

EL DETERIORO DEL AMBIENTE EN EL NOROESTE ARGENTINO

POR

JOSÉ MANUEL SAYAGO

Introducción

En el análisis del panorama mundial sobre la crisis medioambiental se destaca, frecuentemente, la situación de Sudamérica, un territorio donde el hábitat humano y su entorno físico aparecen gravemente deteriorados. La deforestación de los bosques tropicales, la degradación de las tierras en el Gran Chaco, la erosión en las fajas templadas, o las inundaciones catastróficas en la cuenca de los grandes ríos, son manifestaciones de disturbios cuyos efectos se agravarían en el futuro. No sorprende por ello que este cuadro se repita en el noroeste argentino, región ubicada en la confluencia de grandes espacios físicos y culturales tales como el altiplano y el Gran Chaco, el subtropical o los Andes secos. Es así que a partir de una percepción sistémica del paisaje se discuten —enfaticando la visión geodinámica— los factores y procesos determinantes de la crisis ambiental que afecta a la región. A su vez, el estudio de casos intenta demostrar la necesidad del enfoque geográfico-regional como condición necesaria para comprender las interrelaciones profundas de la crisis del ambiente y definir las estrategias de corrección y control. Analizar tan extensa región

José Manuel Sayago. Instituto de Geociencias y Medio Ambiente (INGEMA), Facultad de Ciencias Naturales (Universidad Nacional de Tucumán).

Estudios Geográficos
Tomo LIII, n.º 208, julio-septiembre 1992

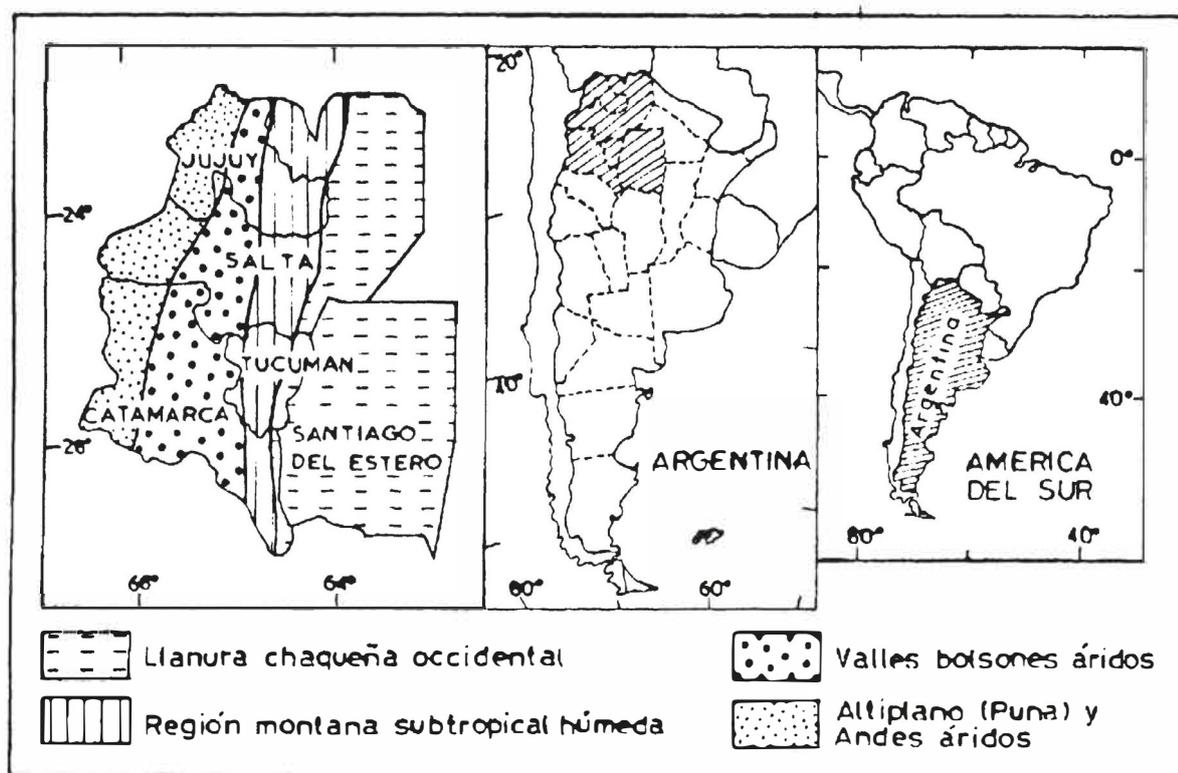


FIGURA 1.—Ubicación de la región estudiada y grandes unidades geoambientales que la caracterizan.

en pocas páginas conlleva el riesgo de generalizaciones extremas o fragilidad metodológica, desafío que es aceptado como contribución al conocimiento de la realidad medioambiental en un área que tipifica el espacio geográfico sudamericano.

Desde la perspectiva geodinámica, tres factores influyen en la elevada fragilidad ecológica que presenta la región: los contrastes climáticos, la variabilidad geomórfica y la susceptibilidad erosiva de los suelos. La dominancia de tales factores confirma las ideas de Zonneveld (1983) sobre la existencia de jerarquías en la capacidad de los elementos del paisaje para influir unilateralmente sobre los restantes sin ser afectados por ellos. Es así, que a escala macro-regional, relieve y clima condicionan la dinámica ambiental a través de la circulación atmosférica y las grandes unidades morfoestructurales, influencia que a nivel regional se traduce en la distribución de los suelos y la vegetación, al igual que en la hidrología superficial y subterránea. Si bien la acción de estos factores en la dinámica del paisaje es de carácter sistémico o integrado, su análisis independiente permitirá

comprender con mayor claridad el rol que desempeñan en el deterioro del ambiente.

Los contrastes climáticos

La importancia del análisis climático estacional y su influencia en los procesos morfodinámicos fue destacada por Wilson (1969) en un trabajo en el cual establecían seis tipos básicos de sistemas morfoclimáticos (figura 2) —generadores de procesos geomorfológicos típicos— caracterizados mediante parámetros climáticos simples (temperatura y precipitación mensual). De tal modo, es posible establecer, para una localidad determinada, el tipo de procesos que, en respuesta a los cambios estacionales, dominarán a través del año. El análisis morfoclimático estacional ayuda a establecer la fragilidad de una región, ya que cuando mayor es la variabilidad estacional, mayor es la presión ejercida sobre el ecosistema. Tal es el caso de la región tucumana, que experimenta, a través del año, condiciones tropicales en el verano, templado-húmedas a semiáridas en los períodos transicionales y definitivamente áridas durante el invierno. Esta extrema agresividad climática explica el elevado deterioro de las tierras intensificado por el uso irrestricto y el manejo incontrolado de las mismas. En el cuadro I, se detalla la relación entre morfoclima estacional, procesos morfodinámicos y formas en el valle de Catamarca. Interesa destacar el definido contraste existente entre los procesos de invierno y verano: escurrimiento torrencial, erosión hídrica y decantación lagunar en la estación húmeda; meteorización física, erosión y sedimentación eólica y degradación de suelos en la seca, lo que explica la notable labilidad del paisaje y el acelerado deterioro a que está siendo sometido. Finalmente, el caso de Yavi (sector oriental de la Puna), presenta igualmente condiciones climáticas contrastadas, y aunque las menores temperaturas atemperan su influencia sobre el ecosistema, acciones antrópicas como el pastoreo exhaustivo y el abandono de prácticas de manejo incaicas determinan el elevado deterioro que también presenta esta comarca.

Los cambios climáticos multianuales, particularmente la recurrencia de «pulsos húmedos» (con precipitaciones mayores al promedio), alternando con ciclos más secos, constituyen una constante en las regiones semiáridas y subtropicales del noroeste argentino. La coincidencia de estos períodos de bonanza climática con proyectos políticos de fomento a la actividad agríco-

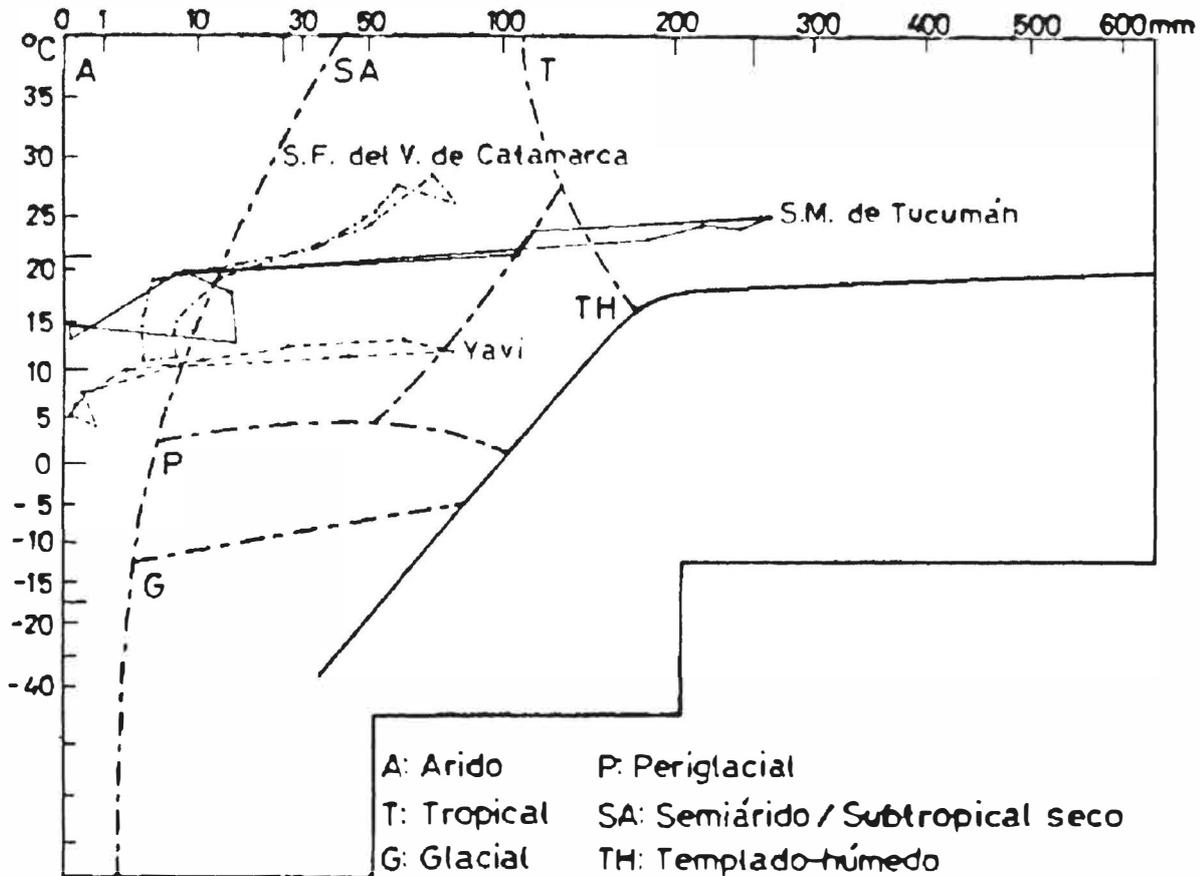


FIGURA 2.—Relación entre sistemas morfogénéticos y clima estacional en tres localidades del noroeste argentino (basado en Wilson, 1969)

la, frecuentemente han determinado la ocupación de tierras no aptas, provocando, con el retorno de las condiciones climáticas «históricas», deterioro ambiental y en ocasiones fracasos productivos. Un caso paradigmático de esta situación es el producido en los últimos veinte años en el noroeste de la región chaqueña, donde, alentados por un período más húmedo y precios internacionales favorables, se desmontaron y cultivaron extensas superficies antaño ocupadas por el bosque chaqueño occidental. Como se observa en la figura 3, el oriente de Tucumán presentó durante la década del sesenta condiciones subhúmedas a semiáridas (700 a 500 mm.); sin embargo, en la década siguiente, la isoyeta de 700 mm. se desplazó cien kilómetros hacia el este, transformando la región en ecológicamente apta para el cultivo. A pesar de ello, dentro de este período benigno se producía, durante los años secos, una caída de las precipitaciones muy inferior a la

CUADRO I
RELACIÓN CLIMA ESTACIONAL - PROCESOS MORFODINÁMICOS
(VALLE DE CATAMARCA)

Morfoclima	Procesos morfodinámicos	Formas
Árido (invierno)	Erosión eólica Sedimentac. eólica Meteorización física Deseccación	Cubetas de decantación Dunas Suelos regosólicos Suelos arídicos
Sub-tropical Seco húmedo (verano)	Escurrimiento torrencial Decantación lagunar Erosión hídrica Pedogénesis	Abanicos aluviales «Barreales» Cárcav., surcos, laminar Suelos salinos y alcalin.

media, como se comprueba con el marcado desplazamiento de la isoyeta de 900 mm. hacia el oeste durante el año 1980.

Los contrastes geomórficos

Situada en la transición entre la chata llanura chaqueña occidental (pendientes 0'5 a 3%) y los cordones precordilleranos con gradientes superiores al 100%, el noroeste argentino reúne las condiciones de una típica toposecuencia erosiva. Este concepto implica, a cualquier escala, que cuanto mayor es el umbral morfométrico entre dos regiones geomorfológicamente contrastadas, mayor es el riesgo de impacto ambiental cuando el equilibrio ecológico es modificado. Así, el paso de un ambiente montano, con fuertes contrastes de relieve, a una llanura deprimida incrementa los riesgos de erosión y movimientos en masa en el primero y de flujos torrenciales e inundaciones en las áreas planas. Similar situación se plantea, tanto a nivel continental, por caso la toposecuencia representada por el macizo andino y las llanuras sudamericanas extra andinas, como a escala micromorfológica a través de los procesos de erosión-sedimentación en la llanura chaqueña. En el primer caso, el degradamiento de las áreas cumbreles, altiplanos y valles intermontanos andinos se traduce en el transporte de sedimentos, nutrientes y contaminantes hacia las cuencas bajas de los grandes ríos como el Pilcomayo, Bermejo y Salado. A su vez, en la llanura chaqueña la deforestación del bosque de quebracho produce

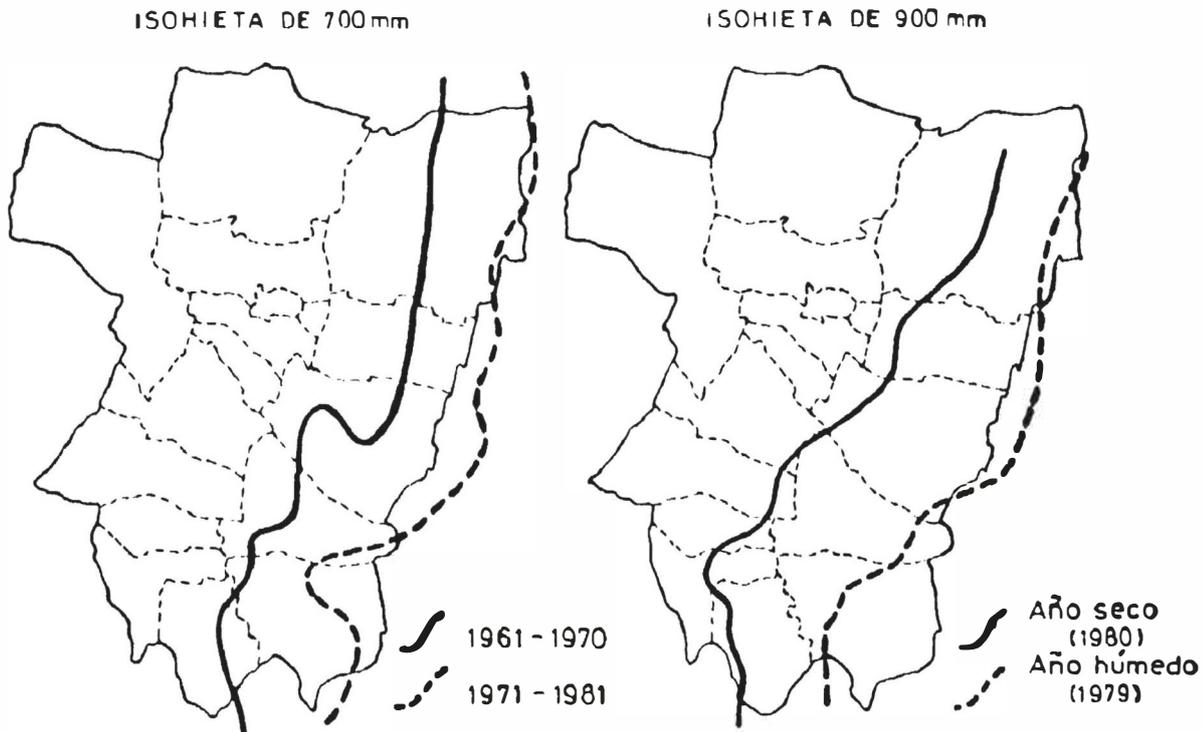


FIGURA 3.—Variabilidad espacial y temporal del régimen pluviométrico en el este de la provincia de Tucumán.

erosión en las micro elevaciones y colmatación en las micro depresiones, proceso que al multiplicarse origina la creciente recurrencia de inundaciones, degradación de los suelos y elevación de las napas subterráneas. Un perfil este-oeste de la cadena de las Cumbres Calchaquíes y la llanura chaqueña occidental (aproximadamente 27° sur), representa la toposecuencia erosiva de la fachada oriental precordillerana del noroeste argentino. En ella se describe (figura 4) el comportamiento de los factores incluidos en la conocida ecuación de pérdida de suelo (erosividad de la lluvia (R), erodabilidad del suelo (K), longitud e inclinación de la pendiente (LS) y cobertura vegetal (C), desarrollada por Wischmeier y Smith (1978) mediante la cual es posible establecer el riesgo erosivo expresado en volúmenes de pérdida potencial de suelo. En el perfil se comprueba la importancia del factor relieve (LS) en la producción de erosión, alcanzando valores máximos en la vertiente media alta y disminuyendo hacia el este paralelamente con la pendiente. Además del relieve, surge a primera vista la importancia del factor «K» (erosividad del suelo), cuyos valores, sumamente elevados en todo el perfil, crecen constantemente hacia el este,

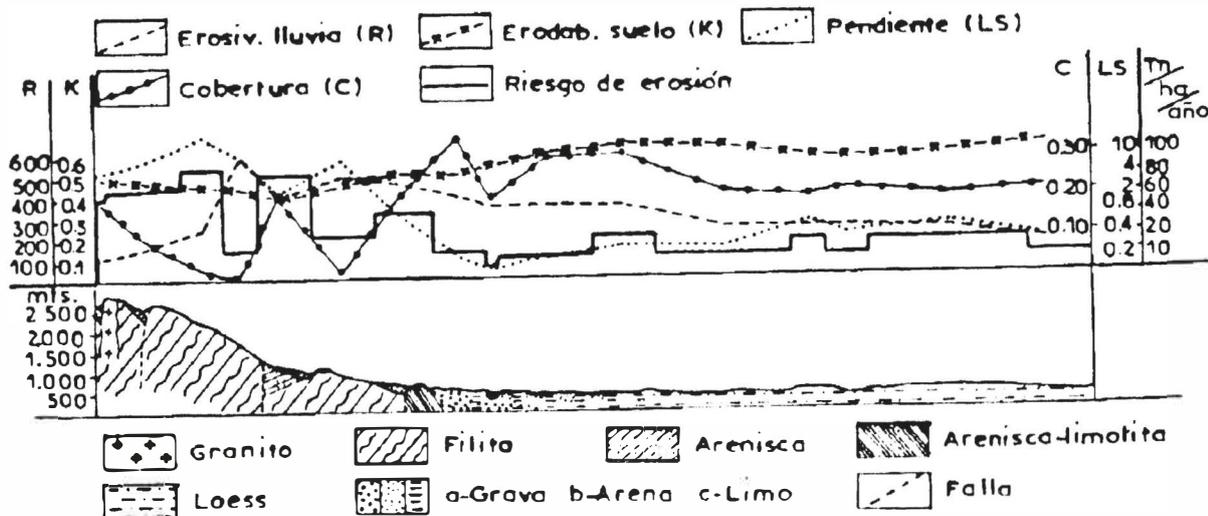
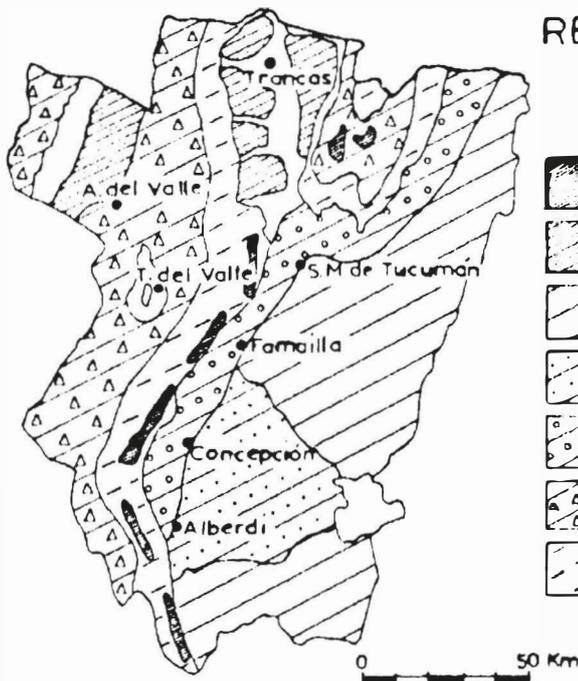
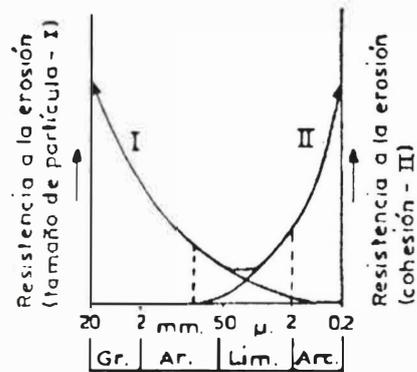
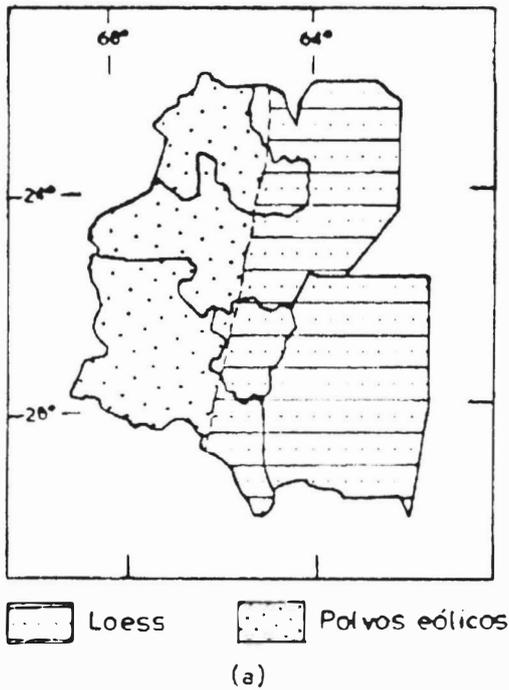


FIGURA 4.—Susceptibilidad erosiva del paisaje en una toposecuencia representativa de la fachada sub-tropical húmeda del noroeste (Basado en Sayago, 1989)

paralelamente con la disminución de la cobertura vegetal (factor «C»). Esta elevada susceptibilidad erosiva de los suelos deriva de la amplitud con que se distribuyen en la región los sedimentos loésicos, circunstancia que asigna una elevada fragilidad al paisaje.

Materiales loésicos y degradación del suelo

La erodabilidad de un suelo o sedimento está dada por sus características intrínsecas tales como la granulometría, la permeabilidad o el contenido de materia orgánica, destacándose las texturas limosas por su extrema susceptibilidad (Bergsma, 1982). Verstappen (1983) destaca la importancia de la granulometría en la producción de erosión explicando que los materiales limosos presentan la menor cohesión y resistencia a la erosión (figura 5b). Precisamente la granulometría limosa es la característica distintiva de los materiales loésicos ampliamente distribuidos en la región. En el mapa de la figura 5c se muestra la distribución de los sedimentos que constituyen el material originario de los suelos dominantes en la provincia de Tucumán. Puede afirmarse que la precipitación loésica finipleistocena/holocena cubrió gran parte del noroeste (figura 5a), siendo luego retransportado y redepositado bajo diferentes condiciones



REFERENCIAS

Materiales superficiales

- Loess típico
- Loess típico / polvos eólicos
- Loess retransportado (limos loésicos)
- Loess retransportado / ar. y limos fluviales
- Loess retransportado / fanglomerados
- Loess retransportado / cenoglomerados
- Loess retransportado / depós. de vertiente

Suelos dominantes

- Cambisoles / Kastanozems
- Kastanozems
- Xerosoles
- Phaeozems / Kastanozems
- Phaeozems / Fluvisoles
- Phaeozems / Regosoles / Fluvis.
- Xerosoles / Regosoles
- Cambisoles / Regosoles

FIGURA 5.--a) Distribución de los materiales eólicos en el noroeste argentino; b) Susceptibilidad erosiva de los materiales limosos (Basado en Verstappen, 1983); c) Distribución de materiales loésicos y suelos en la provincia de Tucumán (Basado en Sayago, 1990)

paleoecológicas y morfogenéticas. Es así, que depósitos de loess típico (indisturbado) subsisten solamente en sectores de los cordones del Aconquija y Cumbres Calchaquíes, Cordillera Oriental y sierras Subandinas. En el resto de la región y en los valles intermontanos subtropicales, el loess aparece incorporado a sedimentos de variado origen y granulometría, lo cual no disminuye su elevada susceptibilidad erosiva. No menor susceptibilidad presenta la llanura chaqueña occidental, donde el predominio de loess secundario poco disturbado explica el severo degradamiento de los suelos, desmontados y cultivados en forma irrestricta. Hacia el oeste, en los bolsones y valles y en el altiplano, el loess es reemplazado por la presencia dominante de polvos de origen desértico, compartiendo con aquél su elevada erodabilidad dada, entre otras características comunes, por la granulometría y la presencia de materiales cineríticos.

La visión geodinámica del deterioro ambiental

En el estudio del ambiente, los aspectos geodinámicos, generalmente designados como «soporte físico», «factores abióticos» o «biofísicos», son considerados superficialmente y desde una perspectiva monodisciplinaria. El rol de los factores climáticos, geológicos, geomorfológicos, edáficos, etc., en la dinámica ambiental, el predominio de cada factor a diferentes escalas y su influencia como elemento integrador de los aspectos biológicos y antrópicos, no ha recibido debida atención. Al respecto, Tricart (1982) considera como núcleo de la dinámica global a la interfase clima-litósfera, incluyendo en este último término al relieve y los suelos como expresión diacrónica de la geodinámica interna-externa. En un paisaje en equilibrio la morfogénesis y el clima, considerados desde la perspectiva geo-histórica, presentan gran estabilidad si se comparan con los suelos y especialmente la vegetación. La dinámica pedogenética alcanza su máxima estabilidad en un paisaje indisturbado, no obstante lo cual su génesis y evolución está siempre influida por la dinámica climática y geomórfica. Finalmente, la vegetación natural presenta inestabilidad, aún en un paisaje en equilibrio, y mucho más cuando la cobertura climática es removida.

En el cuadro II se esquematizan las secuencias del deterioro del paisaje representado, en síntesis, por los efectos que sobre el relieve y los suelos produce el clima cuando la cobertura es disturbada por la deforestación, el sobrepastoreo o el cultivo incontrolado. Vemos que la vegetación clímax,

última etapa de una sucesión vegetal equilibrada, constituye (al desaparecer) el primer eslabón en la cadena del deterioro. Seguidamente, el escurrimiento comienza a predominar sobre la infiltración y, consecuentemente, en la pedogénesis, intensificando indefinidamente los procesos morfogénéticos que hasta entonces habían permanecido en latencia. A medida que la acción se intensifica comienza a potenciarse la influencia de la variabilidad climática (estacional, multianual y secular), sobre la productividad del ecosistema.

El progreso del disturbio ambiental reduce la capacidad de respuesta del ecosistema durante los ciclos climáticos agresivos (por ejemplo, sequías o lluvias excesivas), conduciendo a la disminución de la productividad e incluso al colapso económico en el caso de productores pequeños. Sería innecesario destacar que el esquema descrito reconoce alternativas que reflejan tanto las cambiantes condiciones físicas como la variedad de situaciones antrópicas que caracterizan a la región, las que tratarán de demostrarse a través de algunos casos representativos.

La expansión de la frontera agraria en el Chaco occidental

Como señala Morello (1985), la investigación científica no ha producido todavía herramientas suficientes para manejar productivamente determinados ecosistemas del continente, los que por no estar presentes en los países desarrollados han comenzado a ser estudiados con retraso. Dentro de este grupo se encuentra la región chaqueña, cuyas sucesivas etapas de ocupación constituyen un paradigma de los aspectos negativos y positivos ligados a la expansión de la «frontera agraria». El proceso de incorporación a la agricultura (entre 1970 y 1990) de aproximadamente un millón y medio de hectáreas, antaño cubiertas por el bosque chaqueño occidental, constituye un típico caso de «asalto al medio ambiente». Las causas de la expansión fueron, entre otras, la coincidencia de precios y mercados internacionales favorables, incentivos impositivos y financieros y un ciclo con precipitaciones 30% superiores a la media, lo que transformaba en agrícola a un área históricamente sub-húmeda a semiárida. La coexistencia de tierras poco costosas, tareas de desmonte subvencionadas, mano de obra barata, paquetes tecnológicos probados (aunque no adaptados), sistemas de comercialización eficientes, precios relativamente aptos y, sobre todo, rendimientos muy elevados durante los primeros años de producción

dieron al área una rentabilidad muy elevada (Reboratti *et al.* 1989). Son precisamente estos atractivos los que explican la celeridad con que se desmontó, cubriendo en menos de dos décadas el este de las provincias de Catamarca, Tucumán, Salta y Jujuy y el oeste y norte de Santiago del Estero.

El mismo se efectuó indiscriminadamente ya sea sobre relieves pedemontanos colineados con suelos cámbicos, llanuras loésicas con xerosoles y entisoles o planicies deprimidas con fluvisoles y gleisoles. Los efectos del cultivo irrestricto y no conservacionista en tierras ecológicamente no aptas para el cultivo comenzaron muy pronto a manifestarse a lo largo y ancho de la región, destacándose los siguientes:

1) Acelerada desaparición de un importante potencial genético, tanto en los bosques de maderas duras como en los pastizales de sabana e inundación.

2) Erosión hídrica retroalimentada por erosión eólica en las áreas llanas, con clima estacionalmente contrastado y suelos altamente susceptibles a la degradación (materiales originarios loésicos).

3) Acelerada desaparición de la fauna autóctona, particularmente de las especies con valor comercial.

4) Erosión hídrica severa (cárcavas y barrancos), en las áreas pedemontanas y colineadas bajo cultivo sin prácticas conservacionistas.

5) Disminución de los rendimientos agrícolas por la degradación física y biológica de los suelos en regiones sin aptitud edáfica para el cultivo.

6) Salinización y alcalinización de los suelos en las llanuras de divagación fluvial por elevación de la napa freática a consecuencia de la desaparición del bosque chaqueño.

7) Desaparición de los «pastizales de inundación», de buena aptitud forrajera, y posterior reemplazo por especies más rústicas o arbustales estériles por elevación de la napa freática en las llanuras deprimidas.

8) Acelerada colmatación de embalses y canales por el transporte de sedimentos desde las áreas de aporte afectadas por erosión, con salinización de los suelos en las áreas periféricas.

9) Aumento del riesgo de inundación en las cuencas medias y bajas de las corrientes que nacen en las Sierras Subandinas a consecuencia de la expansión del desmonte sobre los piedemontes y aún las vertientes de la sierra.

10) Migración de la población campesina desde las áreas rurales hacia los centros urbanos como respuesta a la masiva incorporación de tecnología agraria y disminución de la actividad silvo-pastoril.

Los mecanismos degradatorios.—La dinámica ecológica en Chaco occidental está dominada por la influencia de los gradientes geomórficos y climáticos que fluctúan con gran heterogeneidad en el eje este-oeste. La complejidad climática y geomórfica se traslada al desarrollo pedogenético y distribución espacial de la vegetación, por lo que sería ilusorio postular mecanismos degradatorios aplicables a todas las situaciones ambientales en esa extensa región. El esquema del cuadro II intenta sintetizar las secuencias del deterioro de las tierras generalizables a las grandes unidades ambientales del noroeste argentino. Respecto al Chaco occidental, el concepto de paisaje en equilibrio debiera considerarse una abstracción, ya que difícilmente subsiste algún remanente de la vegetación clímax. En la realidad local, el proceso se inicia con la etapa de «tala rasa» en un bosque ya degradado por las anteriores etapas ganadera y forestal. De tal modo, al desaparecer totalmente la cobertura vegetal, los suelos pobremente desarrollados son expuestos al laboreo y la consecuente erosión por salpicamiento (*splash erosion*) y encostramiento, lo que genera aún más erosión (laminar, surcos, cárcavas). La coincidencia del período de siembra (menor cobertura), de los principales cultivos (soja y poroto), con el inicio de las lluvias (noviembre, diciembre), intensifica la erosión hídrica, de igual modo que la preparación para la siembra durante los meses secos favorece la eólica, más aún tratándose de suelos loésicos y relieves planos. Si el cultivo prosigue sin prácticas adecuadas, comienza el deterioro físico del suelo (pérdida de infiltración, capacidad de retención de humedad y aceptabilidad de lluvia), sumado a disminución de la materia orgánica y nutrientes que concluye, finalmente, con la caída ostensible de los rendimientos de cosecha. Cuando el proceso se agudiza, especialmente en el caso de productores pequeños, puede llegarse al colapso productivo al confluir la variabilidad climática, el degradamiento del suelo y la intensificación de la erosión. Por el contrario, cuando el nivel de inversión permite el manejo conservacionista (rotación de cultivos, barbecho, labranza mínima, cultivo en contorno, etc.),

se atenúa el «stress» producido por la transformación del primitivo ecosistema forestal, con una mejora en las condiciones físicas del suelo y aumento de su eficiencia hídrica.

Deforestación y salinización de los suelos en el Chaco deprimido.—Un caso de extremo deterioro, que hace excepción al proceso «general» antes descrito, se produce en antiguas llanuras de divagación fluvial por la desaparición del bosque chaqueño e incorporación de las tierras al cultivo, como es el caso de la llanura deprimida de Tucumán. El esquema (I) de la figura 6 muestra la situación del paisaje primitivo en el que los antiguos cauces y pantanos fluviales actuaban como colectores locales de los excedentes escurridos desde las áreas boscosas durante las lluvias normales o extraordinarias. Con la desaparición del bosque (II), la consecuente erosión de los suelos provoca el transporte de sedimentos desde las áreas interfluviales hacia las depresiones, expandiéndose su área de anegamiento y facilitando la recarga de la freática salino-alkalina. La última etapa (III) está dominada por la instalación, cercana a la superficie, de una napa freática que cubre grandes extensiones y provoca la salinización e hidromorfía de los suelos, determinando paralelamente la desaparición de buenas pasturas naturales y su reemplazo por especies más resistentes y rústicas.

Consecuencias socio-económicas.—La expansión de la frontera agraria significó un reemplazo de las viejas haciendas y obrajes por las nuevas empresas agrarias. Esto no implica una distribución de la tierra, sino simplemente un reemplazo entre propietarios de escalas similares. Según los casos, los nuevos productores oscilaron entre medianos (Tucumán y sur de Salta) y muy grandes (noreste salteño), pero está claro que la racionalidad de la dinámica productiva (gran inversión de capital, mantenimiento de extensas reservas de tierras para equilibrar las pérdidas por degradación, mano de obra barata y grandes volúmenes de producción), fue dejando de lado a los pequeños productores. El problema reside en el tamaño de las explotaciones, ya que los productores no tienen capacidad financiera ni técnica para enfrentar los años climáticamente adversos y, aún sin tenerlos, la superficie ocupada es insuficiente para aplicar las prácticas de manejo que eviten caer en el círculo vicioso de degradación y disminución de rendimientos (Reboratti *et al.* 1989). En cuanto a la mano de obra rural, entrenada en actividades no agrícolas, fue desplazada en gran medida por el cambio de la hacienda a la empresa agrícola, debiendo migrar hacia los

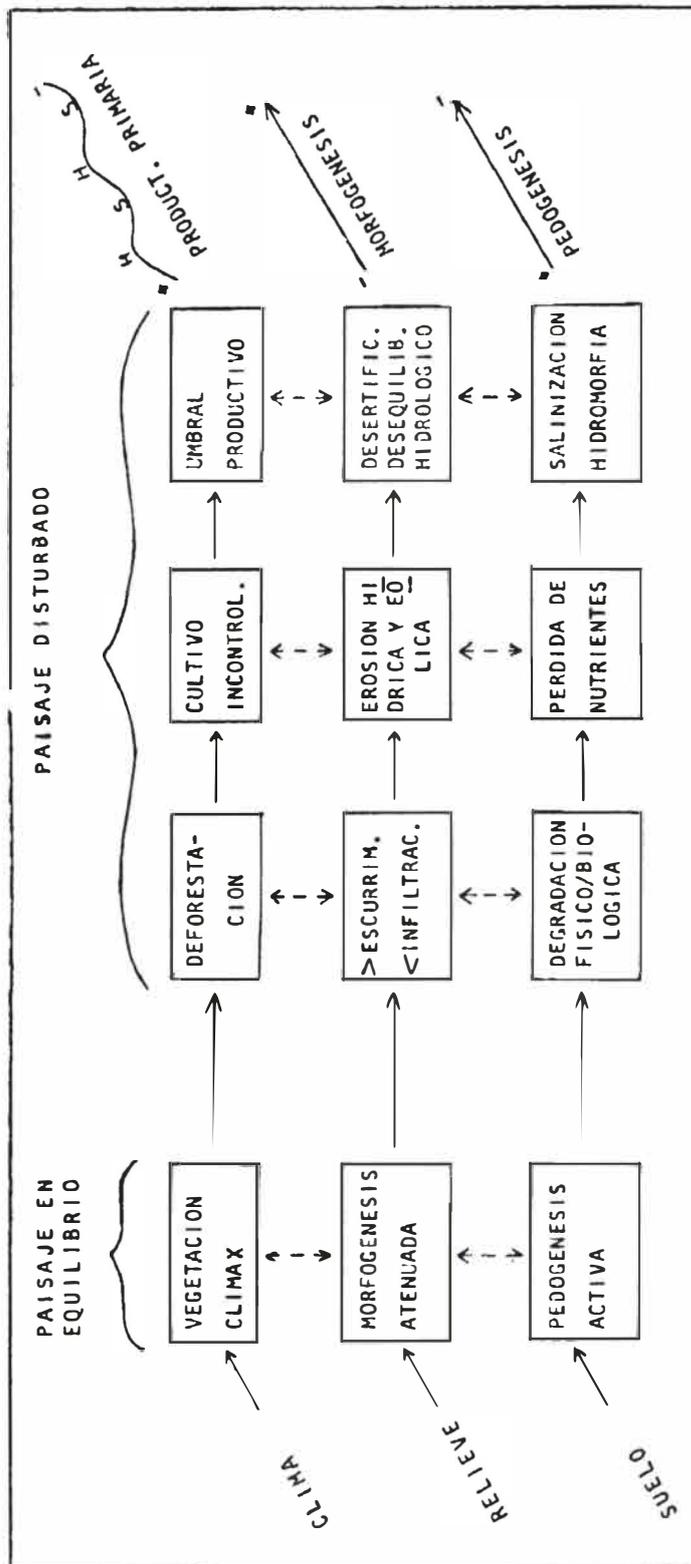
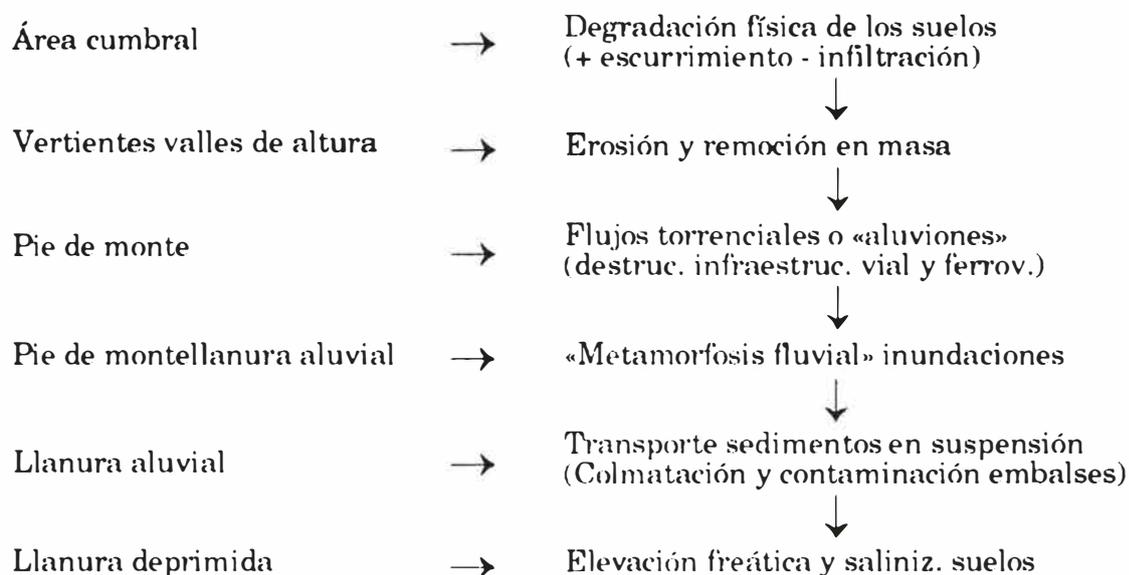


FIGURA 6.—Secuencias del proceso de salinización de suelos por deforestación del bosque chaqueño en las llanuras deprimidas

Cuadro III
 SECUENCIAS DEL DETERIORO DEL PAISAJE
 EN LA REGIÓN SUR-TROPICAL HUMEDA



centros urbanos cercanos o incorporarse a las «villas de emergencia» (chabolas), que en las grandes ciudades del noroeste constituyen verdaderos ecosistemas urbanos de la pobreza.

El desequilibrio hidrológico en el bosque subtropical húmedo

Desde la Sierra de Ancasti al sur de la provincia de Tucumán hasta su prolongación septentrional en el oriente boliviano, el bosque subtropical de las Yungas constituye una isla de verde rodeada de territorios áridos y sub-húmedos. Es allí, en los faldeos orientales de la Sierra del Aconquija, cumbres Calchaquíes y sierras Subandinas, con 1.500 a 2.000 mm. de lluvia anual, donde se originan los principales sistemas fluviales de la región y se concentra el 80% de la población. Siglos de uso irrestricto, abandono de prácticas pre-hispánicas, carencia de asesoramiento técnico, bajo nivel tecnológico, problemas de tenencia, etc., explican la gravedad del disturbio ambiental que afecta a la región.

Con la llegada del hombre blanco el ganado bovino ocupa las áreas

cumbresales con pastizales, desplazando (mediante la caza) la fauna de camélidos que hasta entonces ocupaba extensas superficies en todo el noroeste. El sobrepastoreo, la incorporación del fuego como práctica común en el manejo de los pastizales de altura y la tala irrestricta (especialmente en el piso de Caducifolios) provoca el deterioro de las áreas donde tienen sus nacientes los principales ríos del área.

El disturbio ambiental en las altas cuencas fluviales.—La presencia de un área cumbral degradada, relativamente plana, abruptos desniveles en la vertiente oriental húmeda de los cordones precordilleranos y, más abajo, la chata llanura chaqueña occidental, configuran una típica toposecuencia erosiva integrada por procesos que se retroalimentan positivamente desde las áreas cumbresales a la llanura, como lo expresa el cuadro III.

La degradación de los suelos cumbresales afecta su velocidad de infiltración y capacidad de retención de humedad, lo que en términos hidrológicos significa aumento extraordinario del escurrimiento con incremento del pico de crecida estival y reducción de caudales durante la bajada invernal. Paralelamente, la mayor torrencialidad fluvial intensifica los movimientos en masa y el aporte de materiales clásticos desde la vertiente del bosque subtropical produciendo inundaciones y destrucción de infraestructura en las áreas urbanas y rurales situadas en el pie de monte. Por otra parte, el desequilibrio hidrológico se está traduciendo en un cambio acelerado en la morfología fluvial en los principales ríos que llegan a la llanura, lo que da una idea de la magnitud del disturbio ambiental y de la complejidad de su problemática.

Metamorfosis fluvial en la fachada húmeda del noroeste.—El desequilibrio hidrológico se traduce en un aumento de la torrencialidad y ensanchamiento de la llanura aluvial en el interior de la montaña y en una modificación de los diseños de drenaje con intensificación de las inundaciones al explayarse en el piedemonte y la llanura aluvial. Schumm (1978) estableció que cuando en las áreas de alimentación de un sistema fluvial en equilibrio se produce un aumento del aporte de sedimentos a los cauces, ya sea por mal manejo de las tierras, cambio climático o reactivación tectónica, el diseño de drenaje cambia de meandriforme a entrelazado. Esta metamorfosis en la geometría hidráulica de los cauces se manifiesta por un aumento en la pendiente (S), el ancho (b) y la longitud de onda de meandro (λ) y una disminución de la profundidad (d) y la sinuosidad (p). Como se observa en la figura 7, las modificaciones en el cauce del río Medina entre

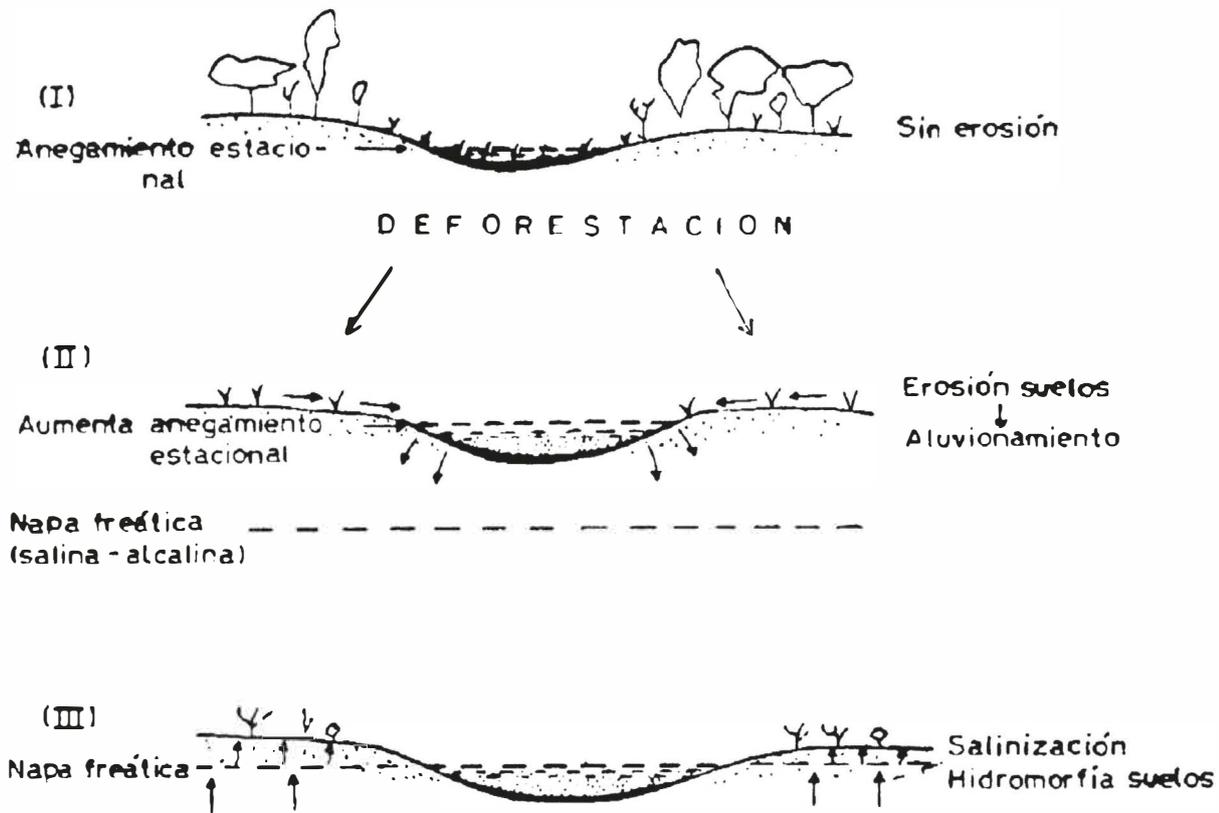


FIGURA 7.—«Metamorfosis fluvial» y cambio en los parámetros morfométricos en la cuenca baja del río Medinas (provincia de Tucumán) (Tomado de Sayago y Cuenya, 1990)

1944 y 1976 cumplen totalmente los requisitos postulados por Schumm, op. cit. y reflejan la celeridad del proceso de «metamorfosis fluvial» que está afectando a numerosos cursos en respuesta al deterioro de las tierras en su cuenca de aporte.

Otra manifestación de este proceso está representada por la modificación del valle fluvial de los cursos dentro de la montaña antes de explayarse en el pie de monte y llanura aluvial. En el cuadro IV se comprueba la magnitud alcanzada por la expansión de la llanura de inundación del río Tacanas (con valores medidos a nivel de subcuenca), concretada en un lapso de quince años como respuesta al deterioro del paisaje. Según Verstappen (1983), el ensanchamiento se produce cuando el aporte de sedimentos aumenta la erosión lateral del cauce, lo que acelera los movimientos en masa en las vertientes y el aporte de materiales a los cauces, retroalimentando su transporte y sedimentación río abajo.

CUADROS IV

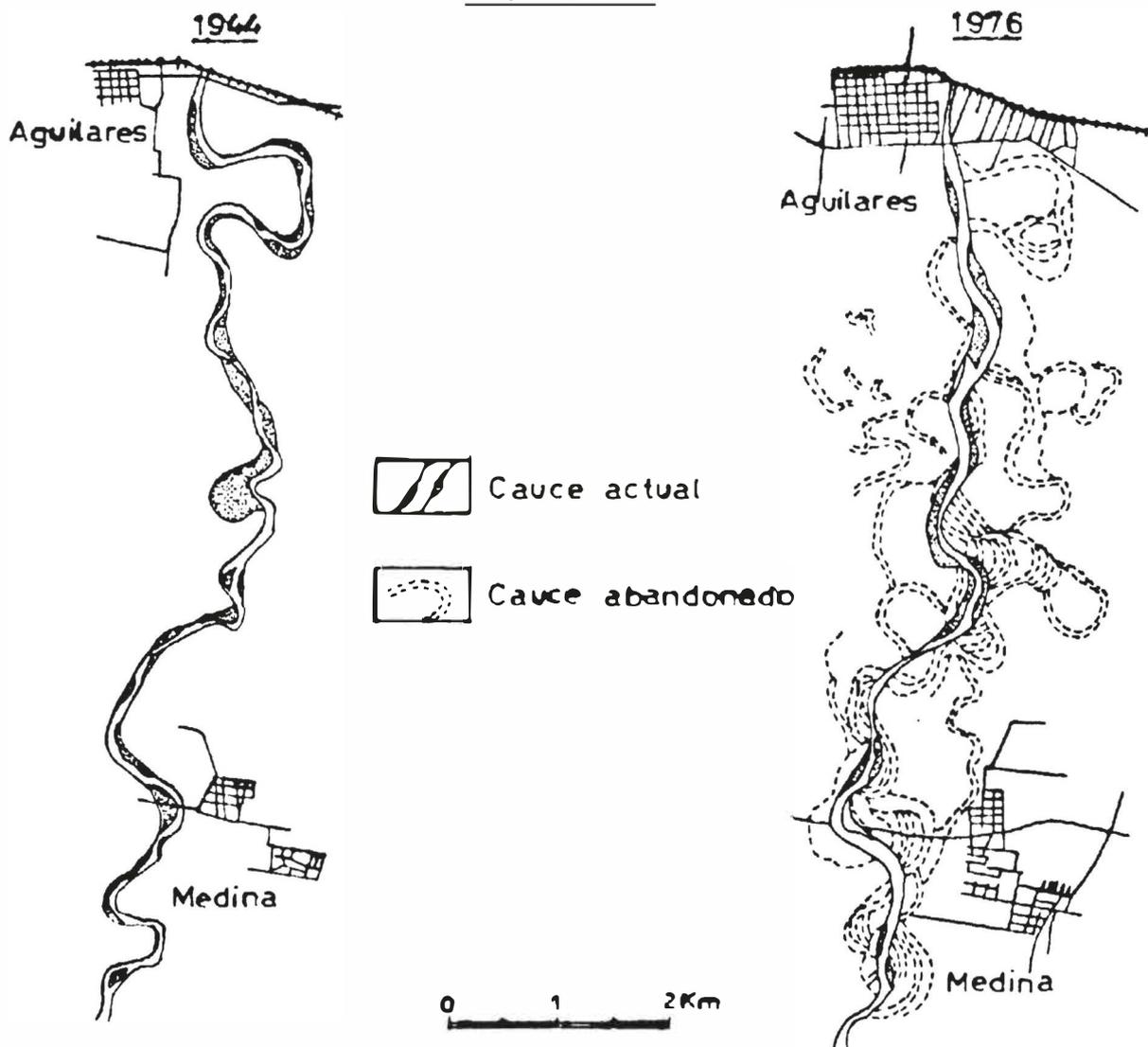
EXPANSIÓN DE LA LLANURA ALUVIAL EN LA CUENCA DEL RÍO TACANAS,
PROVINCIA DE TUCUMAN (SAYAGO Y GUIDO, 1991)

Fot. aérea (1971)-SPOT (1986)

Sub-Cuenca	N.º orden	Long. total (Km.)	Ancho prom. (Km.)	Área llanura inund. (Ha.)	Ancho prom. (Km.)	Área lanura inund. (Ha.)	Ensancham. llanura inundación (%)
LAGUNA	5	3'33	0'082	27'4	0'097	32'3	17'9
YUCHAYO	5	6'67	0'054	36'15	0'056	37'66	4'2
HUASANCHO	4	4'27	0'016	6'87	0'026	11'10	61'57
F. DEL MÉDICO	5	6'73	0'059	39'81	0'065	43'89	10'25
HUAYRA	5	1'7	0'057	9'77	0'060	10'31	5'52
CEIBALITO	6	0'84	0'099	8'33	0'117	9'87	18'49
TACANAS	7	25'0	0'090	225'27	0'124	310'0	37'6

Deterioro del paisaje y colmatación de embalses.—Al llegar a la llanura aluvial, las corrientes fluviales que nacen en el bosque subtropical transportan en suspensión los sedimentos finos provenientes de la erosión de los suelos, que finalmente depositan en los embalses situados aguas abajo. Este fenómeno adquiere especial relevancia por su influencia en la provisión de agua potable, generación de energía eléctrica, la irrigación o el turismo. Grandes presas de embalse como Las Maderas, en la provincia de Jujuy; Cabra Corral e Iruya, en Salta; El Cadillal, La Angostura y Escaba, en Tucumán; Río Hondo y Los Quiroga, en Santiago del Estero, y, en fin, Las Pirquitas, El Jumeal y Sumampa, en Catamarca, presentan en promedio un 25% de su vaso colmatado. Estos valores medios dan idea de la gravedad del deterioro de los sistemas fluviales pero adquieren mayor dramatismo si se considera la distribución espacial y velocidad de sedimentación en cada embalse. Valga como ejemplo el acelerado desarrollo de deltas (entre 15 a 20 Km. en menos de quince años), en la desembocadura de los ríos Juramento y Las Conchas en Cabra Corral o el caso de Río Hondo (figura 8), donde la «cola» del embalse presenta un 51% de su superficie colmatada a través de un proceso de cuya rapidez da cuenta el crecimiento del deltal del río Salí a un ritmo de aproximadamente 600 m. anuales.

RIO MEDINA



45,0 %	--	CARGA DE FONDO (Q)	--	63,4 %
177,0 m	--	ANCHO (b)	--	189,0 m
2,50m	--	PROFUNDIDAD (d)	--	1,5 m
67,70m	--	LONG. DE ONDA DE MEANDRO (λ)	--	78,0 m
0,02%	--	PENDIENTE (s)	--	0,4 %
1,06	--	SINUOSIDAD (P)	--	0,95%

FIGURA 8.—Avance de la colmatación en el embalse de río Hondo y crecimiento del delta del río Sali-Dulce entre 1973 y 1986 (tomado de Sayago y Quido, 1991)

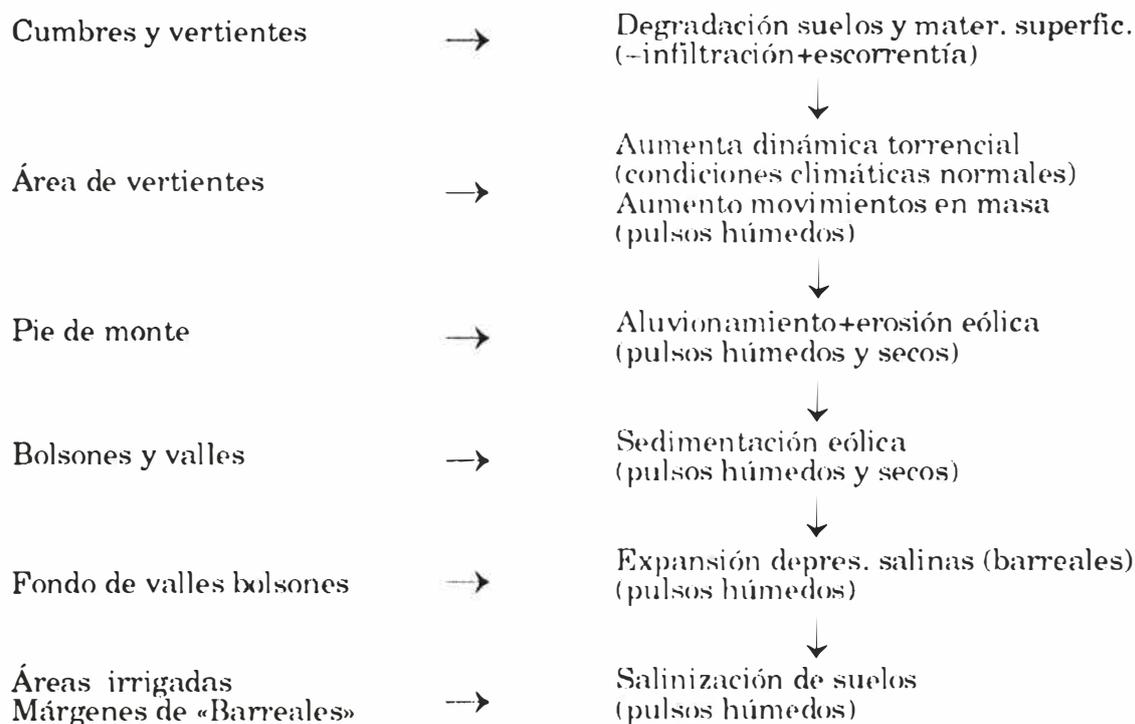
La desertificación en el oeste árido

La región árida del noroeste, producto del doble efecto de «sombra de lluvia» provocado por la cordillera de los Andes a occidente y los cordones precordilleranos al este, comprende, aproximadamente, 25 millones de hectáreas, desde los llanos de La Rioja hasta el altiplano puneño. La penosa imagen de desolación y vacío poblacional en la actualidad tiene poco en común con el paisaje que fue asiento de las principales culturas prehispánicas y el más importante centro social y económico en tiempos de la colonia. No muy lejos en el tiempo, las crónicas sobre la organización política argentina permiten inferir la importancia de los recursos vegetales e hídricos disponibles, evidenciado en las numerosas campañas guerreras desarrolladas durante el siglo pasado a lo largo y ancho de tan extenso territorio. Más cerca en el tiempo, el acelerado proceso de desertificación continuó sin pausa provocando, en menos de un siglo, la disminución del 100% de la población ganadera en los llanos de La Rioja, situación que probablemente no hacía excepción al resto de la región. En la actualidad, luego de siglos de sobreutilización de sus frágiles recursos y abandono de las milenarias tradiciones aborígenes para el manejo del agua y el suelo, la región se encuentra al borde del colapso productivo.

Dinámica de la desertificación.—La fragilidad ecológica de un paisaje árido está determinada, de acuerdo a varios autores, por la irregularidad de las precipitaciones, la limitada cobertura vegetal y la susceptibilidad erosiva de los materiales superficiales. Al igual que en la región con clima subtropical húmeda, el disturbio ecológico se inicia en las áreas cumbres extendiéndose progresivamente hasta el fondo de los valles y bolsones, ya de por sí severamente afectados, generalizando el degradamiento del paisaje que se describe en el siguiente cuadro:

Las áreas cumbres y altiplanos expuestos a los vientos húmedos son los sectores más susceptibles a la sobreexplotación, debido a su importante reserva de forraje y agua. Es allí donde el deterioro de los suelos y la erosión de «vegas» y pastizales crean las condiciones para el acelerado aumento de la torrencialidad fluvial, aún en períodos climáticos normales. Durante los pulsos húmedos, las mayores precipitaciones intensifican los movimientos en masa generando aluviones que afectan recurrentemente a localidades al pie de las cadenas montañosas. Por otra parte, en los valles estrechos y elongados la acción del viento es intensificada por el aporte de

CUADRO V
ETAPAS DEL DETERIORO DEL PAISAJE EN LOS VALLES
Y BOLSONES ARIDOS



los materiales generados en los sedimentos terciarios adosados a sus vertientes. Hecho preocupante, el avance de la sedimentación eólica se destaca en toda la región, desde la porción occidental de la Puna hasta el valle de Cafayate y el Campo del Arenal, pero es en el Bolsón de Fiambalá donde adquiere un sesgo catastrófico. En estos pintorescos valles, antaño verdaderos vergeles, el avance constante del «médano invasor» afecta tanto a zonas rurales como a las áreas de riego y aún las poblaciones, generando un constante éxodo de los pobladores hacia la Pampa Húmeda o la Patagonia. Paradójicamente, durante los ciclos húmedos, los campos dunarios se expanden por el aumento del aporte de materiales desde las áreas de derrame fluvial. Fenómeno similar ocurre con las depresiones de limos salinos (mejor conocidos como «barreales»), que ocupan el fondo de los bolsones más extensos y representativos como los de Catamarca, Pipanaco y Fiambalá. Su acelerada expansión en los últimos tiempos se

origina en el aumento de escorrentía desde los cordones marginales en respuesta al deterioro de las cumbres, traducido (especialmente durante los pulsos húmedos) en aumento de las depresiones evaporíticas y salinización de las tierras periféricas (Sayago, 1981).

Variabilidad climática y desertificación.—Se ha expresado anteriormente la importante influencia de las fluctuaciones climáticas en el deterioro del paisaje, particularmente en regímenes estacionalmente contrastados (subtropicales y semiáridos). Sin embargo, la existencia de «pulsos» húmedos y secos en regiones áridas intensamente degradadas, presenta implicaciones que exceden el normal proceso de desertificación y se sitúan en la perspectiva de los cambios climáticos globales. Según Verstappen (1983), existe en estos casos una retroalimentación positiva en el deterioro de los ecosistemas áridos a través de los ciclos secos y húmedos (al

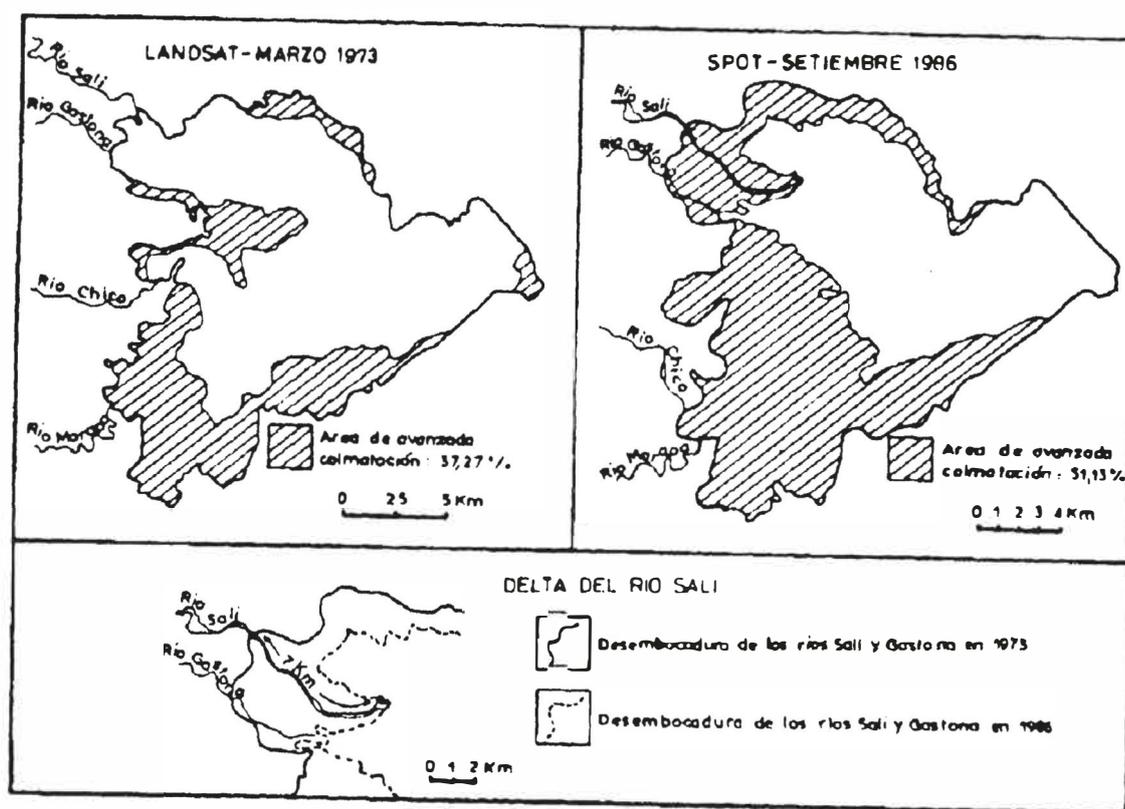


FIGURA 9.—Relación entre fluctuaciones climáticas e impacto ambiental en regiones áridas (Adaptado de Verstappen, 1983)

mantenerse constante la presión antrópica) que culmina con el colapso productivo (figura 9). Explica dicho autor que en las márgenes de los desiertos, cuando la cobertura vegetal decrece por presión antrópica, se produce un aumento del albedo terrestre generando subsidencia del aire con la consecuente disminución de las precipitaciones. La reversión de estas condiciones durante los períodos húmedos (no obstante la regeneración parcial de la vegetación) incrementa la erosión y otros procesos degradatorios, cerrando el círculo iniciado con los «pulsos» áridos. Ante el severo cuadro ambiental que presenta la región árida del noroeste argentino cabría preguntarse si (salvadas las distancias) no asistimos a los prolegómenos de un colapso productivo similar. La evolución histórica de estos territorios refleja una verdadera metamorfosis a partir del primigenio paisaje con recursos suficientes para sustentar miles de pobladores, hasta la realidad actual de un espacio vacío y estéril. Si bien es preciso ser cauto cuando se abordan las interrelaciones entre procesos antropogénicos y naturales, la magnitud de los actuales cambios globales, en gran medida provocados por el hombre, avalan esta hipótesis. Más aún, al considerar las similitudes existentes entre la desertificación del occidente árido y el deterioro de las montañas subtropicales y la llanura chaqueña, surge la necesidad del estudio de las relaciones existentes entre impacto antrópico y deterioro de dichos ecosistemas, en el marco de los cambios climáticos globales.

Agradecimientos

Debo expresar mi agradecimiento a Miriam M. Collantes por sus interesantes comentarios y sugerencias sobre aspectos temáticos del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- BERGSMAN, E.: «Aerial photo-interpretation for soil erosion and conservation surveys», *ITC lectures notes*, part. II-III, 1982.
- MORELLO, J.: «Temas para el conocimiento de la naturaleza y su manejo en Sudamérica», *Avan, en la Interp. Amb. del Desarr. Agríc. en Amer. Lat.* (Public. Naciones Unidas, Santiago de Chile), 1985.
- REBORATTI, C.; PRUDKIN, N.; LEON, C.; AUDERO, S.; JIMÉNEZ, C.; GÓMEZ, M. I. y DI PIETRI, D.: «La frontera agraria en el umbral al Chaco. Desarrollo, balance y perspectivas», *Public. Instituto de Geografía*, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Buenos Aires, 1989, pp. 5-121.
- SAYAGO, J. M.: «Morfogénesis de los «Barreales» y su relación con el deterioro del paisaje en el valle de Catamarca», *Act. Geol. Lill.*, XV 3, 1981: pp. 75-85.
- SAYAGO, J. M.: «Mapeo a pequeña escala del riesgo de erosión mediante información satelitaria en la provincia de Tucumán (República Argentina)», *Public. Esp. INGEMA La Teledetección en las Ciencias de la Tierra*, n. 1, 1989, pp. 71-84.
- SAYAGO, J. M.: «La erodabilidad de los suelos loésicos en la provincia de Tucumán, Argentina», *Act. Simp. Intern. sobre Loess* (Mar del Plata, Argentina), 1990, pp. 173-178.
- SAYAGO, J. M. y CUENYA, P.: «El deterioro del paisaje en la cadena de Aconquija y su influencia en la modificación de los diseños fluviales en la llanura tucumana», *Act. XIV Congr. Nac. del Agua*, Tomo II, 1990, pp. 498-515.
- SAYAGO, J. M. y GUIDO, E. Y.: «Monitoring watershed degradation through changes in fluvial morphology by aerial photographs and satellite imagery interpretation», *24 th. Sym. on rem. Sens. of Environ.*, Río de Janeiro, 1991(en prensa).
- SCHUMM, S.: «The fluvial system», John Wiley & Sons, 1977, pp. 1-333.
- TRICART, J.: «Taxonomical aspects of the integrated study of the natural environment», *ITC Journal*, 1982-3, 1982, pp. 344-348.
- VERSTAPPEN, H. Th.: *Applied Geomorphology*, Elsevier, 1983, 437 pp.
- WISCHMEIER, W. H. y SMITH, D. D.: «Predicting rainfall erosion losses guide to conservation planning», *U.S. Dep. of Agric.*, Handbook n. 537, 1978.
- WILSON, L.: «Les relations dans les processus geomorphologiques et le climat moderne comme méthode de paleoclimatologie», *Rev. Geogr. Phys. Géol. Dyn.* 21 (3) 1969.
- ZONNEVELD, J. I. S.: «Some basic notions in geographical synthesis», *Geojournal*, 7-2, 1983, pp. 121-129.

EL DETERIORO DEL AMBIENTE EN EL NOROESTE ARGENTINO

RESUMEN.—*El deterioro del ambiente en el noroeste argentino.* En el trabajo se analizan los factores del deterioro del paisaje en el noroeste argentino, especialmente la variabilidad climática, los contrastes geomórficos y la influencia de los materiales eólicos en la susceptibilidad erosiva de los suelos. Desde una perspectiva geodinámica, se discuten los mecanismos deteriorantes, particularmente el impacto producido por la desaparición de la cobertura vegetal sobre el relieve y los suelos. Finalmente, con el propósito de aportar una visión más realista sobre la situación ambiental en la región, se efectúa un estudio de casos representativos como la expansión de la frontera agraria en el Chaco occidental, el desequilibrio hidrológico en el bosque subtropical y la desertificación en los valles y altiplanos del oeste.

PALABRAS CLAVE.—Deterioro del paisaje. Morfodinámica. Deforestación. Desequilibrio hidrológico. Desertificación.

ABSTRACT.—The aim of this work is to analyze the factors that have contributed to the deterioration of the landscape in the north west of Argentina, especially the variability of the climate, the geomorphological contrasts and the influence of volcanic parent material on the erosive susceptibility of soils. The deteriorating are discussed from a geodynamics aspect, particularly the impact produced by deforestation. Finally and with the aim of giving a wider and more realistic view of the environmental situation in the region, a study of the most representative cases is carried out such as the expansion of the western Chaco boundary, the hydrological disequilibrium of the wet subtropical forest, the desertification of the valleys and the western plains.

KEY WORDS.—Landscape deterioration. Deforestation. Hydrologic disequilibrium. Desertification. Morphodynamic.