

PROBLEMAS DE DEGRADACION DE SUELOS EN AMERICA LATINA: EVALUACION DE CAUSAS Y EFECTOS

Idefonso Pla Sentís¹

INTRODUCCION

Las interacciones del hombre con la tierra han creado desequilibrios en los ecosistemas, siendo la degradación de suelos y agua la principal causa de los problemas biofísicos y socioeconómicos que se generan. La degradación de tierras esta asociada a la degradación de suelos y agua. Las consecuencias de la degradación acelerada de suelos son de similar trascendencia que las de calentamiento global y pérdida de biodiversidad, estando los tres procesos íntimamente relacionados.

La vida sobre la tierra depende de las funciones de los suelos, productivas de alimentos y reguladoras del ciclo hidrológico y de la calidad ambiental. Los suelos son al mismo tiempo la base de la producción agrícola y la base para la manutención de los ecosistemas. Muchos de los problemas actuales de degradación de suelos y tierras son debidos a cambios rápidos en el uso de las tierras y de las condiciones ambientales asociadas.

La degradación de suelos es el principal factor que atenta contra la sostenibilidad de la utilización agrícola de las tierras, lo que conduce a crecientes dificultades para producir los requerimientos de alimentos y fibras para la creciente población mundial, especialmente en países en desarrollo. Los principales problemas de degradación de suelos son la erosión, la compactación y la pérdida de fertilidad química. Como efectos indirectos de la degradación de suelos y tierras, se presentan riesgos crecientes de inundaciones, sedimentaciones, deslizamientos de tierra, etc., con características a veces catastróficas, así como disminución de la biodiversidad, deterioro de la suplencia de agua en cantidad y calidad, y efectos en cambios climáticos globales y sus consecuencias.

Cambios en el uso y manejo de las tierras (deforestaciones, labranza excesiva o inadecuada, quemas, descenso de la materia orgánica del suelo) que provoquen degradación del suelo, pueden acelerar la emisión de CO₂, el principal de los llamados gases invernadero, a la atmósfera. Controlar esos procesos de degradación, y aún más, recuperar suelos degradados, puede ayudar a mantener o incrementar el C "secuestrado" en el suelo, contribuyendo a reducir o mitigar los efectos invernadero y con ello los cambios climáticos globales derivados de la combustión de combustibles fósiles (Lal, 2000). Las prácticas para lograrlo son específicas para cada sitio, y deben ser evaluadas y adaptadas a las particulares condiciones de clima, suelo y sistema de uso de la tierra. En algunos casos pueden presentarse limitaciones económicas, ambientales y socio-culturales para aplicarlas (Batjes, 1999).

El control de la degradación de tierras y sus efectos depende de una adecuada planificación del uso y manejo de los recursos suelo y agua. Para ello es necesario realizar previamente unas adecuadas identificación y evaluación de los procesos de degradación, y de las relaciones causa-efectos de los diferentes problemas generados (Pla, 1990). El monitoreo o

¹ Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. Universitat de Lleida. Lleida, España. Correo Electrónico: ipla@macs.udl.es

seguimiento a nivel de campo, con observaciones y mediciones directas adecuadas, puede ayudar mucho a entender mejor cómo ocurren los procesos de degradación de suelos y agua, y los cambios que provocan las intervenciones humanas.

Los problemas de degradación de suelos y agua están creciendo en todo el mundo, y ello es en parte debido a deficiencias en las evaluaciones de los procesos y causas de dicha degradación en cada situación específica, y al uso generalizado de aproximaciones empíricas para seleccionar las prácticas de conservación de suelos (Pla, 1992; Lal, 1994).

En países en desarrollo, las políticas de desarrollo y expansión agrícola han conducido en muchos casos a la degradación de tierras, con descensos en la productividad, y requerimientos de mayor uso de insumos (fertilizantes, mecanización, riego), cuyo uso esta cada vez más limitado por la creciente escasez de recursos económicos en la mayoría de esos países. La principal causa de la degradación de tierras ha sido el abandono de prácticas tradicionales de manejo y conservación de tierras para incrementar o intensificar la producción, y la expansión de la producción agrícola o ganadera a nuevas tierras más frágiles. Desarrollos acelerados y no bien planificados, y cambios en los sistemas de producción con fines de exportación, han contribuido también a la aceleración de los problemas de degradación de suelos y aguas en muchos de esos países.

En países más desarrollados, la producción de alimentos se basa en sistemas agrícolas cada vez más intensivos en uso de capital y energía, con monocultivo de variedades de alta capacidad productiva y uso de cantidades crecientes de insumos, especialmente de fertilizantes químicos y pesticidas. Ello ha conducido a fuertes incrementos en los costos de producción y a crecientes problemas de contaminación de suelos y de aguas superficiales y subterráneas, lo cual hace dudar de la sostenibilidad de dichos sistemas de producción.

La degradación de tierras depende en parte de las características de suelos y clima, pero se debe fundamentalmente a un uso y manejo no apropiados de los recursos suelo y agua. El agua es el principal factor causante de la degradación de suelos, pero a su vez es el recurso más afectado por dicha degradación. Uno de los principales efectos de la degradación de suelos es la pérdida de capacidad de los suelos para regular el régimen hídrico tanto a nivel local como de cuencas hidrográficas, lo cual afecta negativamente la suplencia regular de agua, en cantidades adecuadas, para usos agrícolas, urbanos e industriales. Por otro lado, para lograr incrementar y regularizar la producción agrícola de las tierras, y para contrarrestar uno de los principales efectos negativos de la degradación de suelos, crece la necesidad de utilizar agua para riego, lo cual puede llevar al agotamiento de las reservas de agua superficial y subterránea, y a incrementar la competencia de uso para otros fines. Por lo tanto este desarrollo agrícola no será sostenible, y de no encontrarse soluciones alternativas pudiera resultar en consecuencias catastróficas dentro de unas décadas. Los objetivos supuestamente conflictivos de productividad de agro ecosistemas y su vulnerabilidad a la degradación ambiental son controlados por los mismos factores (suelo, clima, topografía, manejo) y procesos hidrológicos fundamentales (El-Swaify y Evans, 1999).

DEGRADACION DE SUELOS EN AMERICA LATINA

En América Latina, las políticas de desarrollo y de expansión agrícola en las últimas décadas han conducido frecuentemente a la degradación de suelos y tierras, con descensos en la

productividad, incrementos en los costos de producción, e incrementos en los problemas relacionados con suplencia de agua, inundaciones, deslizamientos de tierra, sedimentación en reservorios de agua, etc., todos ellos con importantes consecuencias económicas y sociales. Una buena proporción de las tierras disponibles para agricultura en América Latina, en especial en las zonas tropicales, son parte de ecosistemas frágiles, como bosques húmedos tropicales, tierras con altas pendientes en zonas montañosas, y tierras en áreas semiáridas. En esas tierras coinciden explotaciones agrícolas de subsistencia, itinerantes y de muy bajos insumos, practicadas por agricultores sin tierras en áreas reducidas, con desarrollos agrícolas comerciales en grandes extensiones con alto uso de insumos. En ambas situaciones, aunque por diferentes razones, las prácticas agrícolas generalmente conducen a procesos de degradación de tierras y suelos que afectan importantes cuencas hidrográficas. La degradación de tierras agrícolas en América Latina es principalmente el resultado del uso y manejo inadecuado de las tierras, en parte debido a un deficiente conocimiento de los recursos suelo y agua, pero más frecuentemente debido a crecientes presiones sociales, económicas y políticas, derivadas del crecimiento de la población, de las políticas internacionales de mercadeo, de la falta de recursos y de la deuda externa.

La degradación de suelos y tierras en América Latina comenzó hace ya siglos, especialmente después de la colonización por países europeos. Las actividades humanas que más han desarrollado o intensificado los procesos de degradación de suelos han sido el sobre pastoreo, la deforestación y los incendios forestales, y más recientemente las nuevas prácticas de manejo asociadas a la intensificación agrícola, a la mecanización, al inadecuado mantenimiento o abandono de estructuras de conservación como las terrazas, al mal uso de aguas superficiales o subterráneas para agricultura de riego, etc. Estas nuevas prácticas de uso y manejo de las tierras son consecuencia de cambios en políticas de desarrollo, condiciones socio-económicas, precios de los productos en el mercado, hábitos de consumo, etc., asociados a progreso tecnológico y a cambios de sistemas de producción. Aunque la erosión hídrica ha afectado más a las tierras con alta pendiente en zonas montañosas, otros problemas como compactación, sellado y encostrado, salinización y sodificación, etc. se han generalizado en tierras de zonas más planas con agricultura de secano y de riego. Hay evidencias de que la degradación de suelos y tierras en América Latina están creciendo, debido a diferentes causas y combinaciones de ellas, que varían de una región o país al otro. Cada año, más de 5 millones de ha de tierras son deforestadas en América Latina, 3 millones en zonas tropicales húmedas, 0,5 millones en zonas montañosas, y 2 millones en otros bosques en zonas subhúmedas y subtropicales. Los procesos de erosión afectan en diferentes grados casi un 50% de las tierras cultivadas y casi dos millones de ha de tierras con pastos. Se considera que ya más de 300 millones de ha están afectadas por diferentes tipos y grados de degradación de suelos, entre ellas 100 millones por deforestación y alrededor de 80 millones por sobre pastoreo.

A pesar de haber claras evidencias de que grandes y crecientes extensiones de tierras están siendo afectadas por diferentes procesos de degradación de suelos, en especial erosión hídrica, la mayoría de las evaluaciones existentes sobre la extensión e intensidad de dichos procesos en América Latina no son muy precisas u objetivas. La información existente tiene algún valor para llamar la atención sobre la importancia y localización general del problema, pero no puede usarse para el desarrollo, selección e implementación de estrategias adecuadas para prevenir o controlar la degradación en cada sitio particular. La asistencia técnica internacional para combatir la degradación de suelos, en especial por erosión, en América Latina, a través

de programas de cooperación a corto término, generalmente no es muy efectiva debido a la falta de suficiente información o investigación in situ para servir de base a la selección y aplicación de determinadas prácticas de conservación de suelos.

Cuadro 1. Principales limitaciones para el desarrollo agrícola en América Latina y en las dos regiones (Andina y Centroamericana) con mayores problemas actuales y potenciales de degradación de tierras (Pla, 2003).

	% del área total de tierras		
	AMÉRICA LATINA	Región Andina	Centro América
SIN LIMITACIONES	3	2	6
PENDIENTE (> 30 %)	20	33	31
PENDIENTE (8-30 %)	30	41	36
MAL DRENAJE	11	14	17
DÉFICIT DE HUMEDAD	14	9	1
BAJA FERTILIDAD (SH)	11	11	21
BAJA FERTILIDAD (H)	36	36	60

SH: Clima sub-húmedo; H: Clima húmedo

Cuadro 2. Algunos índices de intensidad y presión sobre el uso de la tierra, con efectos sobre la degradación de los recursos suelo y agua, en América Latina y algunos países seleccionados (World Resouces 2005).

	Tierras (hax10 ⁶)		Población		Uso de las tierras (%)			Trab/ha*	Fertil ⁺ Kg./ha	
	Total	Agríc.	hab/Km ²	Urbana	1985-2005					
				%	Cultivos (riego)	Pastos	Bosques			
AMÉR. LAT.	2017	170	25	80	7-9	(11,4 %)	26-30	53-46	80	
Argentina	273	27	14	90	8-13	(5,4 %)	58-52	13-12	0,04	26
Brasil	846	68	22	84	6-8	(4,4 %)	30-35	64-57	0,20	103
Chile	75	2,3	21	88	4-3	(82 %)	15-17	20-22	0,40	209
Colombia	104	4,2	44	77	5-4	(21 %)	39-40	46-44	0,80	146
Cuba	10	3,8	101	75	40-32	(23 %)	24-26	18-22	0,17	46
Ecuador	28	3,1	47	63	10-11	(29 %)	22-36	59-39	0,40	117
El Salvador	2,0	0,9	295	58	40-44	(4,9 %)	30-38	12-6	0,90	80
México	190	27	56	76	12-14	(24 %)	41-42	35-34	0,30	70
Perú	128	4,2	22	75	3-4	(28 %)	18-21	56-50	0,70	75
Venezuela	88	3,5	30	88	4-4	(17 %)	35-42	61-54	0,20	85

*Trabajadores agrícolas por ha cultivada; ⁺ Fertilizantes por ha cultivada

Cuadro 3. Cambios relativos (referidos a 1962) en uso de la tierra en América Latina y sus diferentes regiones durante el período 1962-2000 (Pla, 2003).

	% de incremento (+) o de descenso (-) en área						
	AL	MEX	CAM	CAR	AND	BR	CSUR
Cultivos anuales	+ 55	+ 7	+ 20	+ 65	+ 45	+ 85	+ 60
Cultivos permanentes	+ 40	+ 24	+ 33	+ 120	+ 8	+ 75	+ 20
Pastos permanentes	+ 12	+ 3	+ 35	+ 15	- 6	+ 60	- 18
Bosques (O+P)	- 20	- 35	- 50	+ 5	- 32	- 18	- 20

AL: América Latina; MEX: México; CAM: Centro América; CAR: Islas del Caribe; AND: Región Andina; BR: Brasil; CSUR: Cono Sur

ESTRATEGIAS ACTUALES DE EVALUACION DE PROCESOS DE DEGRADACION DE SUELOS EN AMERICA LATINA

La baja adopción de las prácticas propuestas de conservación de suelos y agua se debe en parte a falta de investigaciones adecuadas (Maglinao, 1998). Por contraste, existe una gran cantidad y variedad de información, manuales técnicos, trabajos publicados, conceptos y aproximaciones teóricas referentes a la prevención y recuperación de la degradación de suelos, pero con muy pocos avances en relación con el diagnóstico, planificación y manejo para la conservación de sistemas ambientales (Rose, 1994; Boardman, 1996). Las conclusiones de muchas reuniones y conferencias sobre conservación de suelos suelen ser muy generales y repetitivas como:

"La planificación del uso de las tierras debe basarse en información adecuada, confiable y actualizada de las propiedades de la tierra, de los usos actuales y potenciales, y de su influencia sobre la resiliencia de los ecosistemas. Es necesario identificar y reconciliar los diferentes objetivos de los usuarios de las tierras, comunidades y gobiernos, necesidades a corto plazo como producción de alimentos, y requerimientos a largo plazo como preservación de la capacidad productiva del suelo y de la diversidad biológica" (Eger y col, 1996)

No se precisan cuáles deberían ser los procedimientos prácticos y aplicables para realizar las evaluaciones requeridas para llegar a hacer efectivas dichas recomendaciones bajo diferentes condiciones biofísicas y socioeconómicas. Por ello, aunque suele decirse que a nivel técnico ya sabemos mucho más de lo que aplicamos, sin embargo los problemas de degradación de suelos y sus consecuencias siguen creciendo en América Latina. Esto se debe en gran parte a dificultades para identificar o para desarrollar tecnologías y orientaciones adecuadas para ambientes ecológicos y socioeconómicos muy diferentes y en continuo cambio, lo cual requiere evaluaciones adecuadas "in situ". También la falta de inventarios sistemáticos de recursos a diferentes niveles impide relacionar las características de cada sitio con las prácticas más adecuadas de uso y manejo (Hurni y col., 1996).

En muchas regiones y países de América Latina, los datos de clima y suelos requeridos para una evaluación adecuada de los riesgos de degradación de suelos y de las prácticas de conservación potencialmente más efectivas para un uso sostenible de las tierras, no son suficientes tanto en cantidad como en calidad. Bajo estas circunstancias, el uso de modelos predictivos muy detallados, que requieran más y mejores datos de suelos y clima que los

disponibles, es inútil, y más bien puede conducir a errores peligrosos en decisiones sobre el uso y manejo de las tierras (Pla, 1998). El uso creciente de tecnología de información, como son los sistemas de información geográfica y monitoreo global con imágenes de satélite también requiere de más y mejores datos actualizados de clima y suelos para aprovechar su potencial.

Se han hecho muchas estimaciones de la extensión y grados de degradación de suelos, especialmente por erosión, a diferentes niveles (global, nacional, local), con unas bases que en la mayor parte de los casos son desconocidas, inadecuadas y muy variables. Esto no ha permitido proyecciones serias sobre efectos en la producción y protección ambiental, a ser tomadas en cuenta por los organismos de decisión. El proyecto GLASOD (UNEP-ISRIC, 1990) llevó a cabo una evaluación de degradación de suelos a escala mundial, basada en evaluaciones cualitativas, subjetivas y muy variadas de "expertos" a nivel local. Sirvió para llamar la atención de organismos internacionales y políticos sobre la alarmante magnitud de la degradación de suelos y tierras a nivel mundial, pero no para ser utilizada para diseñar estrategias de uso y manejo de las tierras, lo cual nunca fue su propósito.

Para predecir la degradación de suelos por erosión hídrica se han utilizado ampliamente diferentes métodos que permiten identificar pérdidas actuales y potenciales excesivas de suelos por erosión, en base a las cuales se seleccionan las mejores prácticas de control de dicha erosión. Las mediciones directas resultan inadecuadas en muchos casos, debido a que la erosión varía mucho en tiempo y espacio. Debido a ello se ha recurrido al uso generalizado de métodos y modelos, en gran parte empíricos, para predecir la erosión hídrica.- Entre los modelos empíricos más ampliamente utilizados para evaluar los problemas de erosión hídrica bajo condiciones biofísicas y sistemas de uso de la tierra muy diferentes esta la USLE (Wishmeier y Smith, 1978), y actualmente la RUSLE (USDA-ARS, 1997), algunas veces con adaptaciones a condiciones locales basadas en resultados obtenidos en parcelas de erosión y en estudios con lluvias simuladas. Tanto la USLE como la RUSLE requieren mucha información local específica en parcelas de erosión, con lluvia natural o simulada, y por su naturaleza empírica los resultados no pueden ser extrapolados a otras áreas. Aunque su uso permite tener una estimación de las pérdidas promedio de suelo a largo plazo, bajo un determinado sistema de manejo, en la mayoría de los casos la erosión es muy variable en el tiempo, y ocurre mayormente durante eventos extraordinarios de corta duración cuando el suelo no está protegido (Larson y col, 1983)

El éxito aparente y la facilidad de uso de la USLE para predecir erosión del suelo puede haber contribuido en parte al poco desarrollo de la investigación requerida de los procesos de erosión (Rose, 1994). Por otro lado, modelos basados en procesos no han sido muy utilizados por su extrema complejidad, falta de validación y requerimiento de datos no disponibles. En cualquier caso, la mayoría de los modelos actualmente disponibles fallan en su consideración adecuada de la influencia de cambios dinámicos en las propiedades del suelo, inducidas por la degradación de suelos y por las prácticas de manejo de suelos y agua, sobre los procesos hidrológicos asociados a dichos cambios (Foster y Lane, 1987).

Directa o indirectamente asociado a la aplicación de la USLE, se ha generalizado en América Latina el uso de costosas parcelas de erosión. Sin embargo, la utilidad de la información obtenida, y de las investigaciones realizadas en ellas esta limitada por la falta de continuidad más allá de unos años en la obtención de dicha información, cuando en estudios basados en

lluvias naturales se requeriría al menos de 10-20 años para tener una muestra representativa de combinaciones de tormentas y tratamientos. En este caso los resultados no estarían disponibles a tiempo para utilizarlos como base de las acciones de conservación que se requieran con urgencia. Además, es difícil extrapolar información obtenida a escala de parcela de erosión, generalmente sin repeticiones en diferentes localidades, a escala de unidades de producción o de cuenca (Lal, 1994; Boardman, 1996).

Hasta ahora gran parte de las evaluaciones realizadas en conservación de suelos, se han dedicado a medir y predecir pérdidas de suelo por erosión, pero la degradación de suelos incluye otros problemas de degradación física, química y biológica, que en muchos casos preceden y son las principales causas de la erosión (Pla, 1990; 1996; 1997a). Frecuentemente las investigaciones se han dirigido a encontrar soluciones sencillas a los problemas sin buscar sus causas, lo que hace que dichas soluciones no sean aplicables en forma sostenible, o sean poco efectivas. En otros casos, las prácticas de conservación se recomiendan en base a experiencias previas, sin tomar en cuenta que no todas las prácticas tradicionales de conservación son aplicables hoy en día, cuando han ocurrido cambios drásticos y rápidos en las condiciones sociales y económicas (Pla, 1993). En estos casos la investigación puede ayudar a encontrar tecnologías más adaptadas a las condiciones actuales.

En general, las evaluaciones de procesos de erosión y degradación de suelos se han dedicado poco a estudiar la interacción de los procesos de degradación y las prácticas de manejo (Pla, 1998). Frecuentemente se pierde mucho tiempo y esfuerzos en la prueba y validación de tecnologías tradicionales y modelos desarrollados en otras partes, en lugar de utilizarlos en el desarrollo, adaptación o selección de nuevas tecnologías y modelos con investigaciones adecuadas "in situ" (Pla, 1996a).

En las últimas décadas, coincidiendo con la mayor aceleración en la degradación de suelos, han ido apareciendo y popularizándose diferentes términos y conceptos cualitativos, más o menos imprecisos y mal definidos, referidos a aspectos de conservación y degradación de suelos, cuyo principal objetivo era, y aún es, aparentar novedosos enfoques y hacer más comprensible el problema a la comunidad local e internacional, con el fin de lograr mayor apoyo para su estudio y prevención. Entre ellos destacan:

- Sostenibilidad
- Desertificación
- Calidad del suelo
- Salud del suelo
- Resiliencia
- Secuestro de C
- Erosión por labranza

Los cuales se han presentado como nuevos enfoques y paradigmas en el área de manejo y conservación de suelos. En primer lugar, sus definiciones son demasiado vagas para servir de base científica para procedimientos operacionales. Se ha utilizado además mucho tiempo y esfuerzos en buscar índices más o menos cuantitativos para su evaluación, los cuales han sido difíciles de cuantificar adecuadamente (Blum, 2000), por depender de procesos no bien conocidos y que varían para cada combinación de factores biofísicos, socioeconómicos y de uso y manejo; e incluso difíciles de mantener, por los continuos cambios tecnológicos,

económicos y sociales. Por ello, aparte de haber contribuido muy poco a mejorar los conceptos tradicionales de conservación y degradación de suelos, su uso generalizado en forma más o menos especulativa ha más bien contribuido a retrasar enfoques más cuantitativos y precisos sobre los procesos de degradación de suelos y agua. Estos enfoques son indispensables para lograr precisar adecuadamente las causas y efectos de la degradación, específicos para cada combinación de clima, suelo, relieve y uso y manejo, actuales o previsto, de las tierras. A partir de estas precisiones es que se pueden seleccionar y diseñar nuevas estrategias más eficientes, o mejorar las tradicionales, con el fin de eliminar, reducir, y predecir los procesos de degradación de tierras y sus consecuencias, y prever los efectos de cambios, cada vez más frecuentes y radicales, en el uso y manejo de las tierras en muchos países de América Latina.

Por otro lado, el enfoque de los estudios de degradación de suelos se ha concentrado más que todo en sus efectos más frecuentes y evidentes, cómo son la erosión hídrica y "pérdidas" de suelo, y muy poco en el papel determinante que juega el agua de lluvia en los procesos de degradación de suelos, y en la misma degradación y conservación del recurso agua. Este enfoque, centrado en la pérdida y desplazamiento de suelo ha hecho que se llegue a incluir entre los procesos de degradación el de la llamada erosión por labranza, que incluso llevaría a desplazar más suelo que la erosión hídrica (Govers y col, 1999). Esta erosión por labranza llegaría a incluir los desplazamientos de suelo en las actividades de nivelación y aterrazamiento de los terrenos, cuando estos persiguen precisamente controlar las pérdidas de suelo por erosión hídrica y de agua por escorrentía. Otra cosa, es que la remoción y translocación de material de suelo en las nivelaciones pueda incrementar los riesgos de erosión en masa (Torri, 2000).

Las deficiencias señaladas anteriormente en la evaluación de procesos de degradación de suelos y agua esta en parte relacionado con la deficiente formación agronómica y en hidrología de suelos de profesionales de varias ramas que en las últimas décadas han acaparado en gran parte los estudios de conservación del ambiente, incluyendo suelos y agua, lo que los lleva necesariamente a enfoques muy empíricos y generales. Ello explica que algunas prácticas y sistemas de manejo de suelos, como los sistemas agroforestales y la siembra directa, se hayan presentado, en diferentes etapas, como de aplicación universal para resolver los problemas de producción y conservación, sin evaluar adecuadamente los efectos positivos o negativos que en cada caso particular puedan tener sobre la degradación de los recursos suelos y agua. En el otro extremo están los investigadores en las áreas básicas de física e hidrología de suelos, los cuales se han mantenido generalmente en enfoques muy teóricos, de difícil comprensión, y en el desarrollo de técnicas y equipos muy complejos y costosos, de difícil aplicación a nivel de campo para las evaluaciones requeridas de los procesos de degradación de suelos y agua, que lleven a soluciones prácticas y eficientes para su conservación.

A ambos problemas es posible que haya contribuido la creciente escasez de recursos, a nivel local e internacional, para estudios y evaluaciones más integrales a nivel de campo de los recursos tierra, suelos y agua. Esto ha obligado a muchos investigadores a dedicarse a estudios más especulativos, utilizando información ya existente, insuficiente y no actualizada en muchos casos, y al uso no adecuado de técnicas modernas de procesamiento y modelaje basándose en esa información, sin una adecuada validación a nivel de campo. Esta falta de apoyo y recursos para estudios y evaluación se ha debido también, al menos parcialmente, a la

premisa mantenida por muchos de los profesionales generalistas antes mencionados, de que ya se tienen suficientes conocimientos de los procesos de degradación de suelos y de las prácticas de conservación a aplicar para prevenirlos, por lo que el problema se reduce a aplicarlas, resolviendo los problemas que dificultan su aplicación. Sin embargo, en muchos casos la situación es lo contrario, o sea que la no aplicación de ciertas prácticas o sistemas de manejo y conservación se debe a la falta de conocimientos adecuados que permitan precisar las alternativas más eficientes y efectivas, y con mayores posibilidades de aplicación, bajo cada combinación particular de condiciones biofísicas y socioeconómicas.

En los últimos años, la problemática del calentamiento global, derivado de la acumulación creciente en la atmósfera de los llamados gases invernadero, ha acaparado la atención de organismos internacionales proveedores de financiamiento, lo cual ha contribuido también a dejar de lado, o a no dedicarle el tiempo y recursos necesarios a la evaluación de los procesos y del potencial de degradación de suelos y tierras, a no ser que se vinculen con el problema de calentamiento global. Sin menospreciar los posibles efectos futuros desastrosos de los cambios climáticos globales a mediano y largo plazo, la realidad es que aún hoy en día los procesos de degradación de tierras, incluyendo su contribución a los gases invernadero, tienen un impacto y consecuencias negativas globales mayores para la vida del hombre sobre la tierra, que el mismo calentamiento global por sí sólo. Además, la degradación de tierras contribuye que a nivel local los efectos catastróficos de eventos climáticos extraordinarios, atribuidos a cambios climáticos, sean mucho más graves.

ENFOQUE HIDROLOGICO EN LA EVALUACION DE PROCESOS DE DEGRADACION DE SUELOS EN AMERICA LATINA

Los suelos cumplen funciones muy importantes en el ciclo hidrológico. Son uno de los principales reservorios de agua dulce, y transforman las fuentes erráticas de agua de lluvia en una suplencia continua de agua a las raíces de las plantas, y en continuas descargas de agua al agua freática, a los torrentes y a los ríos. La creciente disminución de fuentes de agua de calidad para los diferentes usos (consumo humano, riego, etc.) resalta la importancia de la conservación del agua además de la del suelo (Hurni y col. 1996). Debido a la estrecha relación entre suelos y cantidad y calidad del agua se justifica que la conservación de suelos y agua se enfoque en forma integrada.

Los procesos de degradación de suelos y agua están fuertemente ligados a través de las alteraciones desfavorables en los procesos hidrológicos determinantes del balance de agua en el suelo y del régimen de humedad del suelo. Ellos están también determinados por las condiciones climáticas y por el uso y manejo de los recursos suelo y agua. Sin embargo, a pesar de que ya generalmente es aceptado que hay una estrecha relación entre la conservación de los recursos suelo y agua, aún en la mayoría de los casos son evaluados en forma separada, y consecuentemente la predicción y prevención de los efectos derivados de su degradación resultan inadecuados en muchos casos. Esto aún reviste más importancia, considerando que se prevé que los cambios climáticos globales afectarían principalmente los procesos hidrológicos en la superficie de la tierra que están en su mayoría relacionados con el balance de agua en el campo (Varallyay, 1990).

Del análisis anterior se deduce que para poder lograr desarrollar, seleccionar y aplicar prácticas de uso y manejo de las tierras, que sean efectivas y sostenibles, se requerirá un enfoque hidrológico en la evaluación de los procesos de degradación de suelos y agua. El principal objetivo debe ser evaluar los procesos hidrológicos pertinentes, y desarrollar metodología y técnicas para corregirlos o controlarlos bajo diferentes escenarios de suelos, clima, topografía y sistemas de uso u manejo. Con esto podremos suprimir o aliviar los efectos negativos, directos o indirectos, de la degradación de suelos y agua sobre el crecimiento de las plantas, sobre la sostenibilidad de la producción agrícola, sobre la suplencia de agua en cantidades y calidad adecuadas, y sobre eventos catastróficos como inundaciones, sedimentaciones, y deslizamientos de tierra.

Para simular o predecir procesos dinámicos de degradación de suelos y de sus efectos, debemos partir de las relaciones entre las características físicas de los suelos y sus propiedades hidrológicas. En los estudios rutinarios de reconocimiento de suelos con fines de clasificación y mapeo, no se han evaluado ni se están evaluando adecuadamente la mayoría de las características físicas del suelo, especialmente del suelo superficial, requeridas para la evaluación de los procesos de degradación de suelos. Algunos han propuesto el uso de funciones de pedotransferencia, en las que a través de relaciones empíricas se correlacionan características observadas o medidas (textura, densidad aparente, materia orgánica) en los reconocimientos de suelos con propiedades hidráulicas. Esto requiere un estudio muy detallado de las relaciones mutuas en una determinada región, y sus resultados no pueden ser transferidos a otras regiones o suelos (Kutilek y Nielsen, 1994). En cualquier caso deben preferirse mediciones y estimaciones directas de las propiedades hidráulicas del suelo realizadas in situ.

En la última década se ha intentado utilizar atributos e índices de la llamada "calidad del suelo" para evaluar la vulnerabilidad de los suelos a procesos de degradación, y de sus efectos potenciales sobre la producción de cultivos. Aunque los proponentes originales del paradigma de calidad del suelo (Larson y Pierce, 1991) recomendaban una rigurosa cuantificación y calificación de los atributos de suelo, la mayoría de las evaluaciones de calidad del suelo se han hecho utilizando percepciones subjetivas y no cuantificables (Sojka y Upchurch, 1999). El uso de índices de calidad del suelo, basados en interpretaciones empíricas, generalmente muy influidas por la clasificación taxonómica de los suelos, no permite relacionar las evaluaciones hechas con los efectos de sistemas alternativos de uso de la tierra sobre la producción e impactos ambientales. Para lograr esto, deberían basarse en principios hidrológicos claros y objetivos y en estimaciones o mediciones cuantitativas de parámetros hidrológicos relacionados con los problemas actuales o previsibles. No hay que olvidar que con el uso intensivo de las tierras, en la mayoría de los casos las prácticas de uso y manejo tienen más impacto en las funciones del suelo que sus propiedades intrínsecas.

Para evaluar los problemas actuales y prever los posibles procesos de degradación del suelo, se requiere metodología para una adecuada cuantificación y predicción de las propiedades hidrológicas de los suelos. Aunque las mediciones bajo condiciones controladas y precisas en el laboratorio pueden servir para entender los procesos hidrológicos, se requieren mediciones, aunque sean aproximadas, a nivel de campo, si el objetivo es resolver problemas de campo. La mayoría de los resultados obtenidos en el laboratorio, incluso en lo que se llaman muestras no disturbadas, y mucho menos en muestras disturbadas, no pueden ser transferidos para cuantificar comportamiento del agua en el suelo en el campo. Por otro lado, las técnicas para

mediciones en el campo son generalmente menos precisas y más costosas que las que se realizan en el laboratorio. La precisión se puede incrementar con un mayor número de repeticiones en las medidas de campo, pero sin olvidar que el objetivo es lograr aproximaciones aceptables dentro de las limitaciones de la metodología utilizada, a partir de las cuales podamos tomar decisiones prácticas a nivel de campo.

Los métodos y las técnicas para evaluar el comportamiento hidrológico del suelo a nivel de campo deben permitir mediciones simples y directas, basadas en relaciones físicas claras, y deben tomar en cuenta los aspectos dinámicos de las propiedades hidrológicas del suelo, que dependen en gran parte de la estructura del suelo (Pla, 1990). Esa metodología puede incluir desde técnicas muy simples y directas de campo, que nos provean sólo estimaciones aproximadas de las propiedades hidráulicas del suelo, y que pueden adaptarse a muy diferentes tipos de suelo, hasta técnicas bastante complicadas, que no se pueden utilizar en muchos suelos a nivel de campo, y que además requieren personal más calificado y equipos costosos, para mediciones más precisas que suelen requerir más tiempo. Deberían preferirse las técnicas sencillas de campo, porque además de las consideraciones operacionales antes señaladas, suelen adaptarse mejor a los tamaños requeridos de muestras y a la variabilidad espacial - se pueden hacer más repeticiones - de las propiedades hidráulicas en condiciones de campo (Pla, 1990).

Aunque sería deseable que la evaluación y predicción de procesos de degradación de tierras se hiciera a través de experimentos de larga duración, y a escala de cuenca, ello no es posible en la mayoría de los casos, especialmente si requerimos soluciones a corto plazo. Por ello se requieren nuevas estrategias basadas en la evaluación de propiedades hidrológicas del suelo en sitios seleccionados, para identificar los procesos de degradación de suelos e interpretar los problemas de degradación de tierras. Combinado con un análisis de registros históricos de lluvias, y utilizando modelos de simulación adecuados (Pla, 1997; 2002; 2006), y sistemas de información geográfica, los resultados de dichas evaluaciones pueden extrapolarse a nuevos escenarios con diferentes combinaciones de clima, propiedades del suelo, topografía y manejo de suelos y cultivos (Pla, 1998).

REFERENCIAS

- Batjes, N. H. 1999. Management options for reducing CO₂ concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. Report 410-200-031. Technical Paper 30. ISRIC. Wageningen (Holanda)
- Boardman, J. 1996. Soil erosion by water: Problems and prospects for research. En (M.G. Anderson y S.M. Brooks, ed) *Advances in Hill slope Processes*. Volume I. 489-505. John Wiley & Sons. Chichester (UK)
- Blum, W.E.H. 2000. Soil quality indicators based on soil functions. Key Notes 127-129. ESSC Third Int. Cong. Valencia (España)
- Crozier; M. J. 1986. *Landslides. Causes, Cosequences and Environment*. Croomhelm. London (UK)
- Eger y col. 1996. Taking action for sustainable land-use: Results from the 9th ISCO Conference in Bonn (Germany). *AMBIO* 25(8): 480-483
- El-Swaify, S. A., E. W. Dangler y C. L. Armstrong. 1982. *Soil Erosion by Water in the Tropics*. HITAHR. Honolulu, HI (USA). 173p
- El-Swaify, S.A. y J.W. Fownes. 1992. Erosion processes and models: applications in the tropics. En (H. Hurni y K. Tato, ed) *Erosion, Conservation and Small-Scale Farming*. 135-150. Geographica Bernensia, Berna (Suiza)

- El-Swaify, S. A. y D.O. Evans (ed). 1999. Sustaining the Global Farm. Strategic Issues, Principles and Approaches. ISCO. Purdue Univ. West Lafayette, Ind.(USA) 60p
- FAO. 2000. World Resources Report 90. Land Resource Potential and Constraints at Regional and Country Levels. FAO. Roma (Italia)
- Foster, G. R., y L. J. Lane. 1987. Beyond the USLE: Advancements in soil erosion prediction. En: (L.L. Boersma y col. Ed) Future Developments in Soil Science Research. 315-326. Soil Sci. Soc. Am. Madison (USA)
- Govers G., D.A. Lobb y T.A. Quine. 1999. Tillage erosion and translocation: emergence of a new paradigm in soil erosion research. Soil and Tillage Research. 51:167-174
- Hurni, H., y col (ed) 1996. Precious Earth: From Soil and Water Conservation to Sustainable Land Management. ISCO-CDE. Berna (Suiza)
- Kutilek, M. y D.R. Nielsen 1994. Soil Hydrology. Catena-Verlag. Cremlingen (Alemania)
- Lal, R. 1994. Soil erosion by wind and water: problems and prospects. En (R. Lal, ed) Soil Erosion Research Methods. 2nd Ed. 1-10. SWCS-ISSS. Ankeny (USA)
- Lal, R. 2000. Soil conservation and restoration to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. Key Notes 5-20. ESSC Third Int. Cong. Valencia (España)
- Larson W. E., F.J. Pierce y R.H. Dowdy. 1983. The threat of soil erosion to long-term crop production. Science 219: 458-465
- Larson W. E. y F.J. Pierce. 1991. Conservation and enhancement of soil quality. En (J. Dumansky y col, ed) Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World. Vol 2: 175-203. Technical papers. IBSRAM. Bangkok (Tailandia)
- Leenhardt, D., M. Voltz y M. Bornand. 1994. Propagation of the error of spatial prediction of soil properties in simulating crop evapotranspiration. Eur. J. Soil Sci. 45: 303-310
- Maglinao, A. R. 1998. IBSRAM'S Impact: Making the difference in sustainable land management research. Issues in Sustainable Land Management No 4. IBSRAM. Bangkok (Tailandia). 43p
- Nacci, S., e I. Pla 1993. Técnicas y equipos simplificados para evaluar propiedades físicas importantes para el manejo de suelos en los trópicos. En (R. Villegas y D. Ponce de León, ed). Memorias XI Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Vol. 1: 199-217. SLCS-INICA. La Habana (Cuba)
- Pla, I. 1986. A routine laboratory index to predict the effects of soil sealing on soil and water conservation. En "Assesment of Soil Surface Sealing and Crusting". 154-162. Callebout y col. (ed). State Univ. of Ghent. Gante (Bélgica)
- Pla, I. 1989. Soil water constraints for dryland corn and sorghum production in Venezuela. En "Challenges in Dryland Agriculture". 140-144. Unger (ed). Amarillo/Buchland. Texas (USA)
- Pla, I. 1990. Methodological problems to evaluate soil physical degradation. Trans. 14th Int. Congress of Soil Sci. Soc. I:95-100. Kyoto (Japón)
- Pla, I. 1992. La erodabilidad de los Andisoles en Latino América. Suelos Ecuatoriales 22(1). 33-43. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá (Colombia)
- Pla, I. 1993. Erosión en suelos de ladera del trópico andino y centroamericano. En "Manejo Integrado de Recursos Naturales en Ecosistemas Tropicales para una Agricultura Sostenible" 21-36. ICA. Santafé de Bogotá (Colombia)
- Pla, I. 1994. Soil degradation and climate-induced risks of crop production in the tropics. Trans. 15th ISSS Congress. 1:163-188. ISSS. Acapulco (México)
- Pla, I. 1996. Issues critical to furthering the cause of soil and water conservation. En (L.S. Bhushan y M.S. Rao, ed) Soil and Water Conservation: Challenges and Opportunities. 8th ISCO Conference Resume 39-41. Oxford and IBH Publ. New Delhi (India)
- Pla, I. 1997. A soil water balance model for monitoring soil erosion processes and effects on steep lands in the tropics. En (I. Pla, ed) "Soil Erosion Processes on Steep Lands". Special Issue of Soil Technology. 11 (1):17-30. Elsevier. Amsterdam (Holanda)
- Pla, I. 1998. Modeling hydrological processes for guiding soil and water conservation practices. En: (A. Rodríguez y col., ed.) The Soil as a Strategic Resource: Degradation Processes and Conservation Measures. 395-412. Geoforma Ed. Logroño (España)

- Pla; I. 2002: Hydrological approach to soil and water conservation. En: Man and Soil at the Third Millenium. (J.L. Rubio et al, ed). I:65-87. Geoforma Ed. Logroño (España)
- Pla, I. 2003. Erosion Research in Latin America. En:25 Yeras of Assessment of Erosion (DE. Gabriles y W. Cornelis, ed). 19-27. University of Gent. Gent (Bélgica)
- Richter, J. y T. Streck 1994. Modelling processes in the soil as a tool for understanding and management in soil and water conservation. En (L.S. Bhushan y col. ed.) Soil and Water Conservation. Challenges and Opportunities. Proc. 8th ISCO Conf. Vol 1: 535-551. New Delhi (India)
- Rose, C. W. 1994. Research progress on soil erosion processes as a basis for soil conservation practices. En (R. Lal, ed) Soil Erosion Research Methods. 2nd Ed. 159-180. SWCS-ISSS. Ankeny, IA (USA)
- Sojka, R. E. y D.R. Upchurch. 1999. Reservations regarding the soil quality concept. Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 1039-1054
- Torri, D. 2000. Land use, soil quality and soil functions: effects of erosion. Key Notes 107-125. ESSC Third Int. Cong. Valencia (España)
- UNDP-UNEP-WB-WRI. 2005. World Resources 2005. Washington DC (USA)
- UNEP-ISRIC. 1990. Global Assessment of Soil Degradation. GLASOD. Nairobi-Wageningen
- USDA-ARS. 1997 Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agric. Hand. No 703. 367p
- Varallyay, G. Y. 1990. Influence of climatic change on soil moisture regime, texture, structure and erosion. En (H.W. Scharpenseel y col, ed.) Soil in a Warmer Earth. 39-49. Elsevier. Amsterdam (Holanda)
- Wischmeier, W. H. y D.D. Smith 1978. Predicting Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning. USDA Agric. Hand. No 537. Washington D.C. (USA)