

# ACCIONES ANTRÓPICAS

Ing. Agr. M.Sc. Guillermo S. Fadda

## REGRESIÓN

Cuando se alcanza el estado de equilibrio, caracterizado por el ecosistema climax, tiende a mantenerse inalterable a lo largo del tiempo. La acción protectora de la vegetación actúa con respecto al suelo; cualquier modificación del equilibrio, siempre que no sea demasiado grave, es corregida rápidamente y el estado inicial se restablece; no ocurre lo mismo cuando se produce una perturbación importante del ecosistema, generalmente por la destrucción de la vegetación, bien por un fenómeno natural (avalanchas en montañas, por ejemplo), bien por la acción humana; en ambos casos, se desencadena la erosión que tiene por efecto el truncamiento de todo o parte del perfil, provocando así un proceso de *rejuvenecimiento*, es decir de retorno al material original, este proceso se ha designado con el nombre de regresión, por oposición a la degradación que veremos más adelante.

La evolución regresiva puede ser total o parcial, cuando es total (erosión fuerte), el suelo se reduce a su roca madre y si es incompleta (erosión moderada), tiene por efecto impedir la constitución de los horizontes Bw de alteración, de formación lenta, apareciendo solo los horizontes húmiferos (O o A), de formación más rápida; el perfil *juven* que nace es de tipo AC.

## DEGRADACIÓN

El análisis de la degradación puede ser abordada tanto desde un punto de vista pedológico, como desde un punto de vista edafológico.

Desde un punto de vista pedológico, la degradación puede ser considerada como una nueva evolución, diferente de la evolución climática, provocada por un cambio, generalmente de la vegetación, de origen antrópico.

Desde un punto de vista edafológico, la degradación de un suelo es un proceso que rebaja la capacidad actual o potencial del suelo para producir (cuantitativa y/o cualitativamente), bienes o servicios.

### DEGRADACIÓN PEDOLÓGICA

El hombre puede modificar la evolución natural de los suelos, bien por una acción directa generalmente brusca, como la deforestación y el cultivo, bien por una acción indirecta, más progresiva, que se ejerce por medio de la vegetación, la vegetación primitiva (climax), se destruye y es sustituida por una vegetación secundaria, que modifica el humus y la pedogénesis.

**Acción directa:** La deforestación de un suelo en pendiente, sometido a la acción de lluvias violentas, puede provocar una erosión rápida del perfil, poniendo al descubierto el material de origen (regresión). En situaciones de relieve menos acusados, los horizontes húmiferos forestales resultan modificados, formándose un horizonte particular, el horizonte Ap, que puede a través del tiempo provocar un oscurecimiento de los horizontes profundos por migración del humus

junto al limo fino y la arcilla para constituir un horizonte agrico; un engrosamiento y elevación del horizonte de superficie por la adición de residuos, para constituir un horizonte plaggen; o más frecuentemente una resaturación progresiva del complejo adsorbente del horizonte húmifero ácido (epipedon úmbrico), por el aporte de abonos y/o enmiendas para constituir un epipedón antrópico. Estas acciones no se consideran una degradación propiamente dicha.

**Acción indirecta:** Es el resultado de prácticas muy antiguas, tales como talas abusivas, pastoreo del bosque, retirada de mantillo, que dan lugar a la aparición de calveros. El ciclo biogeoquímico se rompe y el suelo se acidifica y su estructura se debilita por el descenso de la actividad biológica, instalándose primero en los calveros una flora diferente, de especies sociales, que luego se extiende y sustituye poco a poco al bosque; como consecuencia se produce una humificación y por lo tanto, una pedogénesis diferente de la que caracteriza al bosque climax. Es el proceso de degradación del que se pueden citar como ejemplos la podsolización secundaria sobre sedimentos gruesos como consecuencia de la destrucción del bosque de latifoliadas; y la degradación por hidromorfía como consecuencia de la fuerte disminución de la Etp que sigue a la eliminación del bosque en los calveros. En estas condiciones sobre materiales de permeabilidad algo restringida o sobre el Bt del suelo climax, se instala una capa de agua "suspendida" (régimen de epistasuración), que inician la evolución de un pseudogley.

### DEGRADACIÓN EDÁFICA

La degradación de los suelos no es necesariamente un proceso continuo, sino que puede ocurrir en un período relativamente corto entre dos estados de equilibrio ecológico.

**Procesos de degradación** son los fenómenos que causan una disminución en la calidad de los suelos. Se trata de procesos dinámicos, por lo que responden a un cambio en la calidad y productividad de los suelos.

A veces el concepto de degradación se relaciona con los cambios desfavorables operados en relación con un estado anterior o incluso con un estado ideal de ese suelo, como cuando la erosión hídrica se evalúa por comparación del espesor del horizonte A del suelo en cuestión con el espesor de un suelo ideal o del suelo virgen. Este es un concepto estático de la degradación.

Otras veces se habla de la degradación potencial, como la degradación prevista para un futuro en el supuesto que las condiciones actuales no varíen. Sin embargo en la práctica es difícil pronosticar el estado final de degradación por que el uso de la tierra a menudo puede cambiar antes de alcanzar un equilibrio.

La FAO distingue dos conceptos diferentes:

- **Velocidad actual de degradación del suelo:** es la

velocidad de degradación por año o por campaña agrícola.

- **Riesgo de degradación del suelo:** es la disminución de la productividad actual o potencial como consecuencia de uno o más procesos de degradación que pueden ocurrir por causa de una mala explotación, por ejemplo, la supresión de la vegetación natural y su sustitución por barbecho desnudo.

Para facilitar la evaluación de las consecuencias de la degradación de los suelos en la producción, se evalúa también el estado actual del suelo, en relación con tipos particulares de degradación. Por ejemplo, cuando se trata de la erosión hídrica, se evalúa la profundidad del suelo, en tanto que la textura, la conductividad eléctrica y el porcentaje de sodio de cambio se determinan en el caso de la erosión eólica, la salinización y la sodificación, respectivamente.

El estado actual del suelo indica la tolerancia, del suelo respecto de una posterior degradación.

La tolerancia determina cuánto daño ocasionaría una determinada velocidad de degradación, mientras que la resistencia a la degradación indica cuanta degradación se producirá bajo ciertas condiciones.

## PROCESOS DE DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS

Aunque existen muchos procesos de degradación, frecuentemente interactuantes, se les puede agrupar en seis categorías:

**1. Erosión hídrica:** Se denomina así al desgaste continuo de la superficie de la tierra por la acción del agua de escurrimiento. Cuando este proceso es más rápido que el normal (erosión geológica o natural), como consecuencia fundamentalmente de las actividades del hombre o, en algunos casos de los animales, se la denomina erosión acelerada.

En este concepto se incluyen procesos como la erosión por salpicadura, la erosión laminar, la erosión en surcos, la erosión en cárcavas y diversos tipos de movimiento de masas como corrimientos de tierras, corrientes de fango y solifluxión. Se incluye a veces también la sedimentación de los materiales erosionados, que sepultan suelos productivos.

La erosión hídrica se mide en pérdida de suelo en t/ha/año o en mm/año.

En la evaluación de la erosión hídrica deben considerarse los siguientes factores:

**Clima:** especialmente la cantidad e intensidad de la lluvia.

**Suelo:** la erosionabilidad del suelo (en estrecha dependencia con la textura, la estructura, la permeabilidad y la materia orgánica).

**Topografía:** longitud y grado de la pendiente.

**Factor humano:** el cultivo o la cobertura y las prácticas de sistematización.

**2. Erosión eólica:** la erosión eólica abarca tanto la remoción y el depósito de partículas del suelo por la acción del viento, como los efectos abrasivos de las partículas móviles cuando son transportadas.

La erosión eólica se mide en pérdida de suelo en t/ha/año o en mm/año.

En la evaluación de la erosión eólica deben considerarse los siguientes factores:

**Clima:** especialmente interesa la agresividad climática del viento (erosividad eólica), muy relacionada con la velocidad del viento y la precipitación efectiva.

**Suelo:** especialmente su textura y grado de agregación. También se ha encontrado una buena relación de la erosionabilidad del suelo con la CIC y con el contenido hídrico a 15 bares.

**Topografía:** aunque la influencia de este factor es pequeña en comparación con el clima.

**Factor humano:** especialmente su influencia en la cubierta vegetal y en el suelo (el porcentaje de cubierta vegetal, el intervalo entre los obstáculos al viento y la aspereza del terreno en relación con las prácticas de cultivo).

**3. La salinización y la sodificación:** comprenden el proceso por el cual se acumulan sales solubles en un suelo (salinización o salinación) o por el que se incrementa el contenido de sodio intercambiable en el suelo (sodificación, sodicación o alcalinización).

La salinización se mide por el aumento de la conductividad eléctrica del extracto a saturación a 25°C, en dS/m/año y la sodificación en el aumento del porcentaje de Na intercambiable, en %/año. Ambas evaluaciones corresponden a la capa de suelo comprendida entre 0 y 60 cm. de profundidad.

En la evaluación de la salinización y la sodificación, deben considerarse los siguientes factores:

**Clima:** la aridez del clima, la escasez de precipitaciones y la evapotranspiración elevada influyen en los balances hídricos y salinos del suelo, puesto que no hay lixiviación efectiva y las sales se acumulan por el movimiento ascendente de la solución del suelo. La intensidad de la salinización es inversamente proporcional al índice P/Etp. La sodificación ocurre solamente en presencia de aguas subterráneas sódicas, de aguas de riego sódicas o de materiales geológicos sódicos. La sodificación representa una evolución de un suelo salino por un cambio hacia un clima más húmedo o por un descenso de las aguas subterráneas, es decir una mejora del drenaje.

**Suelo:** si ya existen suelos salinos en un área donde el índice P/Etp es menor de 0,75, el riesgo de salinización en los suelos adyacentes es muy grande.

**Topografía:** en condiciones de clima árido, las depresiones, las cuencas cerradas, los lechos fluviales antiguos los valles y otras áreas con mal drenaje y suelo llano o de declive suave están expuestas a graves riesgos de salinización y sodificación. La existencia de aguas subterráneas salinas, tanto someras como si son profundas, es asimismo un factor importante de riesgo, especialmente en áreas de riego.

**Factor humano:** que acrecienta los riesgos de salinización y sodificación por la aplicación de exce-

siva agua de riego sin drenajes adecuados, riegos con aguas de mala calidad y por mala nivelación del terreno.

**4. Degradación química:** esta categoría incluye procesos como la lixiviación de bases, que lleva a la acidificación y aparición de toxicidad de aluminio y la formación de toxicidades diferentes de las debidas al exceso de sales.

La acidificación se mide por la disminución de la saturación en bases %/año y la toxicidad en aumento de los elementos tóxicos en ppm/año. Como estos dos procesos de degradación son especialmente activos en la capa arable, se toma en consideración la capa entre 0 y 30 cm. de profundidad.

Los factores a considerar en la evaluación de la lixiviación de bases son:

**Clima:** un buen índice es la sumatoria de las diferencias mensuales de  $P - E_{tp}$  para la estación húmeda cuando  $P > E_{tp}$  o mejor aún,  $(P - E_{tp}) - R$ , donde  $R$  es la reserva de humedad del suelo.

**Suelo:** los suelos tropicales son propensos a la degradación química cuando poseen arcillas caoliníticas como predominantes, por su baja capacidad de cambio de cationes. Los suelos arenosos muy permeables como los pobres en materia orgánica, tienden a la acidificación, pues su capacidad de intercambio es relativamente baja.

**Topografía:** las formas topográficas llanas, al favorecer la infiltración, aumentan el riesgo de lixiviación y acidificación.

**Factor humano:** la vegetación natural, por el ciclo biogeoquímico que establece, resulta un freno a la remoción de los cationes y a la acidificación. El desmonte, al interrumpir este proceso, favorece la lixiviación, al igual que el empleo de fertilizantes acidificantes, especialmente en suelos con baja capacidad de regulación. Algunos cultivos, con gran capacidad de absorción de bases, son también capaces de producir acidificación, si no se restituyen las que retiran las cosechas. El riego excesivo puede igualmente causar lixiviación de las bases. Las toxicidades distintas de la salinización y sodificación, responden a las que pueden derivarse de los desechos o residuos urbanos, industriales, radioactivos o petrolíferos. Los factores ambientales, clima, topografía y suelo tienen poca influencia directa en este caso.

Este tipo de toxicidades debidas a la acción humana, pueden ser localmente importantes, pero a nivel global carecen de importancia.

En el caso especial de suelos de manglares, el drenaje y la aireación del suelo pueden dar lugar a la oxidación del azufre y a la formación de ácido sulfúrico.

**5. Degradación física:** la degradación física se refiere a los cambios adversos en las propiedades físicas del suelo, como son la porosidad, permeabilidad, peso específico aparente y estabilidad estructural.

La degradación física se mide por el aumento del DA (PEA), en  $g/cm^3/año$ , o disminución de la conductivi-

dad hidráulica, en  $cm/hora/año$ .

Para la degradación física se toma en consideración la capa de suelo comprendida entre 0 y 60 cm.

Los factores que hay que considerar al evaluar la degradación física son los siguientes:

**Clima:** al igual que en el caso de la erosión hídrica, se utiliza el índice de agresividad, por que el planchado y el encostramiento son función de la intensidad y energía de la lluvia. La compactación y el deterioro estructural son función de la plasticidad del suelo durante el período en que éste está saturado y por consiguiente, ambos están también influidos por la cantidad de lluvia. El anegamiento, el riego y las inundaciones son asimismo factores que afectan la degradación física.

**Suelo:** la falta de materia orgánica y un elevado porcentaje de limo fino son factores que contribuyen al planchado. En cuanto al encostramiento, se puede utilizar un índice muy sencillo:

$$\frac{L_f + L_g}{C}$$

Donde:  $L_f$  = % de limo fino (0,002-0,020mm)

$L_g$  = % de limo grueso (0,020-0,050mm)

$C$  = % de arcilla

Este índice es  $<1,5$  para los suelos que no tienen tendencia al encostramiento y  $>2,5$  para los muy sensibles.

También puede utilizarse el siguiente:

$$\frac{1,5 L_f + 0,75 L_g}{C + 10 MO}$$

Donde:  $MO$  = % de materia orgánica

Este segundo índice varía entre 0,2 para los suelos que no se encostran y  $>2$  para los muy propensos al encostramiento.

Los suelos sódicos, con arcilla muy dispersa, son muy propensos a la degradación física.

**Topografía:** las formas topográficas llanas, al igual que en la degradación química, son un factor importante de degradación física porque facilitan la infiltración.

**Factor humano:** los cultivos de escasa cobertura, los cultivos de escarda, la escasez de rastros, el sobrepastoreo, el uso de maquinarias pesadas o muy agresivas de laboreo, cultivo y cosecha, aumentan los riesgos de degradación física. El riego en suelos vulnerables o las inundaciones de los arrozales, contribuyen también a incrementar los riesgos de degradación física.

**6. Degradación biológica:** la degradación biológica engloba todos los procesos que aumentan la velocidad de mineralización del humus, es decir la pérdida de materia orgánica resistente del suelo, lo que excluye los residuos orgánicos frescos, no humificados. La degradación biológica se mide por la disminución del

humus, en %/año.

Tratándose de un proceso que ocurre en gran medida en la capa arable, se toma en consideración la capa de suelo comprendida entre 0 y 30 cm. de profundidad.

El resultado inmediato de la degradación biológica es la pérdida de materia orgánica, cuyas consecuencias principales son la degradación física, la pérdida de nutrientes y el aumento de la escorrentía y de la erosión.

La pérdida de materia orgánica puede provenir también de la erosión, pero bajo el concepto de degradación biológica sólo se toma en cuenta las pérdidas por mineralización, sin erosión.

Los factores a considerar en la evaluación de la degradación biológica son los siguientes:

**Clima:** la descomposición de la materia orgánica es función de la actividad microbiológica, la cual a su vez lo es de la temperatura y de la humedad del suelo. Se ha adoptado el siguiente índice, con una velocidad descomposición de 2,9 entre 10 y 20°C:

$$K2 = 1/12 e^{0,1065t} P/Etp \text{ (con } P < Etp)$$

Donde: si  $P > Etp$ :  $P/Etp = 1$  y si  $t < 0$ :  $t = 0$   
 $t$  = temperatura media del aire durante el mes  
 $P$  = precipitación  
 $Etp$  = evapotranspiración potencial

$K2$  es la velocidad de descomposición del humus en porcentaje anual, que es igual al coeficiente de mineralización del humus de Henin, según el cual la relación de cambio del contenido de humus del suelo es:

$$dB/dt = K1m - K2B$$

Donde:  $K1$  = coeficiente de humificación  
 $K2$  = coeficiente de mineralización  
 $m$  = adición anual de materia orgánica fácilmente descomponible.  
 $B$  = contenido de humus del suelo en equilibrio. Por consiguiente el contenido de humus en equilibrio es:  $B = K1/K2$

**Suelo:** la velocidad de descomposición varía según la textura del suelo, (más rápida en suelos arenosos que en los arcillosos), la naturaleza de la materia orgánica (especialmente la relación C/N o de ácidos húmicos y fúlvicos), el pH, contenido en  $CaCO_3$ , y en suelos hidromórficos, el contenido de agua superior a la capacidad de campo.

**Topografía:** las características del relieve influyen en la temperatura y la humedad del suelo.

**Factor humano:** los residuos de cada cultivo se descomponen a velocidades variables según su relación C/N, pero la vegetación natural y los cultivos influyen también en la temperatura de la superficie del suelo al cubrirlo, lo cual disminuye la velocidad de descomposición.

Al agrónomo le interesa el equilibrio entre la adición de materia orgánica, de residuos orgánicos y de otras procedencias, y las pérdidas debidas a la mineralización del humus. Cuando este balance es negativo, el contenido de materia orgánica disminuye, lo que se traduce en degradación biológica.

El anegamiento no se considera un proceso de degradación de los suelos, aunque constituye una limitación al desarrollo de las plantas. El anegamiento, sin embargo, puede ocasionar diversos tipos de degradación, tal como degradación química (toxicidad por manganeso, por ejemplo), o salinización. En otras ocasiones el anegamiento puede ser el resultado de la degradación del suelo, como por ejemplo, cuando es consecuencia de una reducción de la permeabilidad, una degradación física.

## MÉTODOS DE EVALUACIÓN

Hay una serie de métodos que pueden contribuir a evaluar la degradación de los suelos, entre los más importantes tenemos los siguientes:

**Observaciones y mediciones directas:** Según la precisión que se necesite éstas pueden ser la única fuente posible de evaluación, o pueden servir de testigo para comprobar los resultados obtenidos por otros métodos. Los resultados de las mediciones directas pueden sintetizarse en mapas, cuadros, etc.

**Empleo de técnicas de teledetección:** Se incluyen aquí distintas técnicas, desde fotografías aéreas en blanco y negro y multispectrales en gran escala, hasta imágenes satelitales, de radar y térmicas, etc. y análisis digitales de cintas. También según la precisión que se necesite, cambia algo el valor de la teledetección: a escalas grandes y con ayuda de la estereoscopía, ciertos fenómenos de degradación pueden medirse con notable precisión, pero a escalas pequeñas, muchos aspectos de los datos relativos a la degradación solamente pueden inferirse. A todas las escalas, sin embargo, la teledetección tiene ventajas importantes.

**Modelos matemáticos:** En la actualidad no existen modelos matemáticos operacionales, ampliamente ensayados, para predecir la degradación de los suelos, que sean conceptuales. Para varios procesos, sin embargo, se han creado modelos paramétricos empíricos que dan resultados satisfactorios bajo diversas condiciones.

**Evaluación por métodos paramétricos:** Las fórmulas paramétricas empleadas pueden expresarse, en forma generalizada, del modo siguiente:

$$D = f(C, S, T, V, L, M)$$

Donde:  $D$  = Degradación del suelo  
 $C$  = Factor agresividad climática  
 $S$  = Factor suelo

T = Factor topográfico  
 V = Factor vegetación natural  
 L = Factor uso de la tierra  
 M = Factor explotación

Para cada proceso de degradación se emplea una fórmula semejante. Los valores de las variables se eligen de tal manera que la resolución de la ecuación de una indicación numérica de la velocidad de la degradación. Sin embargo, como las fórmulas describen los procesos solo aproximadamente, y como los valores asignados a cada factor tampoco son muy precisos en el estado actual de nuestros conocimientos, el resultado final no se debe considerar exacto, sino simplemente como una indicación aproximada de la probable magnitud de la degradación.

## CLASES DE DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS

### Erosión hídrica y eólica

	Pérdida de suelo	
	T/ha/año	Mm/año
Ninguna a ligera	<10	<0,6
Moderada	10 - 50	0,6 - 3,3
Alta	50 - 200	3,3 - 13,3
Muy alta	>200	>13,3

### Salinización

	Aumento de CE 0 a 60cm
	DS/m/año
Ninguno a ligero	<2
Moderado	2 - 3
Alto	3 - 5
Muy alto	>5

### Sodificación

	Aumento del PSI 0 a 60cm
	%/Año
Ninguno a ligero	<1
Moderado	1 - 2
Alto	2 - 3
Muy alto	>5

### Degradación química

	Disminución de V	
	Si V<50% (%/año)	Si V>50% (%/año)
Ninguna a ligera	<1,25	<2,5
Moderada	1,25 - 2,5	2,5 - 5
Alta	2,5 - 5	5 - 10
Muy alta	>5	>10

### Degradación física

a) aumento del PEA (cambio en %) respecto de los valores iniciales.

Valor inicial(g/cm <sup>2</sup> )	<1	1 - 1,25	1,25 - 1,4	1,4 - 1,6
	% de cambio por año			
Ninguna a ligera	<5	<2,5	<1,5	<1
Moderada	5 - 10	2,5 - 5	1,5 - 2,5	1 - 2
Alta	10 - 15	5 - 7,5	2,5 - 5	2 - 3
Muy alta	>15	>7,5	>5	>3

b) disminución de K (cambio en %) respecto de los valores iniciales.

Valor inicial(cm/h)	20 rápida	5 - 10	5 lenta
	% de cambio por año		
Ninguna a ligera	<2,5	<1,25	<1
Moderada	2,5 - 10	1,25 - 5	1 - 2
Alta	10 - 50	5 - 20	2 - 10
Muy alta	>50	>20	>10

### Degradación biológica

	Disminución humus 0 a 30cm
	%/Año
Ninguno a ligera	<1
Moderada	1 - 2,5
Alta	2,5 - 5
Muy alta	>5

## BIBLIOGRAFÍA

- **DUCHAUFOR, Ph.** 1987. Manual de Edafología. Masson, S.A. Barcelona.
- **F.A.O.** 1980. Metodología Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos. FAO. Roma.