

## LA MORFOEDAFOLOGIA: UN METODO DE ESTUDIO DEL MEDIO BIOFISICO PARA SU ORDENACION

Jean-Pierre Rossignol<sup>1</sup>

### Introducción

La cartografía morfoedafológica fue desarrollada por el Servicio de Suelos del IRAT-FRANCIA (Instituto de investigación en Agronomía Tropical) con una finalidad sobre todo, de manejo y de mejoramiento de las tierras (Kilian, 1972).

Es una cartografía sintética del medio natural que se usa como documento de base para los proyectos de desarrollo agropecuario y rural.

Frente a la complejidad del medio físico, el uso de los mapas temáticos, como los de edafología, de geología, de topografía, de vegetación, etc., que analizan el medio desde una sola perspectiva, no permite obtener rápidamente un conocimiento del medio ambiente y de los diferentes problemas de ordenación rural y de conservación de las tierras. Por lo tanto este método morfoedafológico, que permite un conocimiento integrado del paisaje, fue desarrollado para responder a esta problemática (Kilian, 1974).

<sup>1</sup> Institut Français de Recherche Scientifique Pour le Développement en Coopération, (ORS-TOM). 213 Rue La Fayette, 75480 Paris, Francia.

### Especificidad de los mapas morfoedafológicos

Los mapas morfoedafológicos son documentos de síntesis que presentan una visión global del paisaje, analizando al mismo tiempo los diferentes aspectos que lo componen (Rossignol, 1985). Por lo tanto, no son la superposición de los mapas temáticos, sino una síntesis de los diferentes elementos del medio natural.

Dichos mapas tienen que ser explicativos de la dinámica de edificación del paisaje y de su evolución actual. Permiten prever la reacción del medio a los mejoramientos o a los cambios de uso y también definir, con más precisión, los factores limitantes a la producción agrícola (Tricart, Kilian, 1979 y 1982).

### Los principios

El principio básico está apoyado en el balance morfogénesis-pedogénesis, propuesto por Tricart (1965). Los procesos de morfogénesis y de pedogénesis se ejercitan sobre un mismo medio y están influenciados por los mismos factores (climas, vegetación, materiales litológicos, hombre, etc.).

Los procesos de morfogénesis producen la evolución de las formas del relieve. Los procesos de pedogénesis (formación de los suelos) actúan sobre los materiales despejados y transformados por la morfogénesis. Así, las interacciones entre los dos tipos de fenómenos son numerosas, y se ejercitan simultáneamente y de manera competitiva sobre un mismo medio. La evolución de los suelos y del modelado se produce con velocidades diferentes en una región dada lo que permite evidenciar la evolución del medio en términos de su *estabilidad* o de su *inestabilidad* (Tricart, 1973).

*En medios estables.* La evolución morfoedafológica es lenta, poco perceptible, y llega a una situación de *climax* (Tricart, 1973). Estas condiciones se presentan en las regiones donde la intensidad de los procesos mecánicos de la geodinámica interna y externa es leve. El *balance morfogénesis-pedogénesis* está muy orientado a favor de la pedogénesis. Los suelos se vuelven más profundos y se desarrollan con horizontes característicos. Las acciones morfogenéticas son lentas: el agua que llega a la superficie del suelo se infiltra y circula más o menos rápidamente en función de la permeabilidad de los suelos y de los materiales. Se originan movimientos verticales y oblicuos de materias *per descensum* o *per ascensum*, organizando los horizontes del suelo.

*En medios inestables.* Existe una intensa morfogénesis cuyas causas pueden combinarse. Las condiciones bioclimáticas agresivas (climas extremos) con variaciones fuertes e irregulares son desfavorables al desarrollo de una cubierta vegetal continua; la protec-

ción del suelo por la vegetación es muy mala.

Un relieve quebrado con una vigorosa disección (pendientes fuertes y largas) y una geodinámica interna intensa (levantamiento, vulcanismo) son factores favorables al desencadenamiento de los procesos morfodinámicos.

La degradación antropógena puede añadirse a las causas naturales, sobre todo en las zonas quebradas donde el clima es contrastado con aguaceros fuertes.

Los procesos de morfogénesis son predominantes y prevalecen sobre la pedogénesis; tienden a destruir los horizontes superficiales y a veces profundos de los suelos. Estas acciones morfodinámicas pueden ser lentas como en el caso de la reptación, de la erosión laminar o rápidas como las corrientes lodosas, los golpes de cucharas, los lóbulos de soliflucción y de deslizamiento, la erosión concentrada (cárcavas) y la denudación.

*En medios intergrados o penestables.* Existen interacciones permanentes entre los fenómenos de morfogénesis y los procesos de pedogénesis, que actúan al mismo tiempo y en el mismo espacio; resultan numerosos grados intermedios entre los medios estables y los medios inestables (Tricart, 1973; Kilian, 1974). Es necesario distinguir entre las zonas donde los procesos afectan únicamente a la superficie del suelo sin alterar la sucesión de los horizontes y aquellas donde actúan sobre todo el espesor del suelo (o sobre una parte importante). Por ejemplo, la arroyada laminar o la reptación eli-

mina la parte superior del perfil; es el dominio de aplicación estricta del concepto del balance morfogénesis-pedogénesis. El suelo soporta una ablación en superficie, pero sigue desarrollándose en profundidad, gracias a los procesos de alteración y a los movimientos de materias en los horizontes. (Tricart, 1978).

Cuando actúan los movimientos de masa sobre cierto espesor del suelo, es posible también hacer intervenir el balance tomando en cuenta la mezcla de los horizontes que se produce. En este caso los procesos son más localizados dando lugar a un mosaico muy diversificado a lo largo de las vertientes.

Estas zonas son muy sensibles a las leves modificaciones del medio. Los mosaicos de los tipos de suelos o de los procesos morfodinámicos predominan. La cubierta vegetal por la protección que ofrece tiene una gran importancia y su conservación es una preocupación esencial.

### **Metodología morfoedafológica**

#### *Los estudios del medio biofísico*

El objeto de la cartografía morfoedafológica es la ubicación en el territorio de unidades morfoedafológicas homogéneas, que se definen por varios componentes del medio biofísico (Kilian, 1973) (Figura 1).

La definición de cada unidad morfoedafológica se hace a partir de una visión global del paisaje con ayuda de la fotointerpretación y de los recorridos de campo, pero también por la ve-

rificación de su homogeneidad con respecto a los componentes biofísicos.

Se hace entonces un análisis de los componentes biofísicos de cada unidad morfoedafológica, en la cual ellos aparecen como homogéneos. Los estudios son varias idas y vueltas entre el análisis de los factores y su síntesis.

Según este punto de vista, ciertos componentes aparecen como estáticos y otros como dinámicos; los primeros pueden definirse como factores pasivos en relación a los factores activos. Por ejemplo, el diseño de la red hidrográfica, la fisiografía o la litología se consideran como estáticos; al contrario los factores de morfogénesis y de pedogénesis, el grado de disección del paisaje, son activos e intervienen directamente en la dinámica de transformación o de conservación del medio ambiente.

Las interacciones entre los componentes permiten entender el funcionamiento de las unidades de paisaje, su evolución y su dinámica. También se puede prever cómo los cambios de un componente actuarán sobre los demás.

Cada unidad se describe por los componentes siguientes:

a). *Datos hidrográficos*. Es la descripción de la red hidrográfica, de su forma (por ejemplo, dendrítica, dicotómica, etc.) y de la jerarquización de los arroyos y ríos; todos estos elementos informan sobre el grado y el modo de disección del paisaje.

b). *Datos morfológicos*. Formas del relieve. Se da una definición morfológica del modelado del paisaje, describiéndolo en términos simples: por

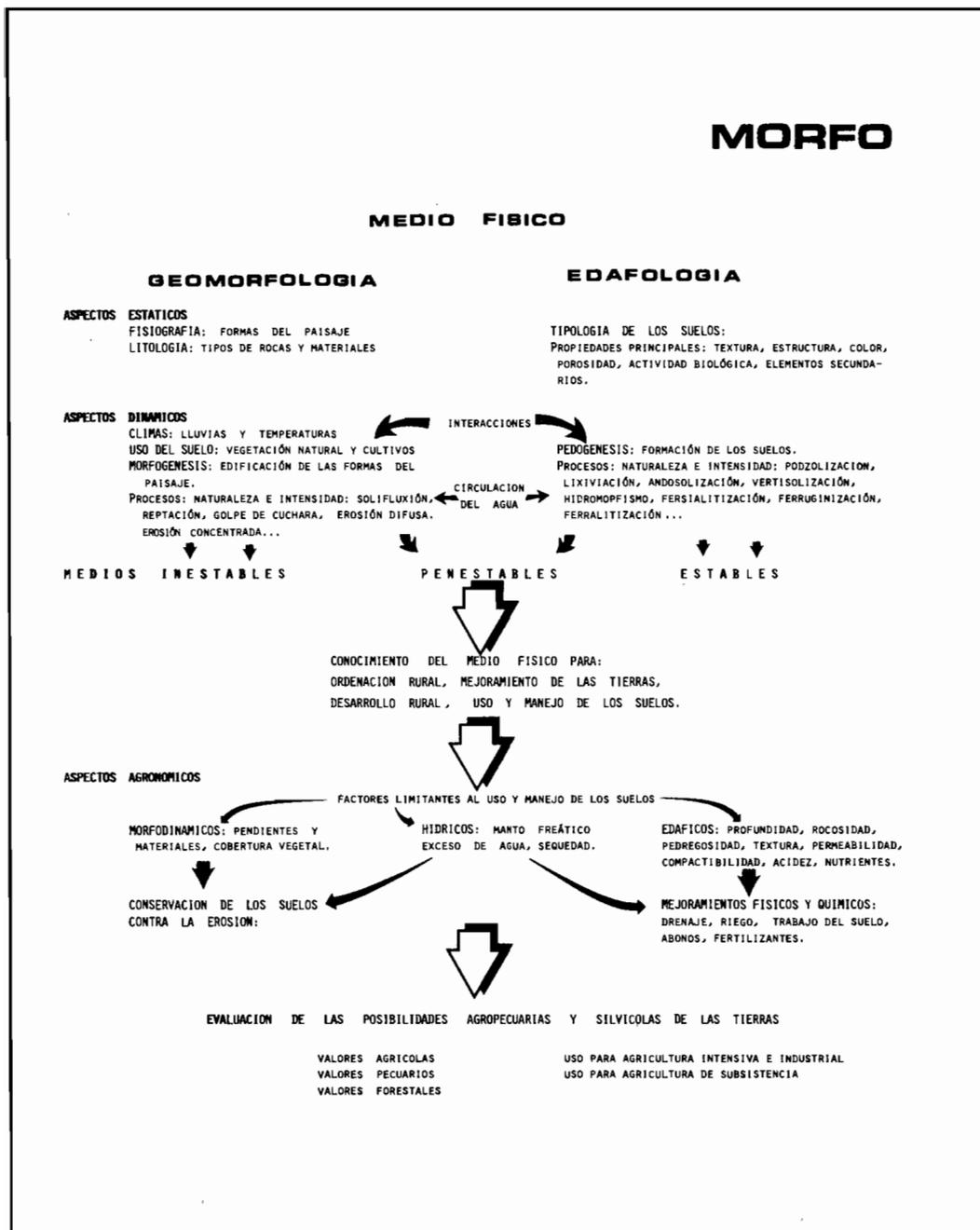


Figura 1. Esquema del método morfoedafológico.

# EDAFOLOGIA

## CARTOGRAFIA

### UNIDADES MORFOEDAFOLOGICAS

ASPECTOS CARTOGRAFICOS



MAPAS SINTETICOS



NIVELES DE ESTUDIO

NIVEL REGION  
1/1000 000-1/100 000

ELABORACIÓN DE LOS ESQUEMAS  
GENERALES DE LA CONSERVACIÓN  
RURAL

NIVEL PAISAJE  
1/50 000-1/20 000

MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS  
EN FUNCIÓN DE LOS SISTEMAS  
DE CULTIVOS

NIVEL PARCELARIO  
1/10 000-1/1 000

NECESIDADES PRÁCTICAS DEL  
DESARROLLO AGRÍCOLA: FACTO-  
RES LIMITANTES DEL SUELO Y  
ESTUDIO DE PROCESOS ELEMEN-  
TALES



MAPAS DE FACTORES LIMITANTES

CLASIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE LAS  
LIMITACIONES MAYORES Y MENORES



MAPAS DE PROPUESTAS PARA LA ASIGNACION  
DE LAS TIERRAS

POTENCIALIDADES AGROPECUARIAS Y SILVICOLAS

ejemplo, mesetas, vertientes, colinas, glaciares, etc., y también la geometría y el gradiente de las pendientes (convexas, cóncavas y su inclinación).

c). *Datos geológicos*. Litología. Se trata de describir los materiales aflorantes, su naturaleza y su composición así como su estado de alteración; la litología es un parámetro de la pedogénesis y de la morfogénesis; las formas del relieve, la geometría de la red hidrográfica y los tipos de suelos se relacionan con la composición litológica del material y con su evolución.

d). *Tectónica*. En las zonas donde la tectónica imprime su huella fuertemente, se describen las fallas, los plegamientos y otros movimientos tectónicos; es importante señalar si estos fenómenos siguen actuando actualmente o no, e indicar su grado de severidad.

e). *Datos geodinámicos*. Morfogénesis (o morfodinámica). Se definen la estabilidad, la inestabilidad o la penestabilidad del medio. En el caso de los medios penestables, el grado de inestabilidad se caracteriza como muy leve cuando se acerca a los medios estables, y como muy fuerte cuando se aproxima a los medios inestables. Los diferentes grados de inestabilidad se definen en función de la región estudiada. Se definen también las causas de la inestabilidad: climáticas, tectónicas, biológicas y/o agronómicas.

Se estudian los tipos de procesos morfogénéticos actuales: erosión difusa y laminar, reptación o erosión concentrada en erroyada, lóbulos de soliflucción, derrubios, así como la erosión eólica. La intensidad de los fenómenos es el índice para llamar la aten-

ción sobre la importancia de estos movimientos de terrenos. Es necesario también señalar la extensión cubierta por estos fenómenos, que suelen ser localizados o generalizados.

Los antiguos movimientos se anotan en la medida en que han formado un modelado, por ejemplo, las terrazas antiguas, las morrenas, etc., o si existe un riesgo de una reactivación de estos movimientos.

f). *Datos edafológicos*. Pedogénesis, tipos de suelos y repartición. En los medios donde la estabilidad predomina, la pedogénesis actúa y los suelos pueden desarrollarse. Los grandes tipos de pedogénesis están definidos, como por ejemplo, la podzolización, el empardecimiento, el andosolización, la lixiviación, la vertisolización, la fersialitización, la ferruginización, la ferralitización, el hidromorfismo, etc...

Los principales tipos de suelos se describen por sus características más importantes: la profundidad, la textura, la estructura, el hidromorfismo, los elementos calcáreos, la pedregosidad y la rocosidad, las propiedades químicas.

Se estudian las relaciones que existen entre los diferentes tipos de suelos. Estos pueden ser ordenados según varios criterios, tales como la topografía (toposecuencia, catena), pero también en función de las variaciones del clima (climatosecuencia), de la edad (cronosecuencia) o de los materiales (geosecuencia). Al contrario, hay relaciones no ordenadas entre los suelos por no seguir una regla de repartición fácilmente determinada; se habla entonces de yuxtaposición de los suelos (Boulaine, 1980). Se analiza la cu-

bierta edafológica para conocer su homogeneidad, su continuidad, su variabilidad y su repetitividad.

g) *Datos hídricos*. Circulación del agua. Es, en los suelos, un dato importante a considerar, y sobre todo el porvenir del agua de lluvia en el momento de su llegada a la superficie del suelo: escurrimiento superficial, escurrimiento hipodérmico en el contacto con una capa más impermeable, percolación profunda, línea de manantiales en el nivel de un cambio litológico. Una disminución de la velocidad de la circulación del agua en el suelo es el origen de su acumulación y, en consecuencia, de los movimientos de masa.

Los mantos freáticos están relacionados con la acumulación de las aguas de escurrimiento en las zonas bajas, o las de lluvias en las zonas planas con capas u horizontes poco permeables. Su nivel fluctúa en función de las estaciones del año. Los mantos freáticos temporales, cerca de la superficie del suelo, son una limitante para el crecimiento de los cultivos. Entonces, es necesario conocer el grado y los períodos de atascamiento del suelo.

h) *Datos biológicos*. Vegetación natural y utilización actual del suelo. Los tipos de vegetación natural y de los cultivos se indican, lo que permite relacionar unidad morfoedafológica y uso agrícola; la cubierta vegetal puede ser continua, discontinua, o intermitente y jugar así un papel importante en el grado de inestabilidad del medio y en su conservación. Es la noción de la protección del medio por la vegetación o fitoestabilidad.

i) *Datos climáticos*. Climas. Los grandes rasgos del clima son analiza-

dos, como por ejemplo, la pluviometría anual y mensual, las temperaturas medias anuales y mensuales; además se estudia la dirección de los vientos dominantes, la evapotranspiración potencial que permite ligar climas y suelos. Por ejemplo, se pueden definir zonas de heladas y de déficit hídrico. Las probabilidades de aparición de fenómenos climáticos excepcionales son estudiados, como el granizo, las tormentas, etc. Las variaciones del clima pueden ser grandes en el caso de fuertes declives altitudinales o de grandes superficies estudiadas.

Conclusiones. El análisis de los componentes del medio ambiente constituye el primer paso fundamental del método morfoedafológico; los pasos siguientes están derivados del estudio de estos factores básicos y su interpretación permite llegar a las recomendaciones de uso y manejo de las tierras.

#### *Aspectos agronómicos*

*Los factores limitantes*. Los estudios morfoedafológicos tienen como primera finalidad las posibilidades de uso y manejo de los suelos. La determinación de los factores limitantes es una de las preocupaciones. La interpretación y la combinación de los componentes del medio biofísico llegan al conocimiento de los factores limitantes a la producción agropecuaria.

Se distinguen las siguientes limitantes (Kilian, 1972):

a) *Edáficas*. Se refieren al suelo y a sus características físicas y químicas. Se toman en cuenta solamente las limitantes principales que tienen una importancia en la producción agrícola; por ejemplo, la profundidad del suelo, la

pedregosidad y la rocosidad, la permeabilidad y la compactación, la textura, la fertilidad química (acidez y cantidad de nutrientes).

Los factores limitantes principales dependen de los suelos y su jerarquización está establecida en función de los suelos encontrados.

b). Morfodinámicas. Se refieren a los gradientes de pendientes y a los procesos de erosión y de degradación de las tierras. La naturaleza y la intensidad de los procesos permiten definir la gravedad de las limitantes y los diferentes grados de sensibilidad a la erosión.

La intensidad de los fenómenos es, a veces, difícil de evaluar, sobre todo si son poco visibles, esparcidos en el espacio y en el tiempo y actuando lentamente. Eso se da en las regiones donde la vegetación crece y cubre el suelo rápidamente. Los movimientos de tierra se producen al principio del cultivo o después de una limpieza cuando el suelo está descubierto. Las observaciones de campo y la fotointerpretación pueden, en parte, suplir esta dificultad.

c). Hídricas. Corresponden al exceso y a la falta de agua.

Los fenómenos de exceso de agua están ligados a la presencia en los horizontes superficiales del suelo de un manto freático permanente o temporal, estancado o de circulación lenta. El exceso de agua es una limitante en la medida en que el manto se ubica en la zona de las raíces por un tiempo relativamente largo y aún más cuando ocurre durante el período de crecimiento y de desarrollo de las plantas

(período de vegetación). Igual en el caso de un escurrimiento hipodérmico a lo largo de las pendientes que tiende, además de la acción de atascamiento del suelo, a dar al material superficial propiedades mecánicas desfavorables, que dan origen a los movimientos de terrenos (lóbulos de deslizamiento y de soliflucción, golpes de cuchara).

Los fenómenos de falta de agua están relacionados con la pluviometría, la evapotranspiración y la cubierta vegetal, pero también con las posibilidades de almacenamiento de agua en el suelo y con el enraizamiento de las plantas.

d). Climáticas. Se deducen de los estudios climáticos; las más comunes son las heladas y el déficit hídrico, pero también hay que tomar en cuenta el granizo, los vientos fuertes, las tormentas y estimar los riesgos de aparición de estos eventos climáticos.

#### *Los métodos de mejoramiento*

Los estudios de las diferentes limitantes a la producción agropecuaria conducen a fomentar métodos que sirvan para suprimir o reducir la influencia de estas. Estos métodos dependen del tipo de agricultura de la región estudiada; serán diferentes en las zonas de agricultura intensiva y en las zonas de agricultura tradicional de autosuficiencia en donde los sistemas de cultivos son muy diferentes.

Son, de un lado, los métodos de conservación de los suelos y de lucha contra la erosión, y del otro, los mejoramientos físicos y químicos de los suelos: saneamiento, drenaje, riego, abonos orgánicos, enclamiento y fertilizantes.

### *Evaluación de las posibilidades agropecuarias y silvícolas*

La asignación de las tierras entre los diferentes sectores (agricultura, ganadería, forestación) depende sobre todo de las condiciones sociológicas y económicas de la región estudiada (Bertrand, Valenza, 1982). Las propuestas de uso dependen también de las posibilidades técnicas de mejoramiento del medio físico o de la modificación de los sistemas de cultivo, así como de la tecnicidad de los agricultores. Estas propuestas tienen el riesgo de anticuarse rápidamente con los cambios socio-económicos y técnicos. Las condiciones de utilización deben ser precisadas en el ámbito socio-económico de la región.

La interpretación de los datos básicos de los estudios morfoedafológicos y de los factores limitantes a la producción agrícola permite establecer este tercer documento: el de la evaluación de las capacidades de uso de las tierras. Las potencialidades de cada unidad morfoedafológica están definidas en función de los conocimientos científicos, técnicos y socio-económicos, y están clasificadas en varias categorías según el enfoque sistémico y ecológico del método morfoedafológico.

### **Las técnicas de realización**

En la práctica, los estudios morfoedafológicos se realizan en tres fases distintas que son las que se usan generalmente en los estudios del medio biofísico.

*Fase de gabinete.* En primer lugar se busca la bibliografía más completa posible sobre la región estudiada y se

hace una síntesis de los estudios realizados.

El examen de los mapas topográficos, cuando existen, y la interpretación de las fotografías aéreas son fundamentales; permiten definir las grandes zonas fisiográficas y formular las primeras hipótesis sobre la edificación del paisaje.

Durante este primer acercamiento se trazan los límites provisionales de las unidades morfoedafológicas y se programa las salidas de campo.

*Fase de campo.* Es la fase más importante, en la cual los componentes del medio biofísico son descritos, los procesos de morfogénesis y de pedogénesis definidos, los tipos de movimientos de material y los tipos de suelos con su repartición, estudiados. Durante esa fase se relacionan los hechos biofísicos con los sistemas de cultivos, y con el uso y manejo de las tierras por los campesinos.

También se trata de corroborar los límites de las unidades morfoedafológicas trazadas mediante fotointerpretación, ver si coinciden con la realidad y si es necesario efectuar algunas rectificaciones.

Los principales tipos de suelos se caracterizan por perfiles y por determinaciones analíticas de rutina o especiales de los horizontes de diagnóstico.

*Fase de gabinete.* Es una fase de síntesis donde se elabora el mapa morfoedafológico definitivo, la leyenda y el folleto explicativo. También se deducen los mapas de recursos en tierras (factores limitantes) y de capacidad de uso.

A este nivel se pueden plantear los problemas que aún no han sido resueltos y que necesitan investigaciones más profundas. También se pueden elegir las zonas donde es interesante prever estudios detallados.

### Aspectos cartográficos

Los estudios morfoedafológicos se realizan a diferentes escalas, yendo de lo general a lo particular, de las pequeñas escalas hacia las grandes. La percepción de los datos progresa por etapas sucesivas, correspondiendo a un aumento de los conocimientos y a una mayor precisión.

Tres niveles de percepción se utilizan normalmente en los proyectos de ordenación rural y en cada etapa pueden ser establecidos varios documentos. Cada nivel permite una separación en unidades morfoedafológicas con cada vez más detalles en la descripción, la comprensión y la representación de los procesos de morfogénesis y de pedogénesis (Kilian, 1977).

El cambio de escala permite además enfocar los problemas de ordenación rural de diversas maneras, favoreciendo en cada nivel uno o un conjunto de los componentes. Así, los estudios hacen intervenir los diversos factores en orden diferente según el nivel de estudio.

#### *Los niveles de percepción*

*El nivel región.* Corresponde a una porción del territorio cuyas características dan cierta homogeneidad a la región. La escala varía del 1:500,000 al 1:100,000. Este nivel se utiliza en general para la elaboración de los esquemas generales de ordenación rural.

En este nivel sólo intervienen los componentes mayores: el clima, la geología, la geomorfología estructural, la cubierta vegetal, los grandes tipos de morfogénesis y de pedogénesis, la estabilidad, la inestabilidad y la penestabilidad del medio (por ejemplo, Brouwers, 1976).

*El nivel paisaje.* Corresponde a la porción del territorio soportando uno o varios "tipos de medio" o "paisajes" definidos. La escala adoptada varía del 1:50,000 al 1:20,000, a veces hasta 1:10,000:

Las unidades morfoedafológicas individualizadas son reconocibles en el campo y corresponden a un conjunto de formas simples (colinas, vertientes) o bien a una forma simple si su superficie es suficientemente grande para su representación (mesetas, glaciares, terrazas, etc.).

Los componentes que intervienen en este nivel son numerosos: materiales, modelado, morfogénesis, pedogénesis, aguas, cubierta vegetal. Las interacciones pueden ser evaluadas cualitativamente y su aprecio es esencial.

Este nivel de estudio propone soluciones para el mejoramiento y la conservación de los suelos en función de los sistemas de cultivos o de las modificaciones que pueden intervenir en ellos. Son, por ejemplo, los trabajos de Guillobez (1976), de Latrielle (1977), de Raunet (1979), de Brouwers y Raunet (1981), Roulleau *et al.* (1985).

*El nivel parcelario.* Corresponde al nivel más fino de los estudios; el de la agronomía y de los agricultores. Se es-

tudia una parte de una unidad morfoedafológica definida previamente a una escala más pequeña y que presenta un interés para un estudio detallado. Las escalas utilizadas varían del 1:10,000 al 1:1,000.

En este nivel, los componentes se reducen, en general a la litología, a las características de los suelos y a los procesos morfodinámicos. Los otros componentes suelen aparecer homogéneos.

Es a este nivel que se estudian los procesos elementales con la posibilidad de hacer un gran número de observaciones, así como medidas que permitan cuantificar los fenómenos: balance hídrico, circulación del agua, pérdidas en tierras, dinámica del agua y de los nutrientes, desencadenamiento de los procesos de erosión...

Este nivel propone también soluciones concretas para el desarrollo agrícola, el mejoramiento de los suelos y de los sistemas de cultivos.

Por ejemplo, el trabajo de Bourgeon y Latrille (1979).

#### *Los diferentes tipos de mapas*

Dos tipos de mapas se elaboran: los sintéticos y los de aplicación.

*Los mapas sintéticos:* Corresponden a los mapas morfoedafológicos.

Las unidades morfoedafológicas están individualizadas y descritas tomando en cuenta el conjunto de los componentes del medio biofísico como el clima, la fisiografía, la morfogénesis, la pedogénesis, etc. En función de las

escalas elegidas, los componentes van a tener mayor o menor peso.

Para cada unidad morfoedafológica, el estudio de sus diferentes componentes y de sus interacciones lleva a definir los factores limitantes que se oponen a la implantación y al desarrollo de los cultivos. Propuestas de mejoramiento y de conservación del suelo son además presentadas.

La leyenda del mapa se presenta en forma de un cuadro de doble entrada: las líneas enumeran las unidades morfoedafológicas y las columnas especifican los componentes del medio biofísico, incluyendo los principales factores limitantes a la producción agrícola, así como los mejoramientos y posibles correcciones (Rossignol *et al.*, 1985).

*Los mapas de aplicación.* a). Mapas de los recursos en tierras o de los factores limitantes. Estos mapas muestran las principales limitantes del medio biofísico al uso agrícola como son las edáficas, morfodinámicas, hídricas y climáticas. Se representa el grado de severidad de cada factor.

b) Mapas de las propuestas para la asignación de las tierras. Estos mapas proponen asignaciones agrícolas, pecuarias y silvícolas en función de las limitantes previamente definidas. Están jerarquizadas de manera que aparezcan clases de valores agrícolas, pecuarias y silvícolas.

*Un ejemplo: el mapa morfoedafológico a 20,000 del municipio de Cosautlán, Veracruz*

Esta presentación permite ilustrar con un ejemplo, el propósito de este texto (Cuadro 1, Fig. 2).



Corresponde a una parte del mapa morfoedafológico y de su leyenda que se realizó a la escala 1:20,000 para servir de marco de referencia en los estudios agronómicos y económicos que se desarrollan en el municipio de Cosautlán, Ver. (Roulléau *et al.*, 1985).

El municipio se ubica sobre una meseta regional entre el río de los Pescados y el de Xilontla; la fisiografía consiste en lomeríos alargados con crestas redondeadas y agudas con pendientes fuertes en la parte oeste y central y en una meseta ondulada en la parte este. Las rocas son flujos piroclásticos brechoides recubiertos en la parte oeste por cenizas volcánicas recientes. El clima pasa de tropical templado, húmedo (17.5°C a 23°C de temperatura media anual y 2000 mm de lluvia) en la parte oeste a tropical cálido, húmedo con 5 a 6 meses secos ( $> 23^{\circ}\text{C}$  de temperatura media anual y 1600 mm de lluvia) (Geissert, 1986). Es una zona de cultivo de café, caña de azúcar, maíz y con un poco de ganadería (Medina, Arriaga, 1984). Predominan los pequeños propietarios con menos de 1 Ha de terreno (Bernard, 1986).

En una zona de transición entre la pedogénesis ándica y la ferralítica; se encuentran los andosoles al oeste y en la parte central se desarrollan los suelos ferralíticos con todos los intergrados ándicos-ferralíticos: andosoles empardecidos, suelos ferralíticos ándicos, suelos ferralíticos desaturados y suelos ferralíticos desaturados con pseudogley; los tepetates aparecen en la zona este, con suelos superficiales y hidromórficos (Rossignol, Campos, 1986).

Los procesos de morfogénesis que se encuentran están en relación con las

técnicas de cultivos; por ejemplo, la erosión difusa se da en las parcelas de café limpiadas con azadón y en las de maíz recientemente sembradas; la erosión concentrada en cárcavas se desarrolla en las parcelas donde el maíz se cultiva año tras año. Esta erosión es poco importante salvo en la parte este, sobre tepetates, donde la denudación se propaga aún en pastizales (Campos, Rossignol, 1986).

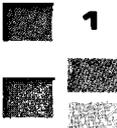
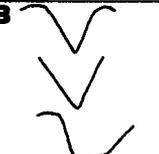
Del oeste al este los cambios del medio biofísico se caracterizan de la manera siguiente:

En la primera zona de lomeríos alargados, con pendientes fuertes, recubiertos de andosoles desarrollados en cenizas volcánicas, con un clima tropical húmedo, los medios son estables a ligeramente penestable (unidad 3); los cafetos se desarrollan en pendientes fuertes sin causar daños irreversibles.

En la segunda zona, también de lomeríos alargados con pendientes fuertes, los suelos son ferralíticos con una porosidad que disminuye en profundidad, permitiendo un escurrimiento hipodérmico a lo largo de las pendientes que da origen a los procesos morfodinámicos y al medio penestable (unidad 1).

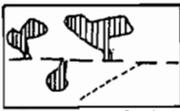
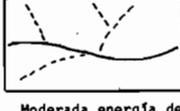
En la tercera zona, de meseta disectada, los suelos ferralíticos poco porosos son la sede de un manto freático superficial y de un escurrimiento hipodérmico (unidad 4). El clima presenta una estación seca de varios meses. Sobre las pendientes fuertes los procesos de erosión pueden llegar a abrir cárcavas. Es un medio penestable.

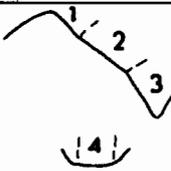
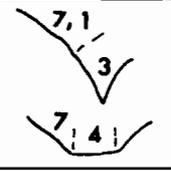
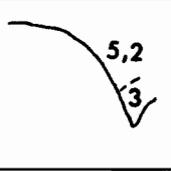
Los suelos presentan generalmente

UNIDADES MORFOEDAFOLÓGICAS		SÍMBOLOS	MATERIALES Y ALTERACION
COLINAS CON ARISTAS AGUDAS CON CRESTAS RECTILÍNEAS VERTIENTES RECTAS VERTIENTES QUEBRADAS		 <b>1</b>	Depósitos de cenizas volcánicas, poco espesas, muy alteradas, blandas. En algunos sitios presencia de: - Cenizas recientes con alófanos, muy blandas y alteradas. - Tobas ácidas endurecidas (Tepetate) (Colocadas bajo de las cenizas).
COLINAS CON INTERFLUVIOS REDONDEADOS Y ANCHOS		 <b>3</b>	Depósitos de cenizas volcánicas, espesas (> 2m.) recientes y alteradas.
MESETAS DISECTADAS INCISIÓN PROFUNDA DE LA RED HIDROGRÁFICA		 <b>4</b>	Depósitos de cenizas volcánicas, muy poco espesas, muy evolucionadas. En algunos lugares, tobas ácidas endurecidas (Tepetate).
VERTIENTES DE BARRANCA	ACOLCHADO PENDIENTE LARGA	 <b>7</b>	Cenizas volcánicas recubriendo las pendientes entalladas en la colada piroclástica brechoide.
	ACANTILADO	 <b>9</b>	Colada piroclástica brechoide.
PLANICIE ALUVIAL		 <b>10</b>	Aluviones y coluviones, limosos y/o pedregosos.
<b>MODELADO</b>			<b>MORFODINAMICA</b>
<b>1</b>		Vertientes con pendientes fuertes (15 a 30°) cóncavas. Valles en "V". Interfluvios estrechos. ----- Vertientes rectas o quebradas, pendientes fuertes, (15 a 30°). Valles en "V". Interfluvios estrechos y rectilíneos. ----- Valles a fondo plano.	<b>PENESTABLE</b> -Arroyada difusa, localmente y principio de carcavamiento, según el tipo de cultivos y las técnicas culturales. -Algunos lóbulos de deslizamiento. -Terracillas en pastizales. ----- <b>ESTABLE</b> -Coluviamiento de cenizas.
<b>3</b>		Vertientes con pendientes fuertes (20 a 30°). Valles en "W". ----- Pendientes fuertes (20 a 30°). Valles en "W". ----- Valles con fondo plano, pendientes fuertes (20 a 30°) convexas.	<b>ESTABLE</b> En algunos sitios, riesgo de arroyada difusa ligada a las técnicas de cultivos. Terracillas en pastizales.

Colada piroclástica brechoide de varios grados de alteración, sosteniendo la Meseta Regional disectada y recubierta por materiales superficiales.

Cuadro 1. Leyenda del mapa morfoedafológico a 1:20,000 del municipio de Cosautlán.

RED HIDROGRAFICA	
- CONFIGURACION -	- T I P O
 <p>Fuerte energía de disección.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Red principal meándrica incidiendo la brecha. Corriente perenne.</li> <li>- Red secundaria con fuerte encajonamiento. Corriente perenne.</li> <li>- Red terciaria. Corriente intermitente.</li> </ul>
 <p>Fuerte energía de disección.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Red principal meándrica, incidiendo la brecha. Corriente perenne.</li> <li>- Red terciaria, muy corta. Corriente intermitente.</li> </ul>
 <p>Moderada energía de disección.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Red secundaria con fuerte encajonamiento. Corriente perenne.</li> <li>- Red terciaria a ligero encajonamiento. Corriente perenne.</li> </ul>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Nivel de Base Regional</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Red principal: Nivel de base. Corriente permanente.</li> <li>- Red secundaria uniendo el nivel superior con el nivel de base. Corriente intermitente.</li> <li>- Red principal: Nivel de base regional. Corriente permanente.</li> </ul>
CIRCULACION DEL AGUA	USO DEL SUELO
<p>Escorrimento hipodérmico en el contacto con una capa arcillosa o más compacta.</p> <p>Escorrimento superficial difuso y concentrado poco intenso.</p> <p>Escorrimento subterráneo.</p>	<p>Café Caña de azúcar ( Maíz ) ( Pastizales ) ( Encinar y Pino Encino ).</p>
<p>Infiltración vertical rápida.</p> <p>Escorrimento subterráneo, encima de la brecha.</p>	<p>Café Maíz Pastizales ( Caña de azúcar ) ( Vegetación secundaria de Encinar ).</p>

<p><b>4</b></p> 	<p>Pendientes convexas fuertes a muy fuertes (10 a 30°) al nivel de la ruptura de pendiente del Talweg de la Red Secundaria. Interfluvios redondeados, anchos. Valles en "W".</p>	<p><b>PENESTABLE</b></p> <p>Arroyada difusa, localmente y arroyada laminar en presencia de las tobas endurecidas. Terracillas y pastizales.</p>
<p><b>7</b></p> <p>Pendientes muy fuertes, disección intensa (20 a 50°).</p>		<p><b>FUERTEMENTE PENESTABLE</b></p> <p>Arroyada difusa + intensa.</p>
<p><b>9</b></p> <p>Pendientes extremadamente fuertes y verticales.</p>		<p><b>INESTABLE</b></p>
<p><b>10</b></p> <p>Fondo plano de Valle.</p>		<p><b>ACUMULACIONES</b></p> <p>Aluviones y coluviones</p>
<p><b>TIPOS DE SUELOS: CLASIFICACION A BASE DE FRANCESA Y F.A.O.</b></p>		
<p><b>PEDOGENESIS</b></p> <p><b>FERRALITIZACION ANDOSOLIZACION</b></p> <p><b>1</b></p>  <p>(Con aumento del % de los Andosoles).</p>	<p><b>LOCALIZACION</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suelos ferralíticos ándicos (1). (<i>Acrisoles ándicos</i>).</li> <li>- Localmente: Andosoles empardecidos.</li> <li>- Suelos ferralíticos desaturados (2). (<i>Acrisoles árticos</i>).</li> <li>-----</li> <li>- Suelos poco evolucionados líticos (3). (<i>Litosoles</i>).</li> <li>-----</li> <li>- Andosoles humíferos (4). (<i>Andosoles húmicos</i>).</li> </ul>
<p><b>ANDOSOLIZACION FERRALITIZACION</b></p> <p><b>3</b></p>  <p>(Con aumento del % de los Suelos Ferralíticos).</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Andosoles empardecidos y humíferos (7). (<i>Andosoles árticos y húmicos</i>).</li> <li>- Localmente: Suelos ferralíticos ándicos (1). (<i>Acrisoles ándicos</i>).</li> <li>-----</li> <li>- Suelos poco evolucionados líticos (3). (<i>Litosoles</i>).</li> <li>-----</li> <li>- Andosoles empardecidos. (<i>Andosoles árticos</i>).</li> <li>- Andosoles humíferos (<i>Andosoles húmicos</i>) (4).</li> </ul>
<p><b>FERRALITIZACION HIDROMORFISMO TEMPORAL</b></p> <p><b>4</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suelos ferralíticos desaturados (con pseudo gley poco profundo (5). (<i>Acrisoles gleycos</i>).</li> <li>- Localmente: Suelos ferralíticos desaturados (2). (<i>Acrisoles árticos</i>).</li> <li>-----</li> <li>- Suelos poco evolucionados líticos (3). (<i>Litosoles</i>) (En la Red Secundaria).</li> </ul>
<p><b>7</b></p> <p><b>SUELOS JOVENES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suelos poco evolucionados líticos. (<i>Litosoles</i>).</li> </ul>	
<p><b>9</b></p> <p><b>SUELOS JOVENES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suelos poco evolucionados líticos. (<i>Litosoles</i>).</li> </ul>	
<p><b>10</b></p> <p><b>SUELOS JOVENES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suelos evolucionados regosólicos. (<i>Fluvisoles ándicos</i>).</li> </ul>	

Cuadro 1. Continuación.

Escurrimiento hipodérmico en el contacto con una capa más arcillosa o endurecida.	Café Caña de azúcar Pastizales (Maíz) (Pino-encino).
Escurrimiento superficial difuso.	
Escurrimiento superficial.	Maíz Café Mango (Al Este) Pastizales.
Escurrimiento superficial.	Encinar
Aneamiento ocasional, fluctuaciones superficiales del manto freático.	Maíz Pastizales.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS SUELOS.	FACTORES LIMITANTES	MEJORAMIENTOS Y CORRECCIONES
Suelos pardos, profundos, limo-arcillosos a arcillo-limosos, con porosidad reducida en profundidad, localmente presencia de un horizonte abigarado (> 1 m.).	Pendientes fuertes, erosión difusa, localmente cárcavas. Porosidad reducida y localmente drenaje deficiente en profundidad. Fósforo asimilable casi ausente. pH ácidos. Localmente poca profundidad del suelo. Riesgo puntual de exceso de agua.	Cultivos en curva de nivel y/o en bandas alternativas de vegetación (plátano, caña de azúcar...) Fertilización "del suelo". Encalamiento. Subsuelo en sitios + planos.
Suelos superficiales (< 40 cm.) pardos oscuros, limosos, sobre brecha alterada.		
Suelos negros, profundos, limosos, muy porosos, con da. muy baja.		
Suelos pardos y negros, profundos, limosos; con da. baja, muy porosos.	Pendientes fuertes, localmente riesgo de erosión difusa y en cárcavas. Fósforo asimilable casi ausente. pH ácido. Riesgo puntual de exceso de agua (posición cóncava). Localmente, poca profundidad del suelo.	Técnicas de cultivos para disminuir el riesgo de erosión. Fertilización "del suelo". Encalamiento.
Suelos pardos profundos, limo-arcillosos con porosidad reducida en profundidad.		
Suelos superficiales (< 40 cm.) pardo-oscuros, limosos, sobre brecha alterada.		
Suelos pardos, profundos, arcillo-limosos a arcillosos con porosidad reducida en profundidad, con hidromorfismo desde 40 cm. (Localmente el hidromorfismo desaparece).	Suelo compacto y pegajoso en el estado húmedo. Localmente pendiente fuerte y arroyada. pH ácido. Localmente, presencia de una capa endurecida cerca de la superficie. Localmente poca profundidad del suelo y pedregosidad.	Técnicas de cultivos para disminuir los riesgos de erosión. Encalamiento. Subsuelo.
Suelos superficiales (< 40 cm.), pardo-oscuros, limosos, sobre brecha alterada.		
Suelos superficiales (< 40 cm.), pardo-oscuros, limosos, sobre brecha alterada.	Pendientes fuertes a muy fuertes. Poca profundidad del suelo. Localmente, rocosidad.	Precaución contra la erosión a experimentar. Reservar a uso forestal
Suelos superficiales a muy superficiales sobre la brecha + alterada.	Pendientes muy fuertes. Afloramientos rocosos y poca profundidad del suelo.	Dejar con vegetación natural.
Suelos profundos a veces limosos, y a veces pedregosos.	Inundación ocasional. Pedregosidad.	

una baja fertilidad química; los andosoles y los suelos ferralíticos presentan una tasa inexistente en fósforo asimilable y tasas bajas en potasio, calcio y magnesio intercambiables; el pH es ácido en los suelos ferralíticos. Además los suelos ferralíticos suelen presentar períodos de atascamiento en los horizontes superficiales.

Debido al relieve bastante acentuado en la mayor parte del municipio, es casi imposible introducir cierta mecanización, que sea en el cultivo del café, o bien en el de la caña de azúcar. Pero dentro del cultivo manual del café, se pueden aumentar los rendimientos con mejora de algunas técnicas como la fertilización, la densidad de plantación, la limpia, la sombra, la poda.

### **Conclusiones**

Los mapas morfoedafológicos resultan de trabajos pluridisciplinarios donde cada disciplina aporta su punto de vista y contribución.

Las unidades morfoedafológicas corresponden a la síntesis de las diferentes visiones del paisaje por parte de especialistas, tales como los edafólogos, los geomorfólogos, los agrónomos, los ecólogos...

El método morfoedafológico es muy flexible y se adapta a la región estudiada, sin tratar de generalizar los resultados a otras regiones. Sobre todo es un método abierto, buscando en cada región las características originales, propias y fundamentales que permitan comprender su dinámica para ordenar las acciones de desarrollo rural.



# LA MORFOEDAFOLOGIA EN LA ORDENACION DE LOS PAISAJES RURALES

CONCEPTOS Y PRIMERAS APLICACIONES EN MÉXICO

COORDINADORES

DANIEL GEISSERT    JEAN-PIERRE ROSSIGNOL



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES SOBRE RECURSOS BIOTICOS

INSTITUTO FRANCES DE INVESTIGACION CIENTIFICA  
PARA EL DESARROLLO EN COPERACION

Primera edición 1987

**La morfoedafología en la Ordenación de los Paisajes Rurales:  
Conceptos y primeras aplicaciones en Mexico**

© INSTITUTO NACIONAL, DE INVESTIGACIONES SOBRE  
RECURSOS BIOTICOS  
Apartado Postal 63, Xalapa, Ver.

Portada: J. C. Esparza Alvarado

**Impreso en México-Printed in Mexico**