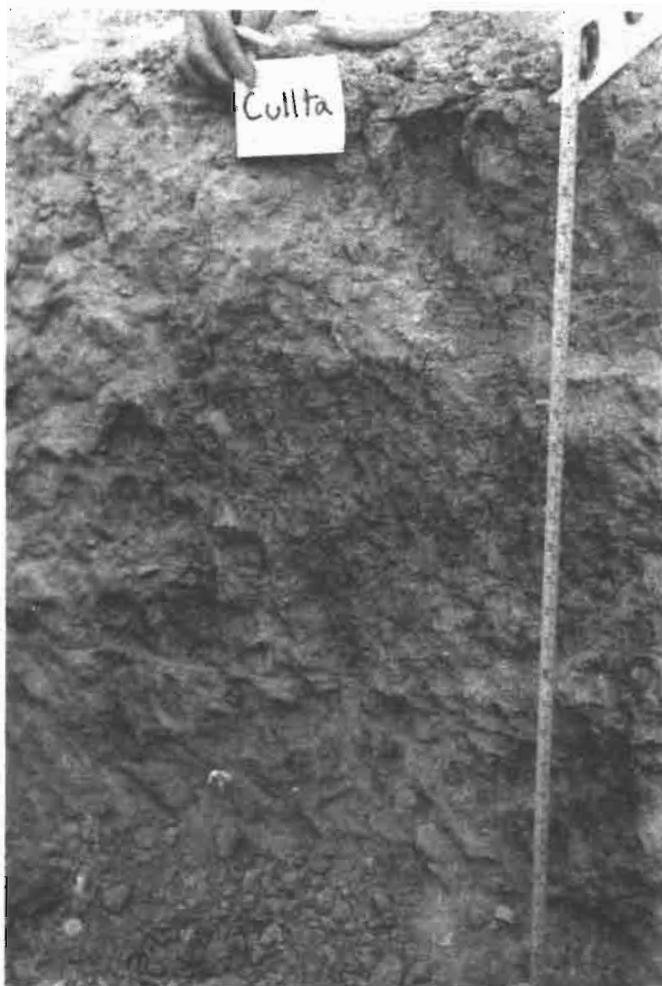


Foto 3. Corte vertical de un suelo franco arcilloso

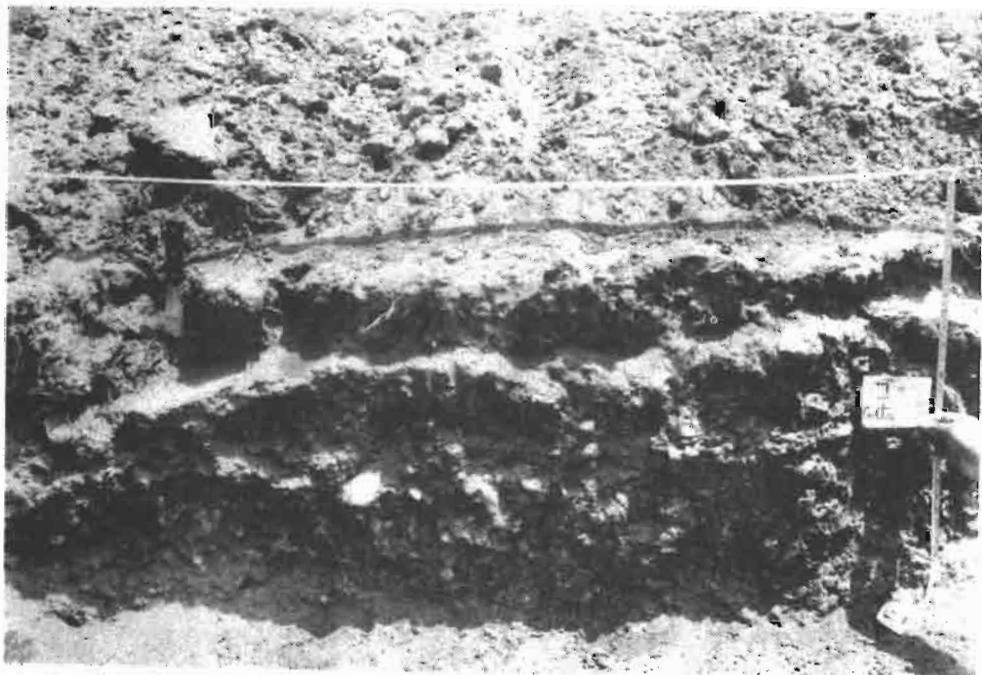


Foto 4. Delimitación vertical de los horizontes

Se mantendrá como principio de base la realización de una *doble delimitación*, vertical luego lateral, que servirá de marco para la descripción.

Delimitación vertical

El número de horizontes antrópicos, en un perfil dado, depende de las operaciones de cultivo realizadas, de sus profundidades respectivas y del orden en el cual han sido realizadas (foto 4). El conocimiento previo del itinerario técnico (Sebillotte, 1978) proporciona una hipótesis de estratificación vertical que el observador tiene cuidado de comprobar. Esto puede conducirlo a poner en tela de juicio, en vista de los hechos, las informaciones de cultivo proporcionadas antes de la observación. Por deseo de simplificación, se tomó el partido de no individualizar como "horizontes" las capas superficiales que hayan sufrido una evolución morfológica marcada bajo la acción de agentes climáticos (por ejemplo, la formación de costras). El horizonte H8 es particular porque el efecto del subsolador es localizado dentro del perfil edafológico.

Cuadro 1. Nomenclatura de los horizontes antrópicos y edafológicos
(Gautronneau & Manichon, 1982)

Ap	H0	Superficie del suelo
	H1 a H4	Horizontes creados por "labores" culturales posteriores a la roturación.
	H5	Horizonte "labrado", no modificado por las labores culturales posteriores.
	H6 a H7	Bases de horizontes "labrados" antiguamente
	H8	Debajo del fondo de "labor", los mas antiguos horizontes, mullidos por las herramientas tipo subsolador.
	P1 a Pn	Horizontes edafológicos (A/B, B, B/C, C...).

Delimitación lateral

Según la variabilidad espacial del estado estructural del suelo en los horizontes antrópicos y sobre todo por causa de las operaciones de cultivo, recientes o no, es posible proceder a una delimitación lateral del volumen del suelo. Tres tipos de posiciones laterales pueden ser definidos (cuadro 2 y figura 1).

Cuadro 2. Nomenclatura de la delimitación lateral
(Gautronneau & Manichon, 1982)

L1	Sitio afectado por las ruedas de la maquinaria, después de los últimos trabajos de mullimiento superficial. Sus rastros son visibles en la superficie.
L2	Parte donde circularon las ruedas de las maquinarias utilizadas entre la roturación y la última actividad de mullimiento.
L3	Residuo ileso de las acciones precedentes.

Luego de delimitar estas posiciones laterales, se procede a la descripción, horizonte por horizonte, de los siguientes aspectos:

- estado estructural,
- enraizamiento,
- estado de oxidación y síntomas de hidromorfía,
- localización y estado de las materias orgánicas,
- presencia de lombrices de tierra, galerías, fisuras, etc.

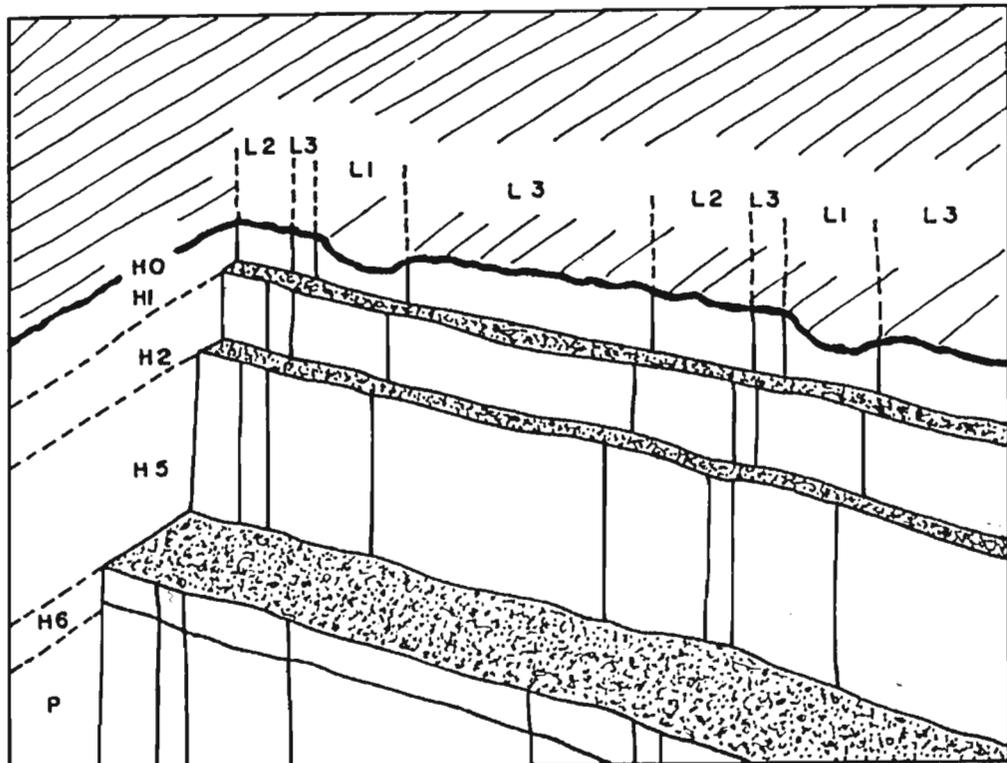


Figura 1. Cara de observación después de la delimitación vertical y lateral (Gautronneau, 1985)

CRITERIOS DE DESCRIPCION

El estado estructural

Si las descripciones no son finalizadas, no tienden a verificar un efecto sobre el suelo de operaciones culturales conocidas y la experiencia enseña que es casi imposible dar límites objetivos (precisos y con escala) a unidades distinguidas dentro de un horizonte. La delimitación de estas unidades descansa sobre el concepto de "estado estructural". Se conoce bien en edafología las diferentes estructuras que puede tomar la tierra. Dentro de los horizontes antrópicos, la unidad de análisis es el terrón, que resulta de las acciones de fragmentación y compactación por las herramientas. La descripción del "estado estructural" toma en cuenta tres niveles de organización: el estado interno de los terrones, su modo de ensamblaje y los estados tipos que resultan de una agrupación dada de modos de ensamblaje.

Primer nivel: el estado interno de los terrones

Después de la fragmentación manual de los terrones, se observa el aspecto de las caras de ruptura. Cualquiera que sea el material y su humedad, tres son los estados internos que pueden presentarse y son fácilmente observables (figura 2 y cuadro 3).

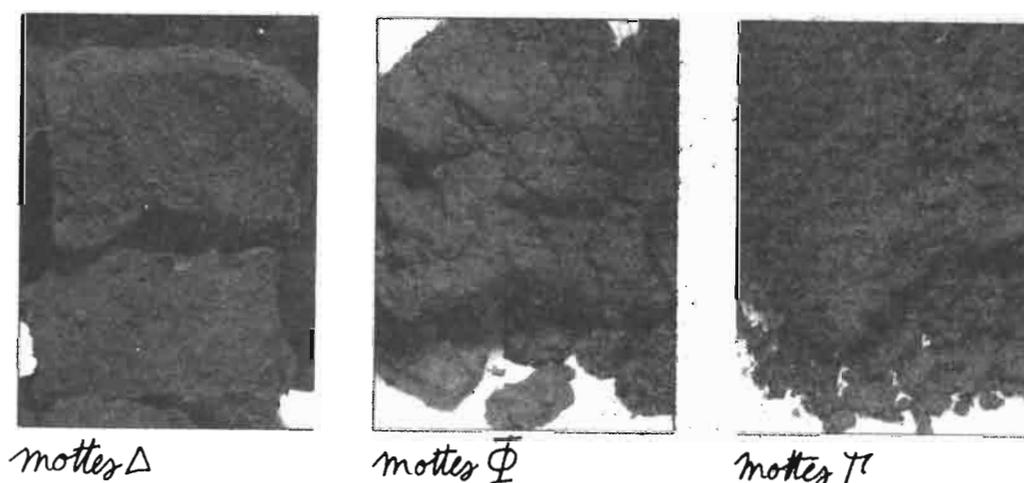


Figura 2. Ilustración del estado interno de los terrones

La distinción morfológica de los estados, que se presentan aquí, difiere de una escala ordenada de porosidad intra-terrón, utilizable solo cuando el espacio poral está repartido de manera homogénea y tiene dimensiones poco variables. Cuando el estado "Δ" (foto 5) ha sido creado por las labores de cultivo, la acción ulterior de los agentes climáticos no oculta este efecto: la suma de "Δ + Φ" queda constante durante la campaña agrícola en los horizontes H5, menos influenciados por el clima. Esto permite deducir los efectos de los implementos sobre el suelo, de observaciones no realizadas inmediatamente después del laboreo. Claro que estas observaciones son más fáciles de realizar cuando ha transcurrido poco tiempo desde el paso de los implementos.

Cuadro 3. Estado interno de los terrones
(Manichon, 1982a y b)

ESTADO INTERNO	PRINCIPALES CARACTERISTICAS
Δ delta (símbolo cerrado, poca porosidad)	Aspecto continuo. Las caras de fragmentación son poco rugosas, de forma típicamente concoidal. Porosidad estructural nula, la densidad de los terrones es la densidad "textural" (Stengel, 1979). Resulta de una compactación severa de origen antrópico (ruedas de tractor). Su cohesión es elevada en seco.
Φ phi (O "fisurado" por I)	Deriva del estado Δ pero contiene inicios de fisuras, creadas por agentes naturales (hielo) o durante una fragmentación por las operaciones de cultivo, en la medida en que el tenor de arcilla así lo permita.
Γ gamma (símbolo abierto, alta porosidad)	Los agregados son visibles dentro de los terrones. Proviene de la aglomeración de elementos más finos (tierra fina creada por los instrumentos o fragmentos bastante disgregables, resultando de los agentes naturales). La rugosidad de las cajas de fragmentación es elevada, la porosidad estructural es bastante variable, pero en ningún caso nula, la cohesión es más débil que en los estados Δ y Φ .

Observación: si no hay terrones, sino unicamente tierra fina, se anota tf.

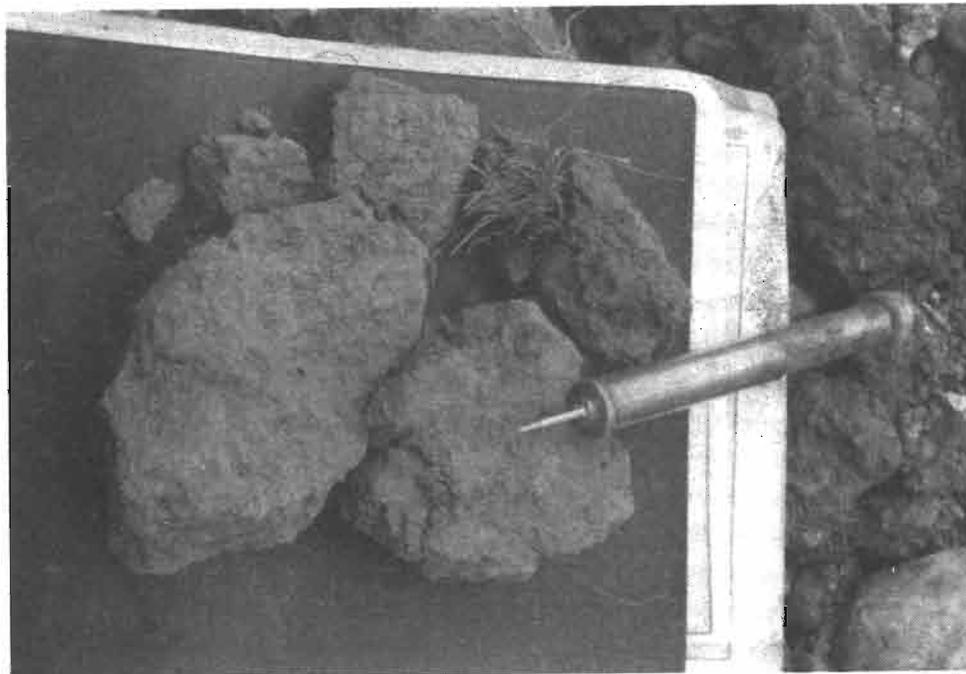
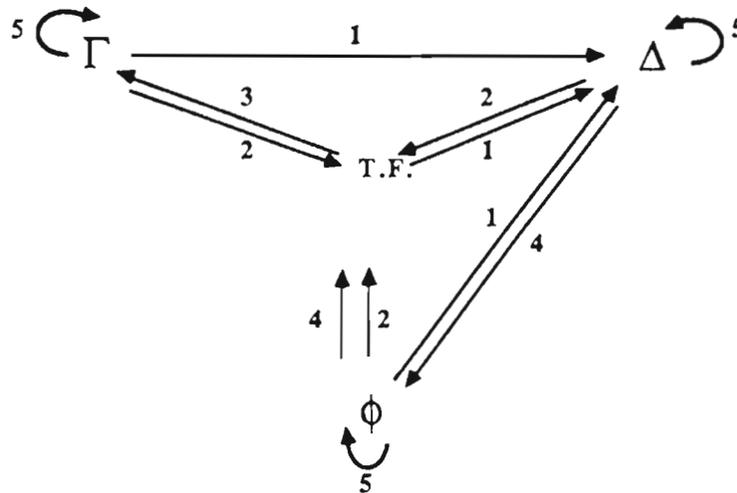


Foto 5. Comprobación por penetrometría de un estado Δ

Estos estados internos no son independientes, sino que están interrelacionados conforme a factores de estructuración antrópicos y naturales (figura 3).



1. Creación de una estructura continua: resultado de la aplicación de una presión severa, de origen antrópico, especialmente en suelo húmedo (se observa mejor en estado de desecación).
2. Fragmentación a través de los instrumentos de cultivo.
3. Aglomeración (interacciones clima-textura-fauna...), limitantes moderados. Suelos ricos en materia orgánica.
4. Fragmentación (interacción clima-textura).
5. Fluctuaciones sin cambio de estado interno.

Figura 3 - Esquema de las interrelaciones entre los estados internos
(Manichon, 1982a y b)

Los otros modos de evolución del estado estructural bajo la acción del clima conciernen a otros niveles de organización.

2do nivel: modo de ensamblaje de los terrones (cuadro 4)

Este modo de descripción se refiere principalmente a las "unidades morfológicas" (conjuntos de estados internos similares), que se observan en la cara vertical de un perfil cultural, en cada horizonte antrópico ya diferenciado.

Si se observa en la cara vertical un solo terrón, se habla de un estado macizo o continuo (M). Si por el contrario varios terrones están asociados, se nota su grado de unión (F, Fragmentario; SF, Fácilmente disgregable; SD, Difícilmente disgregable), su calibre y la relación de abundancia terrones/tierra fina. En una gama dada de calibre de los terrones y de intensidad de afinamiento, la porosidad estructural entre terrones decrece de F a SF y SD; por definición la porosidad estructural es nula en M.

La evolución de este nivel de organización de los terrones, bajo la acción de los agentes climáticos, puede ser importante entre los períodos de laboreo (paso de F a SF, de SD a M, aglomeración de tierra fina con las lluvias) y no discernible de una acción de compactación suave. Al contrario, la aparición de fisuras de desecación ("R") es característica de una acción climática precisa. Por lo tanto, es importante tener en cuenta este hecho para la elección de la fecha de observación.

Cuadro 4. Modo de ensamblaje de los terrones (2do nivel de organización estructural)
(Manichon, 1982a y b)

UN ELEMENTO ESTRUCTURAL	ALGUNOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	S. adherida entre ellos		Individuales
Estructura continua	Difícilmente disgregable	Fácilmente disgregable	
↓	↓	↓	↓
M	SD	SF	F
Masivo	Adherido difícilmente disgregable	Adherido fácilmente disgregable	Fragmentario

Dimensión de los terrones:

gm = terrones > 10 cm
mm = terrones 5-10 cm
pm = terrones < 5 cm

Relación terrones: tierra fina

m > tf (presencia de terrones mayor a tierra fina)
m >> tf (predominancia de terrones)
m << tf (predominancia de tierra fina sobre terrones)

Presencia de cavidades

Sufijo V (Cavidades > 5 cm)

Presencia de fisuras de contracción

Sufijo V (cavidades entre 1-5 cm)
Sufijo R.

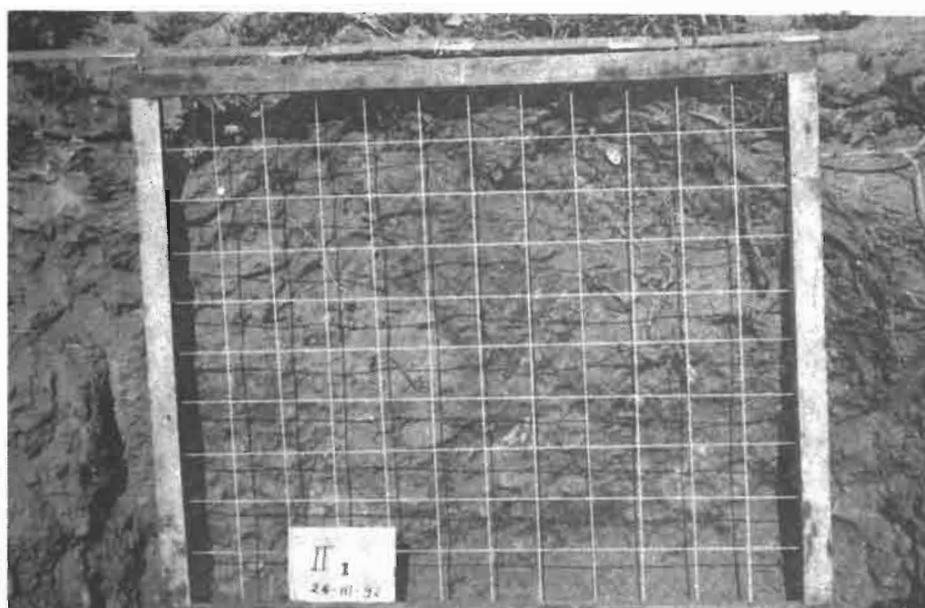


Foto 6. Cuadro de madera cuadrículado con hilos

**3er nivel: reagrupamiento de los modos de ensamblaje
(estados tipos o, b, c)**

Este reagrupamiento es practicado en los horizontes que han sufrido una mullidura seguida de apisonamientos locales o generalizados que tienen cierto espesor y donde se observa el predominio de un estado estructural. Es típicamente el caso del horizonte antrópico H5 (cuadro 5).

Cuadro 5. Definición y origen de los estados tipo o, b y c
(Manichon, 1986)

ESTADO TIPO	DEFINICION Y ORIGEN
o	Predominio de los estado F y S, sin terrones decimétricos, ni cavidades importantes. Tierra fina abundante. Típicamente: prisma de tierra fuertemente desmenuzada.
b	Predominio de M y FV, terrones decimétricos, separados por cavidades estructurales importantes. Poca tierra fina. Típicamente: prisma de tierra poco fragmentada (terrones grandes).
c	Predominio de los estados M y SD. Típicamente: efecto de una compactación post "laboreo" sobre tierra fuertemente desmenuzada.

Atención: la textura interviene también en la formación de estos estados. Así, una carga fuerte de elementos gruesos (grava, guijarros, piedras) casi prohíbe la formación del estado "b", en cualquier condición; en cambio, este estado es observado más frecuentemente en las tierras arcillosas.

Se ilustra en la figura 4 y el cuadro 6 las diferentes síntesis posibles del estado estructural y su relación con **los impactos radiculares**, en base a un estudio realizado en el Altiplano central boliviano (Fernandez, 1993) en un suelo franco-arcillo-arenoso roturado con arado de vertedera a 30 cm de profundidad. Los impactos radiculares revelan las diferencias de aptitud a la colonización radicular de los estados "c", "o" y "b". Para ello se aplica en la cara vertical de observación del perfil cultural un cuadro de madera cuadrículada con hilos amarrados cada 5 cm (malla de 5 cm x 5 cm) (foto 6) y se determinan las superficies de las unidades morfológicas y el número de intersección entre las raicillas y el plano vertical.

$$\text{Impactos radiculares (raicillas / dm}^2\text{)} = \frac{\text{Número de intersección de raicillas}}{\text{Superficie de la unidad morfológica}}$$

Cuadro 6. Estado estructural e impactos radiculares
(Fernandez, 1993)
Suelo franco-arcillo-arenoso roturado con arado de vertedera
a 30 cm de profundidad

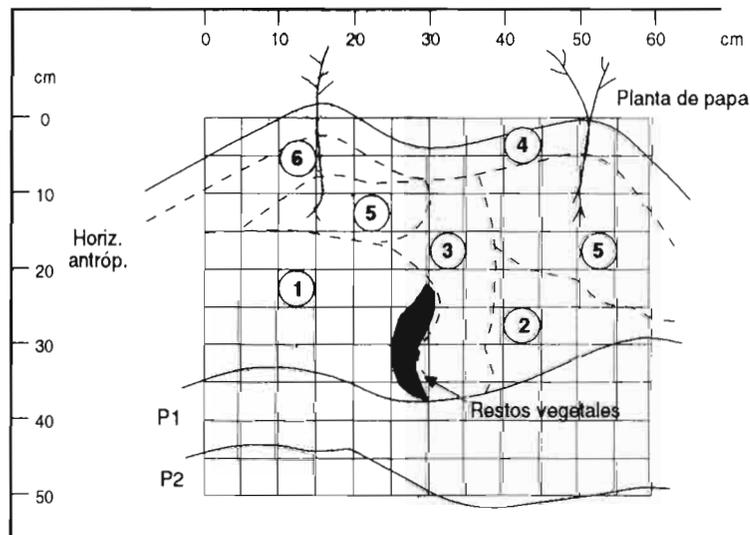
Nro. U.M	ESTADO ESTRUCTURAL (2de. + 1er nivel)	SUPERF.		IMPACTOS RADIC. (raiz/dm ²)	ESTADO ESTRUCTURAL		% de la superficie del horizonte
		(cm ²)	%		3er nivel	% de Δ dentro el estado tipo	
1	SD mm A	541	29	13.9	c	46	46 ⁽¹⁾
3	SD pm Δ	305	17				
2	SF pm Φ	249	14	65.9	o	7	7 ⁽²⁾
4	SF pm Γ	141	8				
5	F pm Φ + tf	475	26				
6	Fv pm Φ	120	6	56.5	b		
TOTAL		1831	100		TOTAL		100

Detalle por unidad morfológica

Síntesis

⁽¹⁾100 x ((541+305)/1831) = 46%

⁽²⁾100x (120/1831) = 7%



1,2,3...: Unidades morfológicas
P1 y P2: Horizontes edafológicos

Figura 4. Croquis de las unidades morfológicas en camellones sembrados con papa
(Fernandez, 1993)

ETAPAS EN LA DESCRIPCION DEL PERFIL CULTURAL

La figura 5 muestra todos los materiales necesarios y útiles para la observación y descripción del perfil cultural:

- una laya de dientes, muy útil para escarvar cuando el suelo es pedregoso,
- una pala cuadrada para escarvar en un suelo sin piedras,
- una pala para sacar la tierra de la calicata,
- una picota y, eventualmente, una barreta también,
- un fuelle para "limpiar" la cara de observación de la tierra fina (45 cm de largo y 25 cm de ancho),
- un cuchillo con mango de madera con extremidad plana (3.5 cm x 2 cm), hoja corta y ancha (12.5 cm x 3.5 cm) con extremidad no puntiaguda sino redondeada; espátulas de albañil pueden también ser útiles,
- un flexómetro, un metro de madera plegable,
- una tabla de anotar y un lápiz.

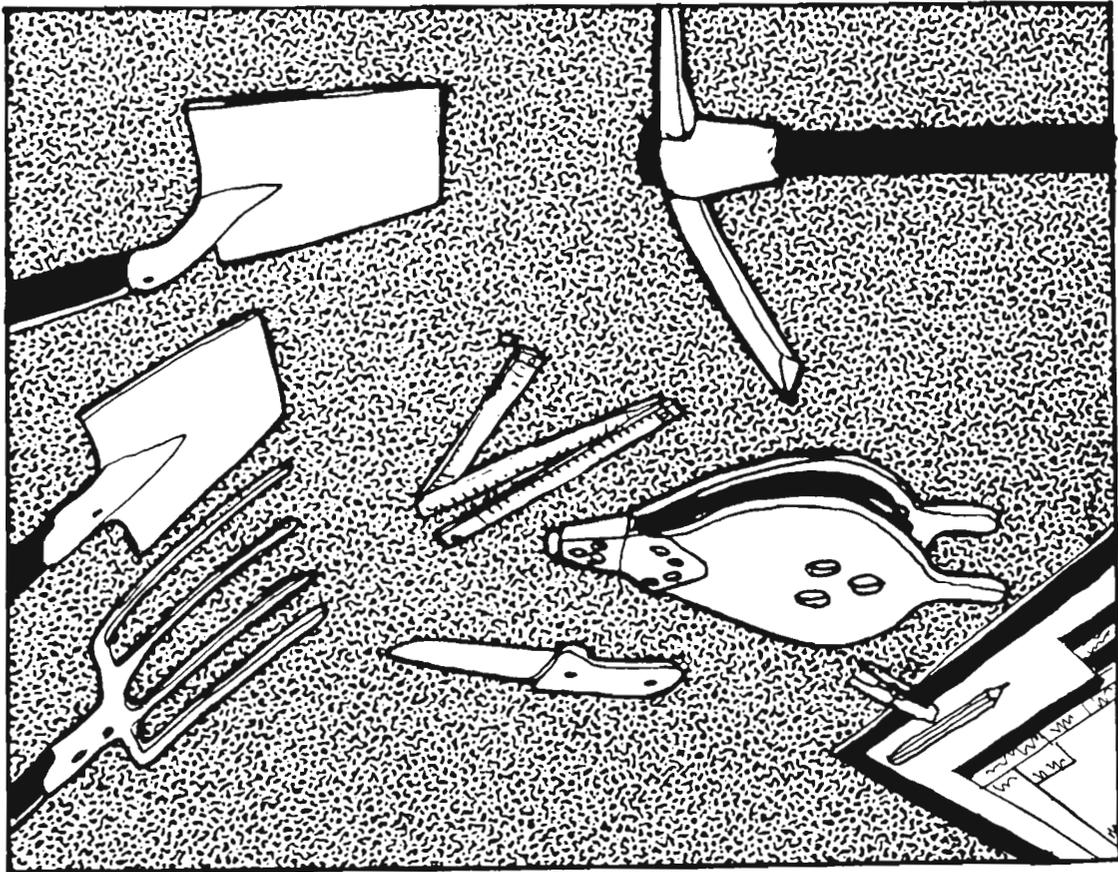


Figura 5. Herramientas utilizadas para la observación del perfil cultural

1ª etapa: localización de una estación de observación

- Localizar una zona homogénea, representativa en cuanto al suelo, a la historia de cultivo y al estado de la vegetación (crecimiento, desarrollo, estado sanitario, infestación por malezas, etc.). Se postulará entonces que un perfil cultural es representativo de la estación así definida. Para ello, hay que pasar el tiempo suficiente para reconocer las zonas homogéneas (Servettaz, 1979).
- Describir el entorno geológico, geomorfológico, hidrológico del sitio de observación.

2ª etapa: dimensiones de la fosa

- Situarse al centro de la zona homogénea escogida, perpendicularmente al sentido de la roturación. Si el sentido de la siembra no es el mismo que el de la roturación, se podrá realizar la fosa en forma de L.
- Agrupar por lo menos dos pasadas del **arado** para que la observación del perfil sea representativa.
- La fosa debe tener un ancho de aproximadamente 1 m que permita efectuar el examen con comodidad.
- La cara de observación debe tener una orientación en relación al sol que presente el contraste máximo.

En el lado de la cara de observación se traza con la laya una línea que define la zona protegida de los pisoteos del observador o de los acompañantes. La tierra está evacuada en el lado opuesto (fig 6).

3ª etapa: realización de la fosa

- La profundidad de la fosa depende de los objetivos perseguidos, del material disponible y del conocimiento previo de los horizontes edafológicos existentes (fig. 6).
- Marcas de referencia, codificadas y enumeradas, serán colocadas para delimitar la cara de observación del perfil y ubicarla en relación al paso de las llantas del tractor o de las líneas de siembra (fig. 7). Se puede también extender a unos 10 cm de esta cara de observación un doble metro de madera.

4ª etapa: observación del fondo del perfil

Observar primero el fondo del perfil, ya que éste será rellenado de tierra en las posteriores observaciones. Para esto, auscultar el perfil enterrando 1/3 de la hoja del cuchillo y haciendo palanca para sacar fragmentos de tierra. En esto se observará la consistencia, textura, presencia de piedras, humedad, color, síntomas de hidromorfía, presencia de raíces, presencia de cavidades, fisuras, etc. Estos parámetros también se consideran en las siguientes capas u horizontes observados. Puede ser útil sondear con un barreno a mayor profundidad, desde el fondo de la fosa, para verificar el espesor del último horizonte observado.

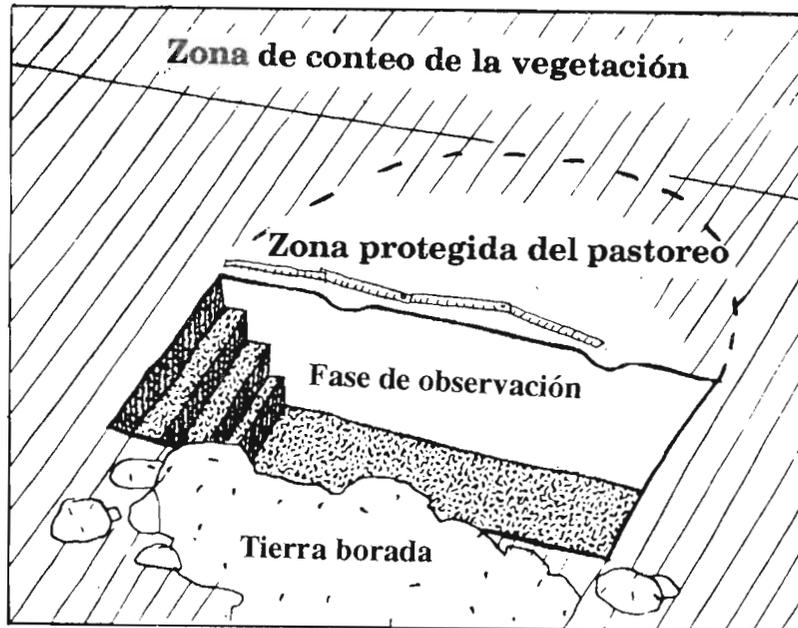


Figura 6. Esquema de una fosa lista para la observación del perfil cultural (Gautronneau, 1985)

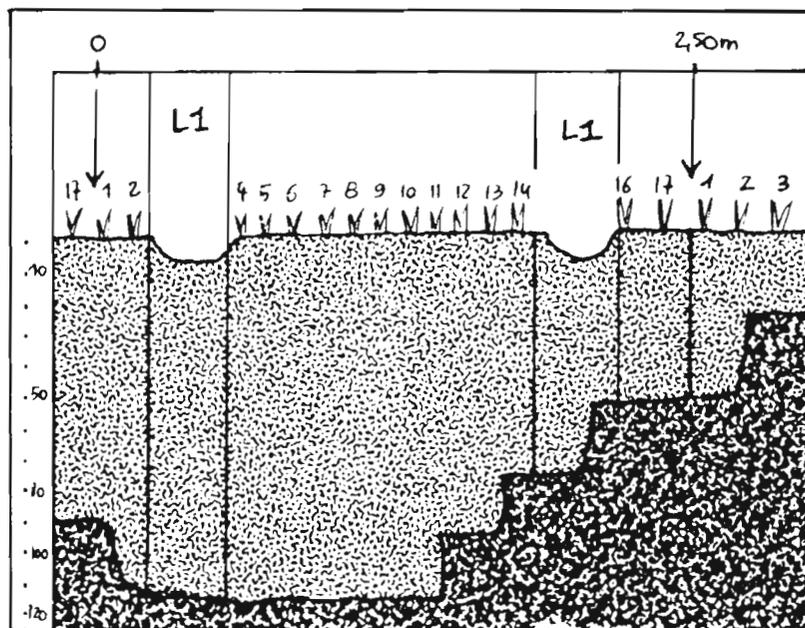


Figura 7. Posición de plantas en la cara de observación (Gautronneau, 1985)

5ª etapa: primera delimitación vertical (fig. 1)

- Las operaciones de excavación de una fosa han modificado el estado del suelo: el lado de observación es más o menos alisado por las herramientas. Auscultar el suelo, de la misma manera que para el fondo del perfil; la tierra fina se saca con el fuelle.
- Delimitar luego los horizontes edafológicos (cambio de color, textura, etc.)
- Determinar el límite inferior de cada horizonte empezando por el fondo de la capa arable. Una práctica muy sencilla es golpear con la extremidad plana del mango del cuchillo, la cara vertical del perfil de arriba hacia abajo y de derecha a izquierda. Las variaciones de sonoridad ligadas a la compactación sugieren límites de horizontes. La regularidad y nitidez de estos límites serán anotadas.
- Delimitar en un plano la profundidad de cada horizonte.

Atención: según el tipo de suelo y según la humedad, las variaciones de color entre horizontes son más o menos marcadas y su interpretación más o menos fácil. Es muy útil conocer el clima reciente y tener al menos un mínimo de conocimientos sobre Edafología para evitar errores!

6ª etapa: refrescamiento del perfil y descripción de los horizontes profundos

Antes de seguir adelante con las observaciones, conviene hacer desaparecer las huellas de picota, trabajando la cara de observación con la punta del cuchillo. Se introduce la punta perpendicularmente a la cara de observación, hasta aproximadamente un centímetro y, con un movimiento de palanca, se desprenden fragmentos de tierra. Repetir esta operación algunos centímetros más allá, de abajo hacia arriba y de izquierda a derecha, para un diestro. Luego de un sopleo con fuelle, aparecen el horizonte estructural y la localización de las raíces. Entonces se pueden describir los horizontes edafológicos. Con este tipo de preparación, se puede observar la repartición espacial de las raíces (método de la grid, Tardieu & Manichon, 1986).

7ª etapa: evidenciar el fondo de la última labranza

Un fondo de trabajo es más fácil de localizar con precisión si se hace aparecer una superficie importante y si se parte desde lo alto del perfil.

- Con una laya de dientes, se desprende parcialmente la tierra del horizonte labrado, en toda la longitud del perfil: paralelamente a la cara de observación, aproximadamente 20 cm hacia atrás, se introduce la laya a una profundidad igual a 5 - 10 cm menos que la profundidad presumida. A través de un ligero movimiento de "adelante hacia atrás" del mango, se hace caer la tierra en el fondo de la fosa y sucesivamente en toda la longitud del perfil.

- Con el cuchillo y el fuelle se hace aparecer progresivamente el fondo de la labranza calándose en la materia orgánica, estando atento a la aparición de alisados eventuales de tierra fina (foto 7), de agua libre, o de cambios de color.
- En el fondo de labranza, se observarán los alisados, señales de puntas de reja, talón del arado, ancho de trabajo (atención: el arado puede estar mal regulado). Se observará también la presencia de fisuras, de raíces horizontales y las galerías de lombrices. Se refrescarán de nuevo los horizontes situados debajo del fondo de labranza para apreciar eventuales zonas compactadas.
- Anotar el máximo de informaciones en el esquema y situar una línea más o menos horizontal representando este fondo de labranza.

Atención: *esta operación es delicada y es necesario saber hacerla. No dudar, al principio, en cubrir toda la longitud del perfil con la esperanza de "caer" en una zona más fácil. Recordar que un fondo de labranza es raramente uniforme, que la rueda de surco del tractor puede compactar en un espesor importante (hasta 10 cm aproximadamente encima del paso de la reja) lo que acrecenta en este lugar las dificultades de evidenciación del fondo de labranza. Un buen conocimiento del funcionamiento de los arados facilita mucho esta operación delicada y a veces larga.*



Foto 7. Alisado

8ª etapa: descripción de los horizontes antrópicos

- Una vez situado el fondo de labranza, remarcaremos ahora los horizontes antrópicos. Para esto se vuelve a partir de la superficie del perfil. Con ayuda del cuchillo y del fuelle, que se vuelve indispensable, se evidencian los diferentes horizontes haciendo aparecer “gradas de escalera sucesivas”, de menor longitud en el caso del fondo de labranza (generalmente bastan aproximadamente 5 cm, como lo indica la figura 1).

Atención: *esta operación es todavía más delicada que la anterior. Hay en este caso un real “arte” que se debe adquirir con la práctica repetida del perfil cultural.*

- Trazar en el cuadro C de la ficha de observación (ver 12ª etapa) los límites de los horizontes antrópicos; indicar sus profundidades y los alisados dejados por las herramientas.

9ª etapa: delimitación lateral (fig. 1)

- Esta delimitación en L1, L2 y L3 se refiere prácticamente a todos aquellos efectos mecánicos ocasionados por apisonamientos de las ruedas del tractor. Conviene entonces conocer con anterioridad los lugares donde pasaron las maquinarias que circularon después de la labranza del suelo (labranza secundaria).
- Si no se tienen estas informaciones, auscultar nuevamente el perfil con el cuchillo y el fuelle especialmente en H5 para localizar las posiciones L2. Por ejemplo, si se observan zonas compactas de una longitud de aproximadamente 40 cm y cuyas distancias son compatibles con la vía de los tractores y el ancho de las herramientas, pueden ser interpretadas como posiciones L2. Es muy útil elaborar un esquema a partir del conocimiento de las operaciones de cultivo para lograr así una mejor interpretación.
- Precisar en el esquema el ancho de cada delimitación lateral.

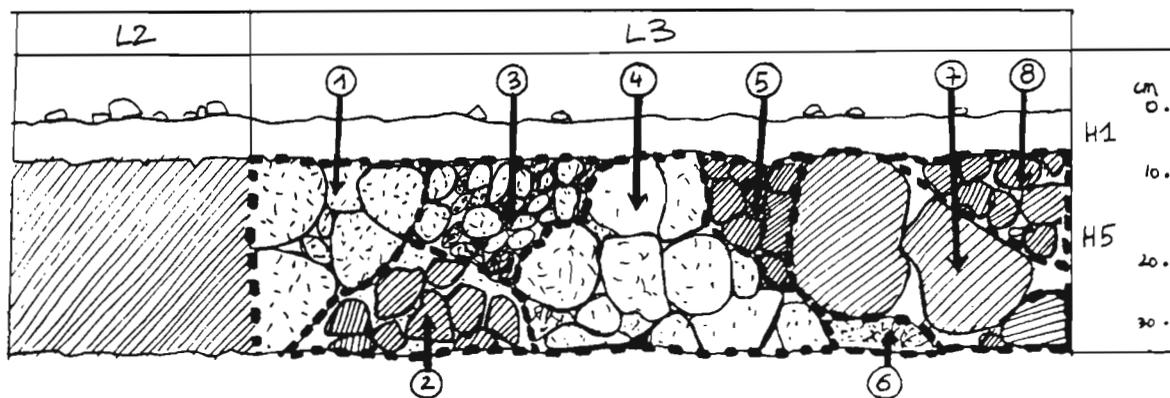
Atención:

- *En ciertos casos, no se observan huellas morfológicas que permitan ubicar en el esquema las posiciones L2 (aunque uno esté seguro que hubieron intervenciones post-labranza). Si la totalidad del volumen del horizonte ha sido afectada, entonces sólo existe la posición L2 (el “residuo” L3 no existe). Puede ser también que la ubicación del lado de observación del perfil haya sido mal elegida.*
- *Es el momento para tomar una foto del conjunto del perfil, ya que se va a destruir este bello edificio para extraer terrones con el cuchillo y entrar así al examen minucioso de los estados estructurales, los residuos vegetales (examen de su estado de descomposición y de su naturaleza) y de las raíces (búsqueda de características morfológicas particulares).*

10ª etapa: determinación de los diferentes estados estructurales

Una vez realizada la doble delimitación vertical y lateral, se procede a describir dentro de cada capa los diferentes estados estructurales.

- Partiendo de una superficie de algunos cm^2 , caracterizarla utilizando los 2 primeros niveles de organización.
- Luego anotar los lugares donde por los menos unos de estos cambian. Se trazan de esta manera los límites de cada **unidad morfológica**, cuyo estado estructural está definido por una combinación dada de los 2 primeros niveles de organización. Así, en el ejemplo de la figura 8, los límites de la unidad morfológica n° 1 corresponden a un cambio del modo de ajuste, durante el paso a la unidad n° 3, y a una modificación de los 2 niveles, durante el paso a la unidad n° 2.
- Progresivamente, se posicionan los contornos de las unidades morfológicas y se los materializa en la cara de observación instalando puntos de referencia (clavos, fósforos, unidos por un hilo). Se notará que, generalmente, estos contornos siguen las discontinuidades creadas por la labranza en L3, pero que no siempre es el caso.
- Cada unidad morfológica se describe utilizando las denominaciones presentadas en los cuadros 1 y 2. Por ejemplo en la figura 8, las unidades 5 y 8 presentan el estado estructural "SF pm Δ , m>>tf", que significa: "terrones soldados unos a otros, fácilmente disgregables, de tamaño menor a 5 cm, de estado interno Δ y acompañados de poca cantidad de tierra fina".
- Para evaluar la importancia relativa de las unidades en el estrato, se puede realizar un mapa preciso (con calco en la misma cara del perfil o en un dibujo a escala) en el cual se medirá la superficie de cada unidad morfológica por planimetría. En caso de una evaluación menos precisa, se puede porcentualizar la extensión de cada unidad morfológica por simple observación.
- La información bruta así obtenida no puede, generalmente, ser utilizada tal cual, debe ser sintetizada. Si bien la manera de manejar esta síntesis depende del objetivo del estudio, se pueden dar algunas indicaciones que, a nivel de un estrato, tienen un valor bastante general. El paso consiste en sacar del mapa de los estados estructurales variables indicadoras que permitirán interpretar más fácilmente las situaciones y, sobre todo, compararlas.
- Se puede calcular el número de unidades distinguidas, para una longitud observada dada. Así, en el ejemplo de la figura 8, en 40 cm de longitud, se nota una sola unidad en L2, contra 2.5 (en promedio) en L3; esto expresa, para este último caso, una gran variabilidad espacial del estado estructural y la existencia de un mayor número de discontinuidades. Este índice global puede ser útil en la clasificación de un número importante de perfiles observados. La superficie promedio por unidad proporciona informaciones análogas.



ESTRATO H5 - L2

Una sola unidad morfológica de 1200 cm²

Estado estructural (2do y 1er nivel): MA. 3er nivel: c

%Δ: 100 (representa el 100% de la superficie de este estrato)

ESTRATO H5 - L3

No. U.M. (1)	Estado estructural (2do + 1er nivel) (1)	Sup. en (cm ²)
1	SF mm F, m > tf	360
2	Fv pm Δ, m > tf	320
3	SF pm Γ, m = tf	280
4	SF mm Γ, m > tf	1440
5 y 8	SF pm Δ, m >> tf	500
6	SF tf	30
7	FV gm Δ, otf	970
Total		3900

Detalle por unidad morfológica

Estado estructural		% de la sup. del estrato
3er nivel	% Δ en el estado tipo	
o	30 (2)	75
b	100	25 (3)
Total		100

Síntesis

(1) A título indicativo=

pm: terrones < 5cm, mm: terrones 5 a 10 cm, gm := terrones > 10 cm

1,2,3 ... : N° de las unidades morfológicas

$$(2) \frac{100 \times (320+500)}{(3900 - 970)} = 28\% \text{ o } 30\%$$

$$(3) \frac{100 \times 970}{3900} = 24,9 \text{ o } 25\%$$

Figura 8. Unidades morfológicas en L2 y L3
(Manichon, 1986)

- También se puede hacer la suma de las superficies que corresponden a estados estructurales idénticos y calcular la parte ocupada por cada uno de estados en el horizonte. Por ejemplo la figura 8 muestra:
 - el estado estructural de las unidades 5 y 8 ocupa: $100 (500/3900) = 13\%$ del strato H5-L3;
 - el de las unidades 1 y 4 ocupa: $100 (360 + 1440)/3900 = 46\%$ del mismo estrato.
- Se puede también presentar el estado estructural del horizonte H5, utilizando directamente el 3er nivel de organización para la observación, o sea sin delimitación previa de las unidades morfológicas. Se delimitará en este caso las morfologías **o**, **b** y **c** que constituyen el estrato, y se evaluarán sus superficies respectivas. Un criterio que depende poco de la fecha de observación es el tenor en estado interno “ Δ ”; que es central para la interpretación. Para los estados **o** y **b**, se dará un orden de tamaño del calibre de los terrones.

11ª etapa: otras observaciones

Los estratos que resultan de las delimitaciones lateral y vertical definen también el marco de las otras observaciones:

- los síntomas visibles en **superficie**: intensidad de apelmazamiento, erosión, mallas de fisuración, tamaño de los terrones, residuos vegetales, etc.,
- las variaciones espaciales de **humedad** de la tierra,
- las **raíces**: por evaluación comparada de su densidad según los estratos. No hay que ilusionarse con el valor absoluto de estas anotaciones, una evaluación precisa implica la ejecución de métodos específicos (Tardieu & Manichon 1986). Por otro lado, síntomas como: aplanamiento, ramificaciones en “espinas de pescado”, codos, espesamiento, pueden generalmente ayudar a evidenciar heterogeneidades estructurales. Una débil adherencia a la tierra (raíces velludas) es reveladora de cavidades importantes y permite pronosticar un mal funcionamiento radicular,
- los síntomas de **hidromorfía**: pseudogley reducido u oxidado, que hay que relacionar con el estado estructural circundante y la presencia de materias orgánicas, o bien concreciones...,
- los **residuos vegetales** enterrados: estado de descomposición (color, resistencia mecánica, olor, etc), localización (paquetes o “lechos” más o menos inclinados), abundancia...,
- los signos de actividad de la **fauna**, lombrices principalmente: abundancia, dirección de las galerías, etc.; cuando un estado Δ es perforado por galerías, es muy importante anotarlo.

Esta etapa tiene un triple papel:

1. Guiar al observador a fin de que no olvide nada importante (cuadros D, E, F, G); conduce generalmente a nuevas observaciones. En particular, se tiene cuidado de anotar las eventuales variaciones de densidad de arraigamiento en los horizontes edafológicos, en relación con los estados de H5 y H6.

2. Ayudar en la síntesis de las observaciones (cuadro H).

3. Almacenar, de materia estandarizada, los resultados de la observación. Según los objetivos perseguidos, este papel es más o menos necesario.

- La figura 10 resume las diferentes posibilidades de observación e interpretación del perfil cultural, según los objetivos seguidos.

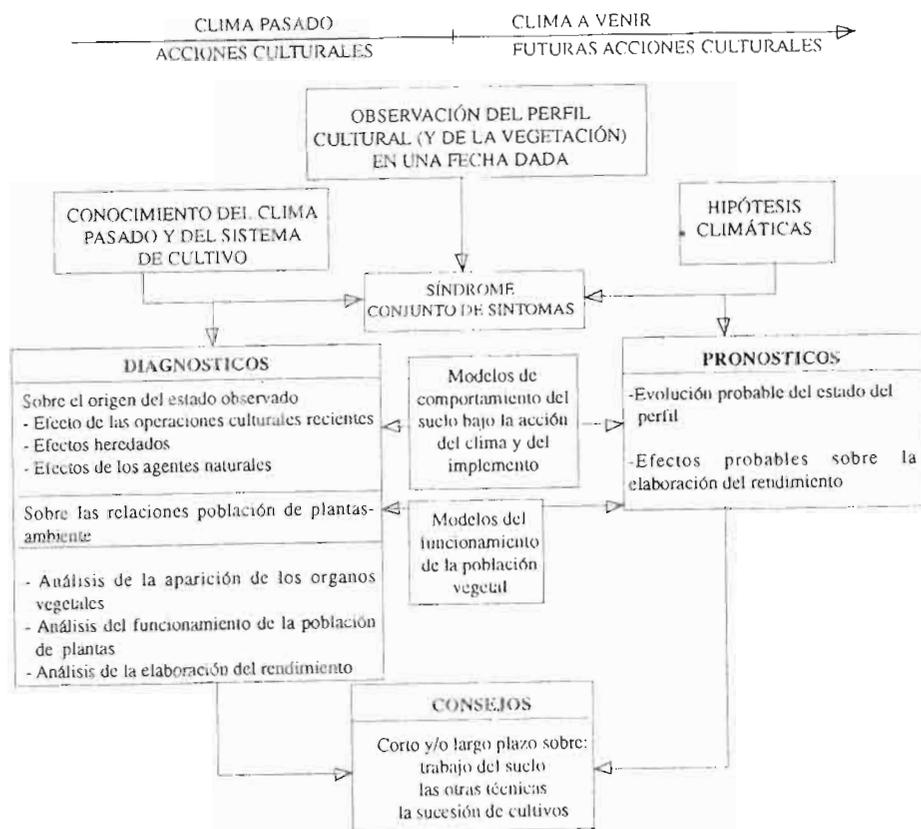


Figura 10. Esquema de observación e interpretación del perfil cultural (Gautronneau & Manichon, 1987)

CONCLUSION

Desde la invención del concepto de “perfil cultural” por S. Henin y sus colaboradores, en 1960, la situación cambió bastante.

Por una parte, progresos científicos

Hemos evocado algunos en esta obra. Los métodos de medición de la densidad o de la humedad del suelo *in situ*, que se disponía hace 20 o 30 años (“anillos” de densidad o “densitómetros de membrana”, “cajas de humedad”), son de un empleo laborioso y proporcionan datos de alcance limitado.

La situación mejoró enormemente con los densímetros de atenuación gama, humidímetros a neutrones, tensiómetros, etc., asociados a medios de cálculo performantes y a la automatización de la toma de datos. Sin embargo, siguen habiendo dificultades relacionadas, generalmente, a la gran variabilidad espacial (a varias escalas) de los caracteres que se deben examinar, lo que ocasiona costos importantes, los cuales limitan la utilización de los medios de medición a situaciones a priori más simples.

Por otra parte, la evolución de los sistemas de cultivo y de su manejo

Las “rotaciones”, si se toma este término en un sentido estricto, están evolucionando. En la fase inicial de la mecanización, no se toma en cuenta suficientemente las condiciones de trabajo de los implementos pero, por la poca variedad de implementos usados, es posible establecer relaciones textura-humedad-uso de implementos; lo que no es más válido cuando se emplean implementos más vigorosos, más resistentes y más rápidos. En todo caso, la necesidad de una evaluación directa, global y rigurosa del estado del suelo es imprescindible, en particular para:

- razonar la optimización de la utilización de los medios modernos de medición de los parámetros del estado físico,
- aportar una ayuda a la decisión en tiempo corto para el manejo de itinerarios técnicos y el arreglo de los implementos,
- contribuir a la formulación de diagnósticos globales sobre los sistemas de cultivo según los medios y proponer eventualmente una adaptación de las prácticas.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- FERNANDEZ G., 1993. Efecto de métodos de labranza sobre las características estructurales del suelo y del cultivo de papa. Tesis grado Ing. Agr., UMSS, Cochabamba, 114 p.
- HENIN S., GRAS R., MONNIER G., 1969. Le profil Cultural (2da edición). Masson Ed., Paris.
- GAUTRONNEAU Y, 1985. Observation du profil cultural. Doc. Ronéo, ISARA, Lyon.
- MANICHON H., 1982 a. Influence des systèmes de culture sur le profil cultural: élaboration d'une méthode de diagnostic basée sur l'observation morphologique. Thèse Doct. Ing. Sc. Agronomiques INA-PG, 214 p. + ann.
- MANICHON H., 1982 b. L'action des outils sur le sol: appréciation de leurs effets par la méthode du profil cultural. Science du sol, 3, pp. 203-219.
- PAPY F. & SERVETTAZ L., 1986. Jours disponibles et organisation du travail (exemple des chantiers de préparation des semis au printemps). In Organisation du travail et systèmes de production en agriculture, Bull. Techn., Inform. N° 412-413, pp. 693-704.
- SEBILLOTE M., 1978. Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. C.R. Acad. Agric. France, 906-913.
- SEBILLOTE M., 1986. Evolution et actualité des problèmes d'organisation du travail en agriculture. In Organisation du travail et systèmes de production en agriculture. Bull. Tech. Inform., N° 412-413, pp. 621-630.
- SERVETTAZ L., 1979. Variabilité de l'état structural dans une parcelle homogène. Essai de mise au point de modalités d'échantillonnage des profils culturaux. Mem. DEA Ecologie du sol, Univ. C. Bernard, Lyon I.
- STENGEL P., 1979. Utilisation de l'analyse des systèmes de porosité pour la caractérisation de l'état physique du sol *in situ*. Ann. Agron., 30 (1), pp. 27-51.
- TARDIEU F. & MANICHON H., 1986. Caractérisation en tant que capteur d'eau de l'enracinement du maïs en parcelle cultivée. II. Une méthode d'étude de la répartition verticale et horizontale des racines. Agronomie 6(5), pp. 415-425.