



ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION



PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL MEDIO AMBIENTE

**METODOLOGIA PROVISIONAL
PARA LA EVALUACION Y LA REPRESENTACION
CARTOGRAFICA DE LA DESERTIZACION**



ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION



ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION



PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL MEDIO AMBIENTE

**METODOLOGIA PROVISIONAL
PARA LA EVALUACION Y LA REPRESENTACION
CARTOGRAFICA DE LA DESERTIZACION**



ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION
Roma, 1984

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Ter
Arpos

M-90
ISBN 92-5-301442-3

Reservados todos los derechos. No se podrá reproducir ninguna parte de esta publicación, ni almacenarla en un sistema de recuperación de datos o transmitirla en cualquier forma o por cualquier procedimiento (electrónico, mecánico, fotocopia, etc.), sin autorización previa del titular de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización, especificando la extensión de lo que se desea reproducir y el propósito que con ello se persigue, deberán enviarse al Director de Publicaciones, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

© FAO 1984

PREFACIO

Este informe trata de un proyecto conjunto FAO/PNUMA tendente a desarrollar una metodología para la evaluación y la representación cartográfica de la desertización. El proyecto forma parte del Plan de Acción para detener y combatir la desertización recomendado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Desertificación (UNCOD) de 1977 y que fue aprobado por el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en su quinto período de sesiones como uno de los objetivos para 1982.

El proyecto tiene por finalidad desarrollar una metodología común para la evaluación de la desertización, y mediante su aplicación acrecentar el conocimiento de los problemas y catalizar las acciones correctivas.

La preparación de la metodología fue realizada por H. Dregne y T.G. Boyadgiev en cooperación con los especialistas que tomaron parte en el ensayo de la metodología y con los pertinentes especialistas de las organizaciones participantes en dicho proyecto, a saber: PNUMA, FAO, Unesco, OMM e ISSS.

Se espera que la metodología provisional descrita y las conclusiones derivadas de los ensayos de campo sean utilizadas por las autoridades decisorias, los científicos y los técnicos empeñados en combatir la desertización.

Para una mayor información técnica puede establecerse contacto con el Dr. T.G. Boyadgiev, Coordinador del Proyecto, Servicio de Ordenación y Conservación de Recursos de Suelos de la Dirección de Fomento de Tierras y Aguas en la sede central de la FAO en Roma.

INDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
1.1 Magnitud del problema	1
1.2 Alcance y dirección del proyecto	1
1.3 Principios fundamentales	2
2. PRINCIPIOS Y CONCEPTOS DE DESERTIZACION	3
2.1 Desertización	3
2.2 Procesos de desertización	3
2.2.1 Degradación de la cubierta vegetal	3
2.2.2 Erosión hídrica	4
2.2.3 Erosión eólica	4
2.2.4 Salinización	4
2.2.5 Encostramiento y compactación del suelo	4
2.2.6 Disminución de la materia orgánica del suelo	5
2.2.7 Exceso de sustancias tóxicas	5
2.3 Aspectos de la desertización	5
2.3.1 Estado de desertización	5
2.3.2 Velocidad de desertización	5
2.3.3 Riesgo inherente de desertización	6
2.3.4 Peligro de desertización	6
2.4 Clases de desertización	6
2.4.1 Para el estado de desertización	6
2.4.2 Para la velocidad de desertización	6
2.4.3 Para el riesgo inherente de desertización	6
2.4.4 Para el peligro de desertización	7
3. ESTABLECIMIENTO Y ENSAYO DE LA METODOLOGIA	9
3.1 Establecimiento de la metodología provisional	9
3.2 Ensayos de campo	10
3.2.1 México	11
3.2.2 Texas	12
3.2.3 Alto Volta	13
3.2.4 Sudán	13
3.2.5 Túnez	13
3.2.6 Siria	14
3.2.7 Pakistán	14
3.2.8 R.S.S. del Turkmenistán	15
3.2.9 Australia	16
3.2.10 Algunos problemas encontrados (datos y cartografía)	17

	<u>Página</u>
4. EVALUACION DE LA METODOLOGIA	19
4.1 Evaluación de los procesos determinativos	19
4.1.1 Degradación de la cubierta vegetal	19
4.1.2 Erosión hídrica	20
4.1.3 Erosión eólica	21
4.1.4 Salinización	21
4.2 Criterios de evaluación del estado, la velocidad y el riesgo inherente	22
4.3 Evaluación de los peligros de desertización	31
4.3.1 Cálculo de la presión del ganado sobre el medio ambiente	31
4.3.2 Cálculo de la presión del hombre sobre el medio ambiente	33
5. REPRESENTACION CARTOGRAFICA DE LA DESERTIZACION	37
5.1 Escala de los mapas	37
5.2 Tipo de resolución para la representación cartográfica	37
5.3 Compilación de los mapas	45
5.3.1 Para el estado de desertización	45
5.3.2 Para la velocidad de desertización	46
5.3.3 Para el riesgo inherente de desertización	46
5.3.4 Para los peligros de desertización	47
5.4 Representación cartográfica del estado, la velocidad y el riesgo inherente de desertización	47
5.5 Representación cartográfica de los peligros de desertización	47
5.5.1 Determinación de un índice del peligro de desertización	48
5.6 Seguimiento	50
APENDICES	
I.A Países e instituciones que intervinieron en el ensayo de la metodología de la desertización	51
I.B Características físicas y bioclimáticas de las áreas en que se hicieron ensayos	57
I.C. Procesos estudiados y mapas presentados	59
I.D. Criterios utilizados para la evaluación de la desertización en Australia, Siria, México y la R.S.S. del Turkmenistán	64

1. INTRODUCCION

1.1 MAGNITUD DEL PROBLEMA

Más de la tercera parte de la superficie terrestre del planeta es árida y en ella el proceso de desertización se ha intensificado en los últimos decenios. Según los cálculos de que se dispone ^{1/} la desertización amenaza el porvenir de más de 785 millones de seres humanos, o sea el 17,7 por ciento de la población mundial, que viven en esas tierras secas. De tal número entre 60 y 100 millones de personas están afectadas directamente por disminuciones de la productividad estrechamente relacionadas con procesos de desertización en curso. También se calcula que entre 50 000 y 70 000 kilómetros cuadrados de tierras útiles dejan de producir cada año por causa de la desertización. El Mapa Mundial de la Desertización, a escala 1:25 000 000, preparado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertificación de 1977, da una idea de la situación actual.

La situación expuesta en las líneas que anteceden se ha determinado sólo de un modo general sobre la base de los datos geográficos existentes. Se requieren datos más precisos acerca de las áreas afectadas, o que es probable que vayan a ser afectadas en lo futuro, y acerca de la velocidad de la desertización a escala mundial, regional y nacional.

Estos datos más fiables se precisan urgentemente para obtener cifras exactas sobre la velocidad y el riesgo de desertización y para apoyar la futura acción de planificación y orientación de las actividades de lucha contra la desertización en los planos nacional y regional que sirvan de base a una acción internacional para combatir la desertización, a la coordinación de las investigaciones y a la transferencia de la tecnología apropiada. Con este propósito se inició el proyecto FAO/PNUMA sobre evaluación y representación cartográfica de la desertización.

1.2 ALCANCE Y DIRECCION DEL PROYECTO

Un elemento decisivo en las actividades necesarias era la formulación de una metodología para la evaluación y la representación cartográfica de la dinámica de la desertización respecto de los procesos actuantes y de los peligros.

Al considerar la urgente necesidad de una acción la UNCOD recomendó la producción de mapas nacionales y regionales detallados a escalas mayores, en que se hiciera hincapié en la evaluación a nivel nacional, y la producción de mapas de uso inmediato para los países concernidos.

Las primeras medidas adoptadas en esta dirección consistieron en desarrollar una metodología provisional para evaluar y representar en mapas la desertización, en someter a ensayo esa metodología en diversos países dispuestos a participar en estas actividades, en examinar los resultados y, por último, en formular una metodología aceptable para utilizarla en adelante en la lucha contra la desertización.

El desarrollo de la metodología provisional se emprendió paso a paso mediante varias aproximaciones bajo la orientación de consultas periódicas de expertos en las cuales tomaron parte miembros patrocinados por los organismos participantes. La primera de tales consultas se reunió en diciembre de 1980 (11) y la segunda, en julio de 1981.

La metodología provisional se trasladó luego a los organismos, los países y las instituciones nacionales participantes para que efectuasen ensayos de campo (véase el Capítulo 3) y produjesen mapas experimentales a las siguientes escalas:

- 1:10 000 - 1:50 000 para explotaciones agrícolas
- 1:100 000 - 1:250 000 para poblaciones, distritos y provincias
- 1:1 000 000 - 1:2 500 000 para países y regiones.

^{1/} Datos de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertificación (UNCOD) (1977) que tienen en consideración la velocidad de incremento (26).

Estos ensayos no comprendían la recopilación de nuevos datos, sino que se efectuaron utilizando los mapas existentes de suelos, uso de la tierra, vegetación, formas del terreno, clima, ecología, hidrología, etc., con comprobaciones sobre el terreno en los casos necesarios. En el Capítulo 3 se presentan resúmenes de los informes de los países que participaron en estos ensayos.

La evaluación de los ensayos de la metodología provisional se hizo en la tercera consulta de expertos, en octubre de 1982 (12). Las conclusiones y recomendaciones derivadas de esa consulta constituyen la base de los Capítulos 4 y 5.

1.3 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

El Plan de Acción y las Recomendaciones del Resumen de la UNCOD de agosto-septiembre de 1977 (25) sirvieron de principios fundamentales para el desarrollo de la metodología que se propone en este informe. He aquí, a continuación, los puntos principales.

La desertización es un problema humano y social de alcance mundial que no puede tener una solución rápida, pero que es ya urgente en muchas partes. Es un fenómeno que se acelera por sí solo y se alimenta de sí mismo y que, a medida que avanza, encarece exponencialmente los costos de la rehabilitación.

La desertización se presenta comúnmente como la degradación de los recursos de plantas, animales, suelo y aguas, y como la pérdida general de productividad biológica en áreas sometidas a estrés ecológico. En los ecosistemas frágiles, como son los de las márgenes de los desiertos, esta degradación puede fácilmente llegar a ser irreversible y reducir de manera permanente la capacidad del área afectada para sostener la vida humana.

El Plan de Acción abarca áreas en las cuales la desertización actúa al presente y otras que es probable que se vean afectadas en lo futuro, como las áreas áridas, semiáridas y subhúmedas.

El objetivo inmediato es prevenir y detener el avance de la desertización y, cuando sea posible, recuperar para usos productivos las tierras afectadas.

Se reconoce la necesidad de una acción inmediata en la aplicación de los conocimientos existentes no sólo para detener los procesos materiales de desertización sino para enseñar a la gente a minimizar los daños ocasionados a los frágiles ecosistemas de las tierras secas por las actividades económicas y sociales actuales.

2. PRINCIPIOS Y CONCEPTOS DE DESERTIZACION

2.1 DESERTIZACION

De acuerdo con el proyecto FAO/PNUMA sobre evaluación y representación cartográfica de la desertización, se define la "desertización" como la expresión general de los procesos económicos y sociales, así como de los naturales e inducidos, que destruyen el equilibrio del suelo, la vegetación, el aire y el agua en las áreas sujetas a aridez edáfica y climática. El deterioro continuo origina la disminución o la destrucción del potencial biológico de la tierra, la degradación de las condiciones de vida y la expansión de los desiertos.

La desertización es un proceso continuo que pasa por diversas fases antes de llegar a la fase final, que constituye un cambio irreversible. Existen cambios liminares naturales - acontecimientos históricos y cambios geo-socioeconómicos - que, o bien provocan procesos de desertización o bien mantienen constante su intensidad. La desertización es, pues, el resultado de procesos naturales y de procesos debidos a la acción del hombre y de los animales, y que únicamente el hombre puede retrasar y detener.

Una diferencia importante entre degradación del suelo y desertización es que la degradación del suelo no es forzosamente continua, ya que ocurre durante períodos de tiempo relativamente cortos y puede ser invertida. Además, la desertización, o el peligro de ella, se limita a las áreas áridas, semiáridas y subhúmedas, mientras que la degradación del suelo puede ocurrir en todos los climas. La continua degradación de las propiedades del suelo llevará finalmente a la desertización (15). Más aún, ciertos procesos importantes para el concepto de degradación, como son el anegamiento, el agotamiento de los nutrientes de las plantas, la acidificación y otros, no se tienen en consideración en el estudio de la desertización.

En la metodología que se describe en el presente informe solamente se consideran los procesos de deterioración y de degradación suficientemente avanzados que ocurren en una superficie lo bastante extensa para que esos procesos tengan repercusión en las condiciones de vida. Tales procesos son la degradación del suelo y de la vegetación, la contaminación del aire y la mineralización de las aguas, cuyas causas son de índole socioeconómica, geofísica y geoclimática, y se producen en las áreas áridas, semiáridas y subhúmedas o en aquella parte de la superficie terrestre que se caracteriza por una relación P/PET inferior a 0,75 (24) y un índice de aridez superior por lo general a 1,5 (5).

2.2 PROCESOS DE DESERTIZACION

Por razones prácticas se considera que los procesos naturales o inducidos que originan la desertización son:

- i) la degradación de la cubierta vegetal;
- ii) la erosión hídrica;
- iii) la erosión eólica;
- iv) la salinización;
- v) el encostramiento y la compactación del suelo;
- vi) la disminución de la materia orgánica del suelo;
- vii) la acumulación de sustancias tóxicas para las plantas o los animales.

Los cuatro primeros son procesos determinativos principales; los tres últimos son subordinados. Los procesos determinativos se denominan así porque sus efectos están más extendidos y tienen mayor repercusión en la productividad de la tierra.

2.2.1 Degradación de la cubierta vegetal

Por degradación de la cubierta vegetal se entiende aquí la remoción o la destrucción de esa cubierta por diversos agentes, en la mayoría de los casos catalizados por la intervención del hombre en el equilibrio ecológico natural. Los más comunes de esos agentes son los aclareos, p. ej. las talas de árboles, o el cultivo, las quemas de arbustos y el pastoreo excesivo. Estos agentes son factores fundamentales en las áreas secas, porque en ellas el potencial de rehabilitación es pequeño y tales agentes dejan el suelo denudado y completamente expuesto a otros procesos de desertización.

La desaparición progresiva de especies de pasto apetecibles forma también parte del proceso de degradación, aun cuando pueda parecer en un principio que la cubierta vegetal es suficiente para proteger el suelo de la erosión.

2.2.2 Erosión hídrica

Se entiende por erosión hídrica la remoción de suelo de las tierras en declive. Si se deja que el proceso prosiga ininterrumpidamente, la roca madre acabará por quedar al descubierto. Los efectos patentes observables aparecen en tres formas principales: remoción generalizada de la capa de suelo arable por la golpeadura del agua de lluvia (erosión laminar), formación de surcos y cárcavas, y movimiento masivo de tierras.

El proceso de erosión se inicia con la golpeadura del agua de lluvia, pero durante las lluvias intensas el agua que se acumula se concentra pronto y desciende por pequeños cauces naturales de drenaje llevándose consigo la capa de suelo vegetal erosionable y formando de esta manera los surcos. El aumento de la cantidad de agua en los surcos origina las cárcavas, o hendeduras profundas en la capa de suelo arable y en el subsuelo.

Por movimiento masivo de tierras se entienden los desprendimientos de tierra, las corrientes de fango y los corrimientos de tierras. Los movimientos masivos de tierras sólo ocurren por lo general en los terrenos pendientes de suelo inestable y en coincidencia con lluvias de gran intensidad.

2.2.3 Erosión eólica

La erosión eólica es la remoción o deposición de granos de arena o de material edáfico. Es más un problema de áreas secas que de áreas húmedas, pero puede ser importante también en las áreas con lluvias estacionales cuando la vegetación en ellas es rala o inexistente durante la estación seca. El viento puede también remover y transportar tierra de terrenos llanos y de terrenos en declive.

Las condiciones que consienten que se produzca la erosión eólica son la existencia de un suelo seco, suelto y finamente dividido, con poca o ninguna cubierta vegetal, una superficie más bien llana, un viento de velocidad suficiente, y una extensión relativamente dilatada de terreno abierto. (9).

El viento es capaz de transportar partículas de tierra a través de la atmósfera y de depositarlas a millares de kilómetros del lugar de su procedencia. Algunos de estos depósitos han resultado ser beneficiosos y se han convertido en tierras de cultivo. Pero lo que principalmente interesa aquí y ahora es el daño ocasionado por el paso de tierra llevada por el viento a través del tapiz vegetal y el depósito de la misma sobre él, y la pérdida de suelo en el lugar de origen. Una fase patente y avanzada de desertización resultante de este proceso es la formación de dunas de arena en tierras antes productivas.

2.2.4 Salinización

La salinización consiste en la acumulación de sales solubles sobre el suelo, o a diversas profundidades en éste, en el aumento del contenido de minerales en el agua (escorrentía de "uadi" o de lagos, uso de agua de riego salina tomada de aguas superficiales y subterráneas, inundaciones, etc.) y en el afloramiento de rocas salinas. Esto se traduce en la disminución de la capacidad de producción de la tierra, en la aparición de vegetación salina y en la desaparición definitiva de la vegetación. En esta categoría se incluye la concentración de sodio cambiante así como de boro en la capa superior del suelo.

2.2.5 Encostramiento y compactación del suelo

Esta categoría resulta de procesos y de condiciones del suelo que han provocado la formación de suelos cementados y duros y el encostramiento del suelo, la compactación superficial o la impermeabilización de la superficie del terreno. Estas condiciones dan origen a una mayor escorrentía, a la disminución de la cantidad de agua disponible del suelo y al deterioro de la brotación de las plantas jóvenes y de la penetración de las raíces.

La cementación puede ser ocasionada por acumulaciones calcáreas, de yeso, de hierro o de sílice. La compactación subsuperficial y la impermeabilización superficial pueden ser causadas por la presión ejercida por tractores y otros vehículos y por los instrumentos de labranza.

2.2.6 Disminución de la materia orgánica del suelo

Esta categoría se refiere a los procesos que aumentan la mineralización del humus en el suelo, como son la reducción del manto vegetal, el cultivo excesivo y la remoción de partículas finas de la capa arable del terreno.

2.2.7 Exceso de sustancias tóxicas

En esta categoría se consideran las toxicidades distintas de la salinización.

La contaminación industrial debida a la liberación de materias residuales tiene generalmente efectos localizados sobre los seres humanos, la vegetación, las aguas y el suelo, aunque los contaminantes transportados por el viento puedan estar muy difundidos. Los metales pesados, los aerosoles ácidos, los plaguicidas y los residuos derivados del petróleo son algunas de las sustancias tóxicas que pueden disminuir o destruir la productividad de las tierras.

Las toxicidades de esta naturaleza corrientemente afectan a áreas pequeñas a escala mundial pero pueden ser muy importantes localmente, ya que la degradación que causan puede ser rápida y de larga duración. La productividad puede disminuir rápidamente hasta reducirse a la nada cuando las concentraciones de sustancias tóxicas sobrepasan ciertos valores umbral (15).

2.3 ASPECTOS DE LA DESERTIZACION

A los fines de la evaluación y la representación cartográfica es preciso estudiar, describir, cuantificar y codificar los diversos aspectos de la desertización para cada uno de los procesos descritos en la sección 2.2. Los aspectos que hay que considerar son:

- el estado (la situación tal como es en la actualidad comparada con una situación anterior);
- la velocidad a que se produce la desertización;
- el riesgo inherente de desertización (p. ej. suelos muy erosionables)
- los peligros de desertización (categoría establecida para la representación cartográfica después de tener en cuenta el estado, la velocidad y el riesgo inherente).

2.3.1 Estado de desertización

El estado de desertización se refiere a la situación o las condiciones existentes en una extensión dada de terreno al hacerse la observación, en comparación con la situación o las condiciones que existían en el pasado.

En la práctica es frecuentemente difícil determinar el lapso de tiempo transcurrido hasta la aparición de las condiciones actuales y la condición original del terreno. Por esto el estado de desertización tiene que evaluarse mediante una estimación de la condición original del terreno. Por ejemplo, en el caso de una parcela de tierra que experimenta desertización por salinización se supone que esa tierra originariamente no era salina y que el estado de desertización es débil o fuerte según sea el grado actual de salinidad.

2.3.2 Velocidad de desertización

Para evaluar la velocidad de desertización hay que conocer el período de tiempo en que han ocurrido los procesos de desertización, o los cambios que se han producido por unidad de tiempo. La velocidad es un cambio continuo en la misma dirección. Se la puede determinar de distintas maneras. Para ciertos fenómenos dinámicos, p. ej., la salinidad, los cambios a corto plazo son tan rápidos y diferentes que para determinar la velocidad de desertización es la tendencia evolutiva general lo que se tiene que evaluar.

2.3.3 Riesgo inherente de desertización

El riesgo inherente de desertización depende de la vulnerabilidad de las formas del terreno a los procesos de desertización, así como también de las condiciones naturales (p. ej. clima, fisiografía, erosionabilidad del suelo, calidad del agua y profundidad de la capa freática).

El riesgo inherente se puede averiguar para el proceso determinativo, p. ej. los suelos de textura arenosa suelta tienen un elevado riesgo inherente en cuanto a la erosión por el viento, pero pueden tener un riesgo de salinización ligero.

2.3.4 Peligro de desertización

Para evaluar el peligro de desertización hay que prestar consideración al estado, la velocidad y el riesgo inherente de desertización por los procesos determinativos dominantes, y a las presiones humana y de los animales sobre el medio ambiente. A este propósito se han establecido índices para evaluar los peligros de desertización (véanse los Capítulos 4 y 5).

2.4 CLASES DE DESERTIZACION

La evaluación de los efectos de los procesos de desertización debe combinarse y codificarse en clases que denoten la gravedad de los factores de evaluación por procesos y por aspectos: ligera, moderada, grave y muy grave. La última fase de la desertización es el desierto. El desierto se toma como punto de referencia final.

La determinación de las clases de desertización se debe hacer separadamente por procesos y por aspecto como se expone a continuación:

2.4.1 Para el estado de desertización

Los factores de evaluación utilizados para valorar las clases de estado de desertización por procesos son: la superficie afectada por sales solubles, la presencia de mantos, montículos, lomas ("nebjas") o dunas de arena; el efecto de la golpeadura de la lluvia en la superficie del suelo (erosión laminar), surcos y cárcavas, la reducción de la cubierta vegetal de plantas perennes, la exposición al encostramiento y la compactación, y el porcentaje de materia orgánica respecto del nivel natural óptimo. La comparación entre el estado de dos áreas diferentes en un mismo momento puede servir para determinar las clases de desertización.

2.4.2 Para la velocidad de desertización

El principio de que se hace uso es el de comparar el estado de una misma área en tiempos diferentes. Los factores de evaluación por procesos son los siguientes: el aumento de la superficie afectada por sales, la cantidad de arena transportada en m³/año, la pérdida de suelo en t/ha/año; la velocidad de expansión de las áreas afectadas por la erosión eólica en porcentaje del total de tierra productiva, el aumento de las áreas donde el subsuelo queda al descubierto o de la superficie afectada por cárcavas, los sedimentos y depósitos en embalses, la disminución del porcentaje de biomasa, la disminución de la superficie de tierras arboladas y de cubierta de pastizales y la tendencia del estado de esta cubierta.

2.4.3 Para el riesgo inherente de desertización

Los factores de evaluación que se toman en consideración para determinar las clases de riesgo inherente de desertización por procesos son los que siguen: el número de meses secos, la profundidad media de la capa freática, el contenido de sales del agua de riego, la fisiografía, el drenaje, las prácticas de ordenación del suelo y la pérdida posible de suelo.

2.4.4 Para el peligro de desertización

El peligro de desertización es el efecto combinado de las interacciones del estado, la velocidad, el riesgo inherente y las presiones de los animales y del hombre. El peligro de desertización se evalúa sumando los índices establecidos para cada clase (ligera, moderada, grave o muy grave) para cada proceso determinativo por el aspecto. Para las presiones de los animales y del hombre se ha establecido un índice especial que hay que agregar a los índices anteriores con el fin de obtener una evaluación general de la vulnerabilidad de la tierra.

3. ESTABLECIMIENTO Y ENSAYO DE LA METODOLOGIA

3.1 ESTABLECIMIENTO DE LA METODOLOGIA PROVISIONAL

La reunión de expertos organizada por el PNUMA en Ginebra en mayo de 1979 (28) hizo observar la necesidad de que se fijasen indicadores específicos que pudieran utilizarse para preparar mapas a diferentes escalas para diferentes países. Se consideró que, idealmente, esos indicadores debieran ser cuantitativos, sensibles a los cambios pequeños en el factor que se mide, fáciles de medir y pocos en número.

Cuando la segunda consulta de expertos se reunió en julio de 1981 se había elaborado ya, y aprobado para su ensayo en el campo, una metodología provisional para la evaluación y la representación cartográfica de la desertización. Se estimó que las partes más importantes de la metodología que se iba a ensayar eran los criterios propuestos para evaluar las clases de desertización por procesos y por aspectos.

La metodología provisional propuesta se remitió a determinados países que habían convenido en participar en los ensayos y que se eligieron de manera que se tuviese la mayor diversidad geográfica posible (véase 3.2).

A continuación se exponen los criterios (parámetros) específicos por procesos propuestos para la evaluación.

i) Degradación de la cubierta vegetal

Para el estado, considérese: cubierta vegetal de plantas perennes (%); biomasa en kg de m.s./ha/año; producción de forraje en unidad/ha/año; % de productividad potencial; biomasa en kg de m.s./mm de lluvia.

Para la velocidad, considérese: aumento de la degradación (% por año); tendencia de los pastizales en los diez años últimos (sin sequía); tendencia de las tierras arboladas/año; tendencia de los rendimientos de cereales/año.

Para el riesgo, considérese: aumento de las tierras de cultivo de secano; aumento de la producción ganadera (en % anual); pastoreo excesivo (UA/año); unidades animales (UA) (índice de aumento en % por año); población humana (índice de aumento en % anual); capacidad de carga de unidades animales/ha; capacidades de carga demográfica (densidad actual tomada en 1975); duración del período de crecimiento (menos de 180 días); índice climático para la degradación biológica; índice de humedad (Iz); quemadas de matorral (efectos perjudiciales); potencial de rehabilitación.

ii) Erosión hídrica

Para el estado, considérese: densidad de surcos y cárcavas por km (transversal); estado superficial; tipo de erosión; pérdida de capa arable y de subsuelo (%); superficie afectada por cárcavas (%); depósitos de suelo en cm; secuencia de horizontes; espesor del suelo (A + B) en % del espesor primitivo; (%) de pérdida de rendimiento en comparación con los suelos sin erosionar; disminución del contenido de materia orgánica en % respecto de los suelos sin erosionar.

Para la velocidad, considérese: remoción o deposición superior a la normal en t/ha/año o en mm/año; depósitos de sedimentos en embalses en % de la retención anual.

Para el riesgo, considérese: pendiente; precipitación en mm; peso de suelo perdido en t/ha/año; factor lluvia; erosionabilidad del suelo; factor topografía; factor biótico; índice de erosividad de la lluvia por tipo de clima; sequía estival (dos temporadas lluviosas y precipitación invernal); sequía invernal (dos temporadas lluviosas y precipitación estival); regímenes de transición.

iii) Erosión eólica

Para el estado, considérese: pérdida de capa arable (%); forma de las formaciones eólicas; superficie total cubierta por formaciones eólicas (%); superficie cubierta por capas de depósitos eólicos; superficie cubierta por montículos (%) por encima de lo normal; superficie cubierta por dunas movedizas (%); concentración relativa sobre la superficie del terreno de gravas y piedras (%).

Para la velocidad, considérese: remoción superior a la velocidad geológica (t/ha/año); deposición superior a la velocidad geológica (t/ha/año); ráfagas arenosas de material fino; espesor de suelo removido anualmente (cm); velocidad de expansión del área invadida por la arena en % del área afectada; espesor de suelo transportado por el viento (cm/año).

Para el riesgo, considérese: índice de erosividad del viento; frecuencia de las tormentas de arena (veces por año en un período de diez años); número de días de tormenta de viento al año; número de horas de tormenta de viento al año; número de días de tormenta de viento en primavera (marzo-abril) (las más peligrosas en las áreas subtropicales); velocidad máxima del viento a los 2 m de altura (m/seg.)

iv) Salinización

Para el estado, considérese: $E_{ce} \times 10^3$ máxima en mmhos/cm en los 75 cm superiores del suelo; ESP máximo en los 75 cm superiores del suelo; rendimientos de las plantas (% de rendimientos de suelos semejantes no desertizados); formaciones nuevas; observación morfológica; sales en t/ha/1,5 m; t/ha/0,75 m.

Para la velocidad, considérese: aumentos de la EC en mmhos/cm/año en los 75 cm superiores del suelo; aumentos del ESP en los 75 cm superiores del suelo en % anual; rendimientos en % anual; superficie afectada por sales solubles en %.

Para el riesgo, considérese: índice climático para la salinización; número de meses secos (en ausencia de la profundidad crítica de la capa freática); profundidad media del agua subterránea (cm); concentración de sales del agua de riego; residuo seco en g/l y en EC en mmhos/cm.

v) Encostramiento y compactación del suelo

Considérese sólo para el estado: acumulación cálcica y forma de la cementación (espesor en cm); acumulación de yeso y forma de la cementación (espesor en cm); acumulación de hierro y forma de la cementación (espesor en cm).

vi) Disminución de la materia orgánica del suelo

Para el estado, considérese: situación actual en % del nivel natural óptimo.

Para la velocidad, considérese: disminución de la materia orgánica en la capa superficial en % anual en los tres años últimos.

vii) Exceso de sustancias tóxicas en el suelo (pH 6,5)

Considérese sólo para el estado: plomo, cinc y cobre.

3.2 ENSAYOS DE CAMPO

La metodología provisional se ha ensayado en México, Texas, Alto Volta, Sudán, Túnez, Siria, Pakistán, R.S.S. del Turkmenistán y Australia. En los ensayos de campo y en la preparación de los informes participaron unos 35 especialistas. Además se mantuvieron contactos con 15 expertos de Perú, Chile, Kenya y China. De estos cuatro países no se recibieron informes.

En el Apéndice 1 se indican en el Cuadro 1 los países, los expertos y las instituciones que intervinieron en los ensayos. En el Cuadro 2 se exponen las características físicas y bioclimáticas de las áreas en que se hicieron los ensayos. Los procesos estudiados y los mapas presentados se enumeran en el Cuadro 3. Los criterios utilizados para la evaluación de la desertización en Australia, Siria y México se dan en el Cuadro 4, y los elegidos para la R.S.S. del Turkmenistán, en el Cuadro 5.

Además, se emprendió un limitado estudio piloto sobre el empleo de datos de teledetección satelital en formato digital en la región centro-septentrional argelina de Hodna.

El objetivo del estudio era analizar los datos digitales multitemporales del Landsat de un área conocida y definir parámetros espectrales apropiados que guarden relación con los procesos de desertización y que se puedan derivar sin costos excesivos de los datos satelitales.

Los informes resumidos de los países participantes se examinaron en la tercera consulta de expertos (12), y en las secciones 3.2.1 a 3.2.9 siguientes se incluyen breves resúmenes de los puntos principales de esos informes y de las conclusiones. Los informes resumidos por países se reproducirán separadamente como documentos de trabajo en un número de ejemplares limitado.

3.2.1 México

La extensión superficial de México es de cerca de 2 millones de kilómetros cuadrados. México tiene una altísima densidad humana y ganadera en la parte central - 22,2 por ciento del total de la población humana ocupa solamente el 1,7 por ciento del total de la superficie del país.

Para el ensayo de la metodología provisional se eligieron tres áreas de estudio en la parte central y tres escalas cartográficas:

- | | |
|-------------------------------------|----------------|
| i) <u>Area neovolcánica</u> | - 3 300 000 ha |
| escala cartográfica | - 1:2 000 000 |
| ii) <u>Area de Texcoco-Tizayuca</u> | - 180 000 ha |
| escala cartográfica | - 1:250 000 |
| iii) <u>Area de Chapingo</u> | - 40 000 ha |
| escala cartográfica | - 1:40 000 |

Para el estudio se eligieron tres procesos determinativos - degradación de la cubierta vegetal, erosión hídrica y salinización, de acuerdo con la disponibilidad, exactitud y utilidad de los datos, porque sus efectos son patentes en la parte central de México (véase Apéndice I.D., Cuadro 4 para lo referente a los criterios elegidos).

El grupo mexicano considera que son parámetros de gran utilidad que no necesitan modificación: (1) la cubierta vegetal de plantas perennes; (2) la población humana; (3) las unidades de ganado; (4) la superficie afectada por cárcavas; (5) el espesor del suelo (A + B); (6) la masa de suelo (A); (7) $EC \times 10^{-3}$; (8) ESP; (9) la profundidad media de las aguas subterráneas y (10) los aumentos de EC.

Otros parámetros de gran utilidad pero que precisan de algunas modificaciones son: (1) la tendencia de los rendimientos de cereales/año; (2) las pérdidas de suelo; (3) el índice climático para la salinización, y (4) el tipo de cementación.

Ocho parámetros que se consideran de poca utilidad son: (1) el índice climático para la degradación biológica; (2) la tendencia de los pastizales; (3) la precipitación; (4) el índice de erosividad de la lluvia; (5) el tipo de erosión; (6) la topografía; (7) la densidad de surcos y cárcavas, y (8) el número de meses secos.

Respecto de la cartografía, el grupo mexicano estima que la escala es uno de los problemas que se presentan en la clasificación de tierras y en la evaluación de la desertización, porque los mapas a pequeña escala no pueden mostrar los detalles con precisión. Se considera que se necesita una "unidad cartográfica mínima", es decir la superficie más pequeña que puede ser representada útilmente en un mapa. Esta superficie es de $0,25 \text{ cm}^2$ de mapa.

Aplicando este concepto al área neovolcánica (escala 1:2 000 000) se vio que sólo era posible representar procesos de desertización en una superficie mayor de 10 000 ha.

3.2.2 Texas

Las áreas de Texas que se eligieron para el ensayo de la metodología provisional fueron el Gaines County (condado de Gaines) y una parte del oeste del Estado.

La erosión eólica es el proceso de desertización que predomina en el condado de Gaines, seguida de la degradación de la vegetación. En el oeste de Texas los problemas de mayor importancia son la degradación de la vegetación, la erosión hídrica y la erosión eólica en las tierras labrantías de secano, y la salinización en las tierras regadas. La compactación del suelo (formación de piso de arado) es frecuente en las tierras cultivadas en que se ha venido arando año tras año a la misma profundidad. El encostramiento del suelo en su superficie debido a la golpeadura de la lluvia es común en los suelos arenosos y limosos.

La metodología propuesta se ensayó para la erosión eólica a la escala 1:20 000; para la erosión eólica y la degradación de la vegetación a la escala 1:200 000; y para la erosión eólica, la degradación de la vegetación, la erosión hídrica y la salinización a la escala 1:2 000 000. No se hizo ninguna evaluación de los criterios de encostramiento y cementación del suelo, porque no se disponía de información alguna, ni siquiera en forma de estimaciones.

Los diversos procesos de desertización ensayados se evaluaron de conformidad con la disponibilidad de datos y la posibilidad de estimar los parámetros.

Para las condiciones de Texas hay que hacer observar lo siguiente:

- i) Prácticamente no existen buenos datos, si se exceptúa la información relativa al reconocimiento de suelos.
- ii) No hay mapas en que se represente la cubierta vegetal actual. Los hay de la cubierta vegetal nativa (climax), pero que no sirven para evaluar la degradación. No existen parcelas de ensayo en ninguna parte del área de muestreo para poder determinar la productividad potencial o la actual.
- iii) No existen mapas en los cuales se represente la gravedad de la erosión en cárcavas. Los mapas en que se indica la gravedad de la erosión (hídrica) laminar y en surcos están a escala 1:30 000 000 (que es demasiado pequeña para que los mapas puedan ser útiles).
- iv) No hay absolutamente ningún mapa que muestre en qué lugares es un problema la erosión.
- v) Los datos relativos al número de cabezas de ganado y a la población humana son acumulativos por condados (unidades administrativas que abarcan varios millares de kilómetros cuadrados de superficie). Esto hace imposible separar los datos por regiones áridas, semiáridas y húmedas. Otro tanto puede decirse acerca de los datos referentes al Estado. Por consiguiente, los datos socioeconómicos son de poco o ningún valor en Estados Unidos, donde la población agraria no llega al 5 por ciento de la población nacional. Los cambios en el uso de la tierra carecen de significado, porque tales cambios se hacen en respuesta a políticas del Gobierno, a los precios de los productos agrícolas y ganaderos, etc., y no como consecuencia de la productividad de la tierra.
- vi) Lo que más se necesita, en lo que a la evaluación de la desertización se refiere, es obtener la opinión de personas que conozcan muy bien el área, su economía y su historia.

3.2.3 Alto Volta

Para el estudio se eligió el área de Dori-Oursi, porque era la única de la que resultaba fácil disponer de fotografías aéreas que abarcasen un período de tiempo lo bastante largo (operaciones del IGN de 1956 y de 1981), lo cual permitía comparar objetivamente la vegetación, la hidrografía y los cultivos.

El especialista de Alto Volta considera que la mejor manera de obtener resultados viables acerca de la desertización es mediante el empleo de métodos comparativos de estudio de las fotografías aéreas. Las imágenes aéreas mundiales tomadas por el sistema Trimetrogon en 1942-45 por las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos se podrían utilizar como base fotográfica.

3.2.4 Sudán

En la República de Sudán hay una zona de 650 000 kilómetros cuadrados que está directamente afectada por la desertización. Más de la mitad de la población sudanesa vive en tal zona que es, y ha sido siempre, la región económicamente más activa y en la cual se hallan las ciudades más populosas del país.

Los dos procesos de desertización importantes en Sudán son la erosión eólica y la degradación de la vegetación. Sin embargo, estos dos procesos están mutuamente relacionados, en particular en la región arenosa (Qoz) del norte y el oeste de Sudán.

Los puntos siguientes, sacados de los informes y referentes a la metodología, están resumidos:

- La velocidad crítica del viento capaz de ocasionar deflexión de la arena húmeda está comprendida entre 10,5 m/seg. en diciembre y 17,5 m/seg en febrero, con una media de 14,0 m/seg.
- El excesivo cultivo de secano es una de las causas principales de desertización en la zona semiárida.
- Hace diez mil años no había en Sudán desierto alguno, mientras que en 1958 el desierto se había extendido entre los 16° y los 18° de latitud N, cubriendo el 22 por ciento del área del país.
- El descenso de la productividad de los cultivos principales en la provincia de Kordofan se debe a la desertización.

3.2.5 Túnez

Los especialistas tunecinos consideran que la metodología provisional les permite determinar las zonas afectadas por la desertización y los riesgos consiguientes. Los criterios de determinación hacen posible utilizar estos criterios en cualquier parte de las áreas áridas y en las semiáridas bajas y medianas. No obstante, si se tienen en cuenta los límites de las clases, tal como se los define en la metodología, la aplicación de ésta en las áreas semiárida superior y subhúmeda no da resultados satisfactorios.

Entre las propuestas formuladas por los especialistas de Túnez cabe mencionar las siguientes:

- Utilizar la relación $\frac{\text{superficies aradas}}{\text{superficies sin arar}}$ en lugar de la relación $\frac{\text{superficies arenosas}}{\text{superficie total}}$ que propone la metodología.
- Introducir la relación $\frac{\text{profundidad de la erosión}}{\text{profundidad total}}$
- Evaluar el grado de riesgo según la interacción entre la velocidad de pérdida de suelo superficial y la formación de cárcavas, y la densidad de población humana y el tipo de afloramiento; o en función de la interacción entre la velocidad de los procesos eólicos (deflexión, acumulación, arenamiento) y la frecuencia de vientos violentos.

3.2.6 Siria

Los trabajos en Siria fueron dirigidos por especialistas del ACSAD ^{1/}.

El estado, la velocidad y el riesgo de desertización se estudiaron mediante la evaluación por observación y análisis de los cuatro criterios principales (Apéndice I, Cuadro 4). Los especialistas del ACSAR consideraron que el estado de desertización era siempre fácil de definir y de describir. La velocidad se evaluó con mucha más dificultad durante todas las variaciones y cambios que se observaron en el tiempo dedicado a los trabajos. Se estimó que el aspecto socioeconómico era la parte más importante del proceso de desertización.

La opinión del ACSAD acerca de la metodología se expresa como sigue:

Este estudio es de gran interés para los especialistas del ACSAD en suelos, clima, vegetación y otras disciplinas. Revela el peligro de desertización y la necesidad del uso de la metodología para la evaluación y la representación cartográfica de la desertización.

El estudio de las dos áreas elegidas en Siria ha puesto de manifiesto varias cuestiones. En primer lugar confirma que el proceso de desertización es resultado de la actividad del hombre. Este proceso se puede detener siempre y cuando se respete una buena y sabia ordenación de la tierra y de su cubierta vegetal.

La aplicación de la metodología exige técnicos bien preparados en diversas ramas del saber, p. ej. en suelos, geología, geomorfología, clima, producción vegetal y producción animal.

A continuación se exponen las observaciones hechas acerca de la metodología provisional relativas a los criterios presentados:

Criterios basados en mediciones sobre el terreno: Este grupo de criterios lleva tiempo. Precisa en cantidad limitada un equipo sencillo pero también precisa diversos tipos de especializaciones.

Criterios basados en mediciones de laboratorio: Este grupo requiere bastantes análisis de laboratorio. Algunos de ellos suponen la disponibilidad de un equipo altamente sofisticado que no es de uso común en los países en desarrollo (elementos tóxicos, elementos traza).

Criterios basados en el cálculo estadístico: Estos criterios se podrían obtener mediante cálculos matemáticos. Algunos podrían obtenerse por medio de modelos sencillos y proceso computadorizado.

3.2.7 Pakistán

Para ensayar la aplicabilidad de los criterios sugeridos en la metodología provisional se recurrió al uso de la literatura, de las fotografías aéreas y de los datos del Landsat disponibles y se hicieron observaciones sobre el terreno y entrevistas con agricultores y ganaderos locales.

Las imágenes satelitales tomadas en dos fechas separadas en el tiempo nueve años se estudiaron con la ayuda de un visor adicionador de colores; se formaron composiciones coloreadas para acentuar los efectos de la vegetación y de las arenas movedizas. Se prepararon y analizaron diazo-positivas de las bancas 4, 5 y 7 en "colores simulados" para elaborar los mapas de desertización que se presentan en el informe.

La información referente a suelos, geomorfología y zonas climáticas constituyó la base del estudio de campo. Sin embargo, las observaciones sobre el terreno se reforzaron en datos recogidos mediante entrevistas con agricultores y ganaderos locales.

Se recopilaron datos referentes a las condiciones del suelo, las formaciones de arenas movedizas y la vegetación a lo largo de siete itinerarios de 1,5 km de largo en cuatro diferentes zonas geomorfológicas, edáficas y climáticas.

^{1/} Centro Árabe para el Estudio de las Zonas Áridas y las Tierras Secas.

En la parte del terreno de ensayo afectada por problemas de salinidad y sodicidad (alcalinidad) se trazaron itinerarios, se estudiaron perfiles del suelo, se observaron las profundidades de la saturación de agua y se tomaron muestras de los suelos para determinar la conductividad eléctrica y el porcentaje de sodio cambiante. Se registraron mediciones de campo del pH y en algunas muestras se determinó la conductividad eléctrica sobre el terreno con un conductímetro portátil. Se procuró registrar los cambios respecto de los datos existentes. Los datos de campo se procesaron y compararon con las normas establecidas en la metodología provisional. Se dio una explicación acerca de las discordancias en cuanto a donde éstas ocurrieron. En ciertos lugares se propusieron algunos límites nuevos de los criterios partiendo de la base de las condiciones del área de ensayo en particular y del país en general.

El grupo de Pakistán considera que la metodología provisional ha demostrado ser un instrumento muy útil.

El único inconveniente que presenta su empleo es la falta de los datos necesarios. Pero, así y todo, constituye esta metodología un precioso documento para la formulación de proyectos de lucha contra la desertización.

3.2.8 R.S.S. del Turkmenistán

El territorio de la R.S.S. del Turkmenistán abarca una extensión superficial de 48 800 000 ha, de las que el 92 por ciento son de desierto.

Como resultado de la valoración crítica de la metodología provisional para la evaluación de la desertización, se utilizaron los criterios siguientes:

- Degradación de la cubierta vegetal: presencia de plantas indicadoras, composición por especies (número de especies vegetales), disminución de la productividad de las comunidades de plantas, número de unidades forrajeras por hectárea.
- Erosión eólica: depresiones deflacionadas; porcentaje de superficie cubierta de césped respecto del matorral.
- Erosión hídrica: número de surcos, barrancos y lugares desnudos por kilómetro; estructura de la superficie del terreno; tipo de erosión hídrica; profundidad de los surcos; tipo de relieve; tanto por ciento de superficie con surcos y desnudación; profundidad de la erosión a través de los horizontes del perfil del suelo; velocidad de disminución de los cultivos en suelos erosionados (en porcentaje); densidad de la red hidrográfica; cantidad de suelo removido por unidad de superficie; pendiente del terreno; número de lluvias torrenciales; velocidad de escorrentía.
- Salinización: residuo seco de sales; contenido total de sales; profundidad de la salinización en el perfil del suelo; tipo de salinidad; magnitud de la salinidad de las aguas subterráneas; disminución del rendimiento de algodón; composición por especies de la flora silvestre (para las áreas sin riego); acumulación estacional de sales; altura y densidad de las plantaciones de algodón; red colectora de drenaje existente; sistema agrícola actual (en comparación con el sistema planeado).

Algunos de los criterios propuestos en la metodología provisional no se utilizaron por ser inapropiados para las condiciones de la R.S.S. del Turkmenistán o por falta de la información pertinente.

Se preparó un mapa a pequeña escala de la desertización (1:1 500 000) utilizando fotografías espaciales tomadas desde la nave "Salyut-4", ampliadas a la escala 1:1 000 000. También se emplearon imágenes a escala superfinas tomadas por el "Meteor" y fotografías aéreas a diferentes escalas.

El procedimiento para representar cartográficamente el estado actual de la desertificación comprendía las fases siguientes:

- i) Estudio de los datos obtenidos de la literatura y del ensayo de los criterios propuestos en la metodología provisional.
- ii) Proceso de las imágenes espaciales con ayuda del material disponible.
- iii) Comprobación sobre el terreno del mapa de la desertización.
- iv) Preparación de la versión final del mapa; formulación de los signos convencionales (leyenda); redacción del informe.

Durante los dos años últimos, expertos de la FAO y de diferentes países participantes en el proyecto han hecho mucho para mejorar la metodología de la evaluación de la desertización. También ha colaborado en esta tarea el Instituto de Desiertos de la Academia de Ciencias de la R.S.S. del Turkmenistán. Esto ha permitido evaluar con mayor detalle los criterios de desertización y la metodología cartográfica.

Un aspecto positivo de los criterios recientemente propuestos es su versatilidad. Casi todos los criterios se pueden expresar porcentualmente. Esto facilitará indudablemente la reunión de toda la heterogénea documentación referente a la desertización de los diferentes países.

3.2.9 Australia

La cobertura cartográfica del sistema de tierras de la Australia seca es un notable compromiso de varios organismos y un inventario importante de las características de la tierra. Se consideró útil ensayar si se podría utilizar este recurso en la evaluación y la representación cartográfica de la desertización de acuerdo con las líneas propuestas por la metodología provisional.

Los criterios de desertización empleados en las áreas de ensayo se exponen por separado (véase Apéndice I.D.). También se examinan brevemente otros ciertos criterios que demostraron que no eran aplicables en las áreas de ensayo, pero que se consideraron pertinentes para otras partes del occidente de Nueva Gales del Sur.

Las observaciones que siguen se basan en las opiniones personales expresadas por los autores después de haber aplicado la metodología al área de ensayo. Puede ser que, a la vista de la experiencia de otros investigadores que han aplicado la metodología en diferentes continentes, algunas de las modificaciones sugeridas sean pertinentes sólo para Australia, pero otras quizás tengan una aplicación más amplia.

Todos los asistentes a la reunión del personal australiano a los cuales se les pidió aplicasen la metodología hicieron varias observaciones importantes. He aquí esas observaciones:

- Se supone que muchas áreas del globo, al igual que partes de las áreas de ensayo de Australia, puede que actualmente no experimenten en absoluto desertización alguna; por ello se hace necesario establecer una clase de desertización cero o nula, al menos para el estado y la velocidad de desertización.
- Se reconoce generalmente que las explicaciones sobre cómo calcular los diferentes criterios son demasiado breves y que es preciso mayor detalle. Se cree que sin ello muchos criterios resultan ambiguos.
- La pertinencia de gran parte del primitivo contenido de la metodología provisional relativa a los criterios elegidos para la evaluación y la representación cartográfica de la desertización no está del todo clara.
- Varios criterios climáticos se basan evidentemente en el clima del Sahara y de sus áreas circundantes; para que los criterios climáticos sean de aplicación general se requiere un esquema climático universal.

En lo que se refiere a las posibilidades de evaluación y cartografía de la desertización en Australia mediante el uso de los sistemas de tierras, hay que hacer las observaciones siguientes:

- i) Los sistemas de tierras proporcionan un buen esquema sobre el cual basar la evaluación de la desertización en Australia.
- ii) Los resultados del estudio experimental muestran que como mejor pueden aprovecharse los reconocimientos de los sistemas de tierras para evaluar la desertización es disponiendo de los elementos de los cartógrafos y del personal local de campo de los organismos encargados de la ordenación y la conservación de la tierra.
- iii) Es creencia general que los sistemas de tierras serán de la máxima utilidad para la evaluación y la representación cartográfica de la desertización en las áreas de pastoreo.

3.2.10 Algunos problemas encontrados (datos y cartografía)

Estados Unidos de América

Datos: son muy pocos aquéllos de que se dispone sobre todas las cuestiones, excepción hecha de los suelos.

Escala cartográfica empleada: 1:20 000, 1:200 000, 1:2 000 000. Algunos problemas (p. ej. la salinización) no se pueden representar en los mapas a pequeña escala porque las diferentes áreas con problemas son demasiado reducidas. La salinización, sin embargo, es muy importante económicamente en muchos lugares.

Alto Volta

Datos: en el área estudiada son poquísimos o nulos los datos estadísticos de que se dispone acerca de la densidad de población ganadera y humana.

Escala cartográfica empleada: 1:200 000. Es necesario ampliar o reducir ciertos documentos, ya sea cartográficamente o ya fotográficamente.

Siria

Datos: La aplicación de la metodología entraña una gran labor de cálculo y la existencia de una información exacta sobre el medio ambiente y los criterios referentes a la desertización. Esto se considera condición fundamental para la aplicación de la metodología. Este problema es muy importante para los países en desarrollo donde los datos disponibles sobre la desertización son muy limitados.

Escala cartográfica empleada: Se vio que en las áreas estudiadas en Siria eran posibles las escalas 1:20 000 y 1:45 000, debido a la existencia de fotografías aéreas tomadas en épocas distintas. Para otras regiones no se disponía de tales fotografías y el estudio se efectuó a escala menor. Sería más sencillo realizar esta labor a escala 1:200 000 ó 1:2 000 000.

Pakistán

Datos: La falta de datos era el inconveniente principal. No había datos cuantitativos sobre los rendimientos de las plantas que pudieran servir de base para la agrupación de los diferentes grados de salinidad en una clase de desertización. Esto fue así particularmente cuando se tuvo también en cuenta el grado de ordenación. El índice climático no pudo estudiarse por falta de datos, y los límites señalados son demasiado estrictos para el área.

Escala cartográfica empleada: Área de Faisalabad: 1:250 000. Unas pocas unidades pequeñas tuvieron que omitirse a esta escala. El mapa original se hizo sobre fotografías aéreas a escala 1:40 000. La escala 1:250 000 estaría mejor para representar la velocidad de expansión, mientras que la escala menor resultaría más útil para señalar las áreas con problemas. Para el área de Thal (1:500 000) la escala se cambió a la 1:100 000.

En el caso de las imágenes satelitares se confeccionaron mapas a escala 1:1 000 000. Para una información general de carácter regional y para señalar las áreas con problemas, estas escalas cartográficas son completamente satisfactorias para los criterios estudiados. No obstante, para representar cartográficamente, por ejemplo el desplazamiento de la arena o las dunas movedizas, estas escalas no serían de mucha ayuda y habría que emplear las escalas 1:10 000 a 1:50 000.

4. EVALUACION DE LA METODOLOGIA

La evaluación de la metodología provisional a la luz de los resultados de los ensayos sobre el terreno (Capítulo 3) se realizó en la tercera consulta de expertos en 1982 (12). Este capítulo y el siguiente reflejan las conclusiones y recomendaciones derivadas de esa evaluación.

4.1 EVALUACION DE LOS PROCESOS DETERMINATIVOS

La evaluación de los efectos de la desertización es difícil, sobre todo por la falta de datos suficientes para evaluar la magnitud de la degradación ocurrida de la tierra. Hay que confiar mucho en las observaciones y evaluaciones de personas experimentadas y en las extrapolaciones de los datos recogidos en áreas pequeñas a áreas más extensas. Los modelos matemáticos y conceptuales, tales como la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo para la erosión por el agua pueden ser instrumentos muy útiles para construir estimaciones de la desertización. Los modelos, sin embargo, deben comprobarse mediante datos experimentales. La falta de una copiosa fuente de datos fiables impone una grave limitación a la verificación de la validez de los modelos de degradación de la tierra. Por consiguiente, estos modelos deben utilizarse con cautela.

Se han establecido criterios de evaluación y límites de clases para seis procesos de desertización: degradación de la vegetación, erosión hídrica, erosión eólica, salinización, encostramiento y compactación del suelo (Cuadros 1 a 6). No se han establecido criterios para evaluar la desertización ocasionada por la acumulación excesiva de sustancias tóxicas tales como metales pesados, plaguicidas y contaminantes biológicos. Los datos sobre este último proceso de degradación son escasos y no existe un acuerdo general acerca de cómo evaluar las consecuencias de la acumulación de dichos materiales sobre la superficie del terreno. Solamente se han formulado criterios para el problema causado por el encostramiento del suelo. La razón de ello, una vez más, está en la falta de acuerdo en cuanto a la manera de evaluar objetivamente esos estados indeseables. Únicamente existe acuerdo en lo que respecta a que el problema es un problema importante en algunas áreas.

Los límites numéricos de la asignación de tierra a una de las clases específicas de procesos de desertización tienen por objeto proporcionar normas mediante las cuales se puedan hacer las evaluaciones. El que las normas sean o no sean exactamente correctas es menos importante que el que su uso dé coherencia a las evaluaciones de la desertización. Por ejemplo, si el valor de 85 a 100 por ciento de la productividad potencial se usa uniformemente como norma para la clase "ligera", el usuario del mapa de evaluación comprenderá el significado de "ligera".

Para todos los procesos y aspectos de la desertización, se recomienda la productividad de la tierra como el criterio principal que debe emplearse en la determinación de la clase de desertización a que se asigna una unidad de tierra dada. Como probablemente los datos sobre la productividad máxima de una unidad de tierra (que no esté degradada) se desconocen, habrá que hacer las mejores estimaciones posibles. A pesar del error inherente a tales estimaciones, parece ser que está justificado el esfuerzo que lleva consigo su realización para traducir las clases de desertización a términos fácilmente comprensibles (es decir, rendimientos y pérdidas).

Para calcular la velocidad actual de desertización se recomienda utilizar un período de tiempo de diez años. Un período más corto puede que sea satisfactorio en las tierras regadas, donde la variación climática es mucho menos importante que lo que lo es en los pastizales y en las tierras de secano. En los pastizales y en las tierras de cultivo de secano es posible que incluso diez años sea un tiempo demasiado breve para poder sacar conclusiones válidas acerca de la velocidad de desertización.

4.1.1 Degradación de la cubierta vegetal

La degradación de la vegetación, en el sentido en que se la utiliza en la metodología que se describe en este informe, se refiere a los cambios que ocurren en el tapiz vegetal de los pastizales áridos, semiáridos y subhúmedos, y en las tierras arboladas y las sabanas. La evaluación de la condición de las tierras de pastos es un método bastante corriente de evaluación de la medida en que la población vegetal ha cambiado desde lo que

era antes de que las influencias antropogénicas alterasen la cubierta vegetal. En las regiones templadas las comparaciones se hacen usualmente entre la condición de la comunidad vegetal actual y la condición que se supone prevalecía cuando la comunidad vegetal climax (climática) era dominante. En las regiones tropicales el concepto de comunidades climax generalmente se rechaza o se altera. En su lugar se utiliza el concepto de "mejor productividad posible" para calcular qué pérdida de productividad se ha derivado de los cambios habidos en la comunidad vegetal. Por supuesto que solamente experimentados especialistas en pastizales pueden hacer cálculos razonablemente fiables de la productividad de las actuales comunidades vegetales comparada con la que sería posible mediante el uso de las mejores prácticas de explotación.

Las evaluaciones analíticas de campo de las condiciones de las tierras de pastos no se hacen nunca en áreas extensas. Antes bien, para sacar muestras representativas de estaciones de pastizales, se hace uso de transacciones y cuadrados. Los resultados se extrapolan después al área más extensa. Son corrientes las discrepancias acerca de la evaluación de la condición de los pastizales, porque esa evaluación es en gran parte subjetiva. Las fotografías aéreas tomadas a poca altura (y en dos o más ocasiones), combinadas con estudios sobre el terreno, se pueden utilizar eficazmente para evaluar el estado y la velocidad de desertización. Las imágenes satelitares son por el momento mucho menos satisfactorias.

Las evaluaciones de la tendencia de la condición de los pastizales (velocidad de desertización) se complican por las variaciones climáticas a corto plazo. Durante un período húmedo la condición de los pastizales puede mejorar aun cuando se sobrepase a la larga la capacidad de carga de ganado. Por otra parte, probablemente los pastizales se deteriorarán durante una sequía prolongada aunque no haya en ellos pastoreo. Como consecuencia, las comparaciones de la condición de los pastizales en un período de sólo unos pocos años pueden ser engañosas. Según que la distribución de la humedad haya sido favorable o desfavorable para la producción de hierba en los pastizales, la tendencia de la condición de éstos puede indicar degradación o mejoramiento, independientemente de la intensidad del pastoreo. El basar la evaluación de la desertización en los cambios pasajeros es poco satisfactorio. Los pastizales son especialmente difíciles de evaluar porque el clima oculta los cambios fundamentales sobre que se basa la productividad biológica. Diez años es, pues, el número mínimo de años necesarios para valorar con seguridad la velocidad de desertización.

La evaluación del riesgo inherente de los pastizales consiste en esencia en determinar la sequedad del clima. Cuando más seco sea el clima mayor será la susceptibilidad de la vegetación a la degradación. Las zonas climáticas hiperácidas, una vez desertizadas, son más difíciles de devolver a la plena productividad que las zonas subhúmedas.

4.1.2 Erosión hídrica

Todavía no se han ideado métodos para evaluar sobre el terreno en grandes extensiones la erosión hídrica acelerada. Por otro lado, tampoco abundan los datos disponibles derivados de parcelas de muestra. De ello resulta que muchas de las estimaciones de la magnitud de la erosión ocasionada por el agua se hacen a partir de modelos matemáticos como la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo o de las opiniones de observadores. La manera práctica más exacta de obtener estimaciones de la erosión hídrica consiste en combinar la fotografía aérea a baja cota con las mediciones sobre el terreno. Mediante la interpretación de las fotografías aéreas se pueden hacer cálculos razonablemente satisfactorios del tamaño de los surcos y las cárcavas. La evaluación de la erosión laminar es más difícil, a menos que los subsuelos que tengan reflectancias diferentes se puedan observar fotográficamente.

La erosión laminar se puede calcular sobre el terreno observando las diferencias de coloración - en ciertos suelos - debidas a la pérdida de suelo superficial. A veces la remoción de tierra de alrededor de los árboles y las rocas se puede determinar por el reconocimiento de los niveles anteriores de la superficie del suelo que se aprecian en unos y otras. Raramente, sin embargo, existen buenas indicaciones de la cantidad de suelo perdido por causa de la erosión laminar en los terrenos llanos.

La importancia económica de la erosión del suelo es función de la cantidad de productividad perdida imputable a la erosión. En los suelos poco espesos que descansan sobre la roca madre, una pequeña pérdida de suelo tendrá un efecto desproporcionado en la productividad del mismo si se la compara con una pérdida igual de suelo en un suelo profundo

y permeable. Según esto, los criterios de pérdida de suelo propuestos son diferentes cuando el espesor efectivo del suelo se refiere al espesor del suelo que descansa sobre una capa de suelo que impide o limita considerablemente el desarrollo de las raíces de las plantas (capa inhibidora de las raíces). Se supone que un suelo cuyo espesor efectivo sea superior a metro es óptimo para el crecimiento de las plantas, en tanto que un suelo con un espesor efectivo menor de un metro es subóptimo para tal crecimiento. Los límites de clases propuestos para determinar la gravedad de la erosión en los suelos de espesor superior o inferior a un metro son solamente orientativos. Es claro que no hay ninguna diferencia significativa entre los espesores de 1,1 m y de 0,9 m, pero existe una gran diferencia en cuanto a la productividad potencial entre un suelo de 2 m de espesor y otro cuyo espesor sea de 20 cm.

El riesgo de desertización, en el caso de la erosión hídrica, depende de la pendiente del terreno, de la intensidad de la lluvia, de la cantidad de ésta y de la erosionabilidad del suelo, así como también de la cubierta vegetal y del tipo de las obras y prácticas de conservación empleadas. La pendiente, las precipitaciones y la erosionabilidad del suelo son los factores inherentes que determinan la susceptibilidad a la erosión por el agua. Los factores vegetación y conservación pueden ser manipulados por el hombre.

4.1.3 Erosión eólica

La medición de la erosión eólica es mucho más difícil que la de la erosión hídrica. Aún no se ha ideado un método que dé una determinación fiable de la cantidad de suelo erosionado durante un huracán. Las determinaciones de la erosión eólica pueden verse complicadas también por el cambio de dirección del viento de un minuto a otro o de una a otra estación. El agua no hace más que buscar siempre los niveles más bajos. El viento, en cambio, sopla de todas las direcciones y su velocidad varía por lo común rápidamente durante un mismo huracán.

Sin embargo, no es difícil obtener pruebas de que ha habido o de que hay erosión eólica. La presencia de montículos, dunas, "nebjas" (lomas arenosas), "ripple marks" (rizaduras), estriaciones en las rocas, depresiones originadas por el viento y plantas acribilladas por la arena demuestran el hecho. No es tan sencillo determinar cuánta erosión ha ocurrido, en parte porque los puntos de referencia son pocos; en parte porque los vientos llevan la arena de acá para allá; y en parte también porque es casi imposible descubrir a simple vista una cantidad de tan sólo 30 toneladas por hectárea de suelo movedizo.

El cálculo de las pérdidas de productividad debidas a la erosión eólica se complica por el carácter episódico de las tempestades de polvo. Si ocurre una fuerte tempestad de polvo cuando las plantas son jóvenes, la reducción del rendimiento de las mismas puede llegar a ser grande. Si la tempestad de polvo afecta a plantas ya maduras, el daño puede ser mínimo. El problema se agrava todavía más por las sequías, las estaciones húmedas, las plagas de insectos, los cambios en las prácticas de cultivo y otros factores que influyen en los rendimientos de las plantas. Los datos sobre el rendimiento que datan de poco tiempo son prácticamente inútiles.

La diferenciación entre erosión geológica y erosión acelerada es por lo general más sencilla en el caso de la erosión por el viento que en el de la erosión por el agua. Exceptuadas las regiones hiperácidas, la mayoría de los suelos arenosos que no se ven afectados por un pastoreo excesivo o por la corta de la vegetación leñosa se estabilizan de manera natural. Por lo tanto, las dunas móviles serían generalmente prueba de desertización en las zonas climáticas áridas, semiáridas y subhúmedas.

4.1.4 Salinización

La salinización consiste en el aumento de sales solubles, sodio cambiante y boro en el suelo. La acumulación de sales solubles se asocia por lo general con el anegamiento de las tierras regadas y con la infiltración lateral de agua de lluvia en las áreas de tierras secas. Las depresiones cerradas de las regiones áridas son comúnmente salinas. Las depresiones cerradas salinas reciben nombres diferentes tales como salinas, salares, "chotts", "sebjas" y otros. Los suelos salinos naturales superan con mucho en extensión superficial y contenido de sal a los suelos salinos artificiales. En lo que a la desertización se refiere, solamente interesa la salinidad antropogénica.

La evaluación de la salinización es generalmente más sencilla que la evaluación de cualquier otro proceso de desertización, porque la salinización y sus efectos en las tierras regadas se han estudiado a fondo en países de todas las regiones áridas. Es mucho lo que se sabe acerca de la extensión y la gravedad del problema. Se han desarrollado métodos estándar ampliamente utilizados para medir la salinidad del suelo, el porcentaje de sodio cambiante y el boro soluble. La salinidad y los síntomas de toxicidad por boro en las plantas se reconocen fácilmente, como se reconocen también las acumulaciones excesivas de sal en los suelos.

Mientras que la identificación terrestre de la salinidad es sencilla, la teledetección de la salinización es difícil, excepto en el caso extremo de la aparición de costras de sal sobre la superficie del suelo.

El problema principal que presenta la representación cartográfica de la salinización es el carácter generalmente desigual de la distribución de los suelos afectados por la sal regados. Los suelos salinos por naturaleza, como las salinas, son comúnmente extensos; la salinización antropogénica afecta por lo general a áreas mucho menores de 1 hectárea. Sólo en unos pocos lugares, por ejemplo en los oasis y las llanuras aluviales, hay grandes extensiones más o menos uniformemente salinizadas, debido a las prácticas de riego empleadas.

Los rendimientos de los cultivos son un utilísimo indicador de la salinización en las tierras regadas. Como los rendimientos de estas tierras tienden a fluctuar sólo moderadamente de uno a otro año, la manifestación de una tendencia descendente en el rendimiento durante quizás tres o cinco años, tiene más importancia que la de una tendencia semejante en los cultivos de secano o en los pastizales. Una causa probable de la reducción continuada año tras año del rendimiento en las tierras regadas pudiera ser la salinización.

Un problema considerable, aún sin resolver, en la toma de muestras de suelos para medir la salinidad está en la profundidad del muestreo. Existen muchas posibilidades, por ejemplo: determinar la salinidad media del suelo hasta la profundidad de las raíces de las plantas; tomar muestras nada más que de los primeros centímetros de suelo a contar desde la superficie; profundizar en el muestreo hasta 30 centímetros; sacar muestras de cada horizonte de suelo observable; o utilizar alguna manera de ponderación de los datos según la profundidad del suelo a que difieren las salinidades. En la metodología que se propone, se sugiere generalmente el empleo de la capa de 15 cm comprendida dentro de los primeros 75 cm de suelo a contar desde la superficie (suponiendo que la profundidad a que llegan las raíces de la mayoría de las plantas de cultivo es 75 cm como máximo y que una capa de 15 cm afectada por la sal y comprendida más o menos dentro de los 75 cm de profundidad influiría de manera adversa en los rendimientos de los cultivos).

4.2 CRITERIOS DE EVALUACION DEL ESTADO, LA VELOCIDAD Y EL RIESGO INHERENTE

Los factores y los límites de clases por aspectos de la desertización recomendados para la degradación de la cubierta vegetal, la erosión hídrica, la erosión eólica, la salinización, el encostramiento y la compactación del suelo y la disminución de la materia orgánica se exponen respectivamente en los Cuadros 1, 2, 3, 4, 5 y 6. La velocidad se evalúa para un período medio de diez años.

Cuadro 1

CRITERIOS PARA EVALUAR LA DEGRADACION
DE LA CUBIERTA VEGETAL

ASPECTO DE LA DESERTIZACION	FACTOR DE EVALUACION	LIMITES DE CLASES			
		Ligera	Moderada	Grave	Muy grave
Estado	1) Cubierta vegetal de plantas perennes (%) *	> 50	50 - 20	20 - 5	< 5
	2) Estado de los pastizales (%) de la región conveniente **	> 75	50 - 75	25 - 50	< 25
	3) Productividad actual, (%) de la productividad potencial +	> 85 - 100	65 - 85	25 - 65	< 25
Velocidad	1) Disminución (%) de la producción de biomasa/ha ⁺⁺	< 10	10 - 25	25 - 50	> 50
	2) Degradación del estado de los pastizales (%) anual	< 2,5	2,5 - 5	5 - 7,5	> 7,5
	3) Cortas en tierras arboladas (%) anual sin reemplazo	< 2,5	2,5 - 5	5 - 7,5	> 7,5
	4) Disminución de la producción de forraje, % anual	< 1,5	1,5 - 3,5	3,5 - 7,5	> 7,5
Riesgo inherente	1) Condiciones climáticas para la productividad biológica (kg/ de m.s./ha/año/mm de lluvia)	> 5	5 - 2,5	2,5 - 1	< 1
	2) Potencial de rehabilitación (anual)	< 3	3 - 5	5 - 10	> 10

* Las clases/unidades para la cubierta vegetal variarán para las diferentes asociaciones vegetales.

** La evaluación del estado de los pastizales se puede usar según el concepto de climax cuantitativo de Dyksterhuis (1949).

+ Véase 4.1.

++ Recientes avances han permitido realizar evaluaciones de la biomasa de producción de forraje mediante el empleo de datos satelitares. Cuando se puedan recoger tales datos en un período de 4-10 años será posible hacer una indicación de la velocidad de desertización.

Cuadro 2

CRITERIOS PARA EVALUAR LA EROSION HIDRICA

ASPECTO DE LA DESERTIZACION	FACTOR DE EVALUACION	LIMITES DE CLASES			
		Ligera	Moderada	Grave	Muy grave
Estado	1) Estado superficial (%)	Grava y piedra	Piedras y cantos rodados	Cantos rodados y rocas	Cantos rodados, afloramientos de rocas
		< 10	10 - 25	25 - 50	> 50
	2) Tipo de erosión	Laminar y en surcos. (Ligera a moderada)	Laminar y en surcos. (Moderada a grave)	Laminar, surcos y cárcavas. (Grave)	Laminar, surcos y cárcavas hondas (Muy grave)
	3) Subsuelo al descubierto, % del área	< 10	10 - 25	25 - 50	> 50
	4) Área de cárcavas, % del área total	< 10	10 - 25	25 - 50	> 50
	5) Espesor del suelo (cm)	> 90	90 - 50	50 - 10	< 10
	6) Pérdida de espesor del suelo sobre la capa de inhibición de las raíces, %				
	a) Espesor original del suelo <1 m	25	25 - 50	50 - 75	> 75
	b) Espesor original del suelo >1 m	30	30 - 60	60 - 90	> 90
	7) Productividad actual, % de la productividad potencial	85 - 100	60 - 85	25 - 65	< 25
Velocidad	1) Aumento del área erosionada, % anual	< 1	1 - 2	2 - 5	> 5
	2) Pérdida de suelo, t/ha/año	< 2,0	2,0-3,5	3,5-5,0	> 5,0
	3) Disminución de la producción anual de biomasa, % anual	< 1,5	1,5-3,5	3,5-7,5	> 7,5
	4) Deposition de sedimentos en embalses, cuenca de 500 km ² (m ³ /km ² /año)	< 60	60 - 200	200 - 500	> 500
	Cuenca 500 km ²	< 40	40 - 100	100 - 250	> 250
	5) Pérdida anual de almacenamiento (%)	< 0,2	0,4-0,4	0,4-1,0	> 1,0
Riesgo inherente*	1) Grado de la agresividad climática	< 0,03	0,03-0,06	0,07-0,10	> 0,10
	2) Grado de las condiciones edafo-topográficas	< 1	1 - 2	2 - 3	> 3
	3) Grado de la pérdida potencial de suelo en t/ha/año ⁺	< 5	5 - 15	15 - 25	> 25

* Véase la metodología de la FAO (33).

⁺ Erosión hídrica mecánica con la cubierta vegetal actual, teniendo en cuenta la precipitación anual, el coeficiente de variación mensual y anual de la precipitación, la textura del suelo y las clases de pendiente (33).

Cuadro 3

CRITERIOS PARA EVALUAR LA EROSION EOLICA

ASPECTO DE LA DESERTIZACION	FACTOR DE EVALUACION	LIMITES DE CLASES			
		Ligera	Moderada	Grave	Muy grave
Estado	1) Area superficial cubierta de montículos, % del area	< 5	5 - 15	15 - 30	> 30
	2) Pérdida de espesor del suelo sobre la capa de inhibición de las raíces, %				
	a) Espesor original del suelo < 1 m	< 25	25 - 50	50 - 75	> 75
	b) Espesor original del suelo > 1 m	< 30	30 - 60	60 - 90	> 90
	3) Productividad actual, % de la productividad potencial	80 - 100	65 - 85	25 - 65	< 25
	4) Espesor del suelo (cm)	> 90	90 - 50	50 - 10	< 10
	5) Grava superficial, % de la superficie cubierta	< 15	15 - 30	30 - 50	> 50
Velocidad	1) Aumento del área erosionada, % anual	< 1	1 - 2	2 - 5	> 5
	2) Pérdida de suelo, t/ha/año	< 2,0	2 - 3,5	3,5 - 5,0	> 5
	3) Disminución de la producción anual de biomasa, % anual	< 1,5	1,5 - 3,5	3,5 - 7,5	> 7,5
	4) Cantidad de arena transportada al año sobre la línea de 1 m, m ³ *	< 5	5 - 10	10 - 20	> 20
Riesgo inherente	1) Grupos de erosionabilidad por el viento (textura del suelo)	franca arcillo- arenosa	resto de las cla- ses de textura	arenosa franca	arenosa
	2) Velocidad media anual del viento a 2 m de altura, m/seg	< 2	2 - 3,5	3,5 - 4,5	> 4,5
	3) Frecuencia de viento activo (v ≥ 6 m/seg) (en % del número total de días de viento al año)	< 5	5 - 20	20 - 30	> 33
	4) Grado de la remoción potencial de arena +	< 5	5 - 15	15 - 25	> 25

* Datos de Schiffers (1971). Estos datos se recomiendan teniendo en consideración la interpretación de Hagerdorn. Según Hagerdorn *et al* (34) la cantidad de arena transportada anualmente sobre la línea de 1 m muestra con claridad la importancia del viento para el transporte y la deposición de arena.

+ Véase la metodología de la FAO (33).

Cuadro 4

CRITERIOS PARA EVALUAR LA SALINIZACION

ASPECTO DE LA DESERTIZACION	FACTOR DE EVALUACION	LIMITES DE CLASES			
		Ligera	Moderada	Grave	Muy grave
Estado	1) Indicaciones morfológicas	No hay sales	Manchas de sales	Manchas y micelas de sal	Eflorescencias cristalinas, costras de sal pseudoarenosas o protuberancias
	2) $E_{ce} \times 10^3$, nivel máximo en toda capa de 15 cm dentro de 75 cm desde la superficie del suelo*	< 4	4 - 8	8 - 16	> 16
	3) ESP, nivel máximo en toda capa de 15 cm dentro de 75 cm desde la superficie del suelo ⁺	< 5	5 - 20	20 - 45	> 45
	4) Rendimientos de los cultivos, % de la productividad potencial	85 - 100	65 - 85	25 - 65	> 25
	5) Area superficial afectada adversamente, % del área delimitada	< 5	5 - 20	20 - 50	> 50
	6) Boro, partes por millón en extracto de saturación del suelo	< 0,25	0,25 - 0,5	0,5 - 1,0	> 1,0
	7) Mineralización del agua $EC \times 10^3$ ¥ g/l	< 4 < 2,5	4 - 8 2,5 - 5	8 - 16 5 - 10	> 16 > 10
Velocidad	1) Aumento del área afectada por la sal, % anual	< 1	1 - 2	2 - 5	> 5
	2) Aumento de la $E_{ce} \times 10^3$ en toda capa de 15 cm dentro de 75 cm desde la superficie del suelo, al año	< 0,4	0,4 - 0,8	0,8 - 1,6	> 1,6
	3) Aumento del ESP en toda capa de 15 cm dentro de 75 cm desde la superficie del suelo, al año	< 0,5	0,5 - 2	2 - 4,5	> 4,5
	4) Aumento de boro en el extracto de saturación de suelo, partes por millón, por año	< 0,025	0,025 - 0,05	0,05 - 0,1	> 0,1
	5) Disminución del rendimiento de los cultivos, % anual	< 1,5	1,5 - 3,5	3,5 - 7,5	> 7,5

Cuadro 4 (Cont.)

Riesgo inherente	1) Profundidad media hasta la capa freática, cm **	> 300	300 - 100	100 - 50	< 50
	2) Calidad del agua de riego				
	a) Contenido de sal, g/l	< 0,5	0,5 - 1,5	1,5 - 3,0	> 3,0
	b) EC x 10 ³	< 0,75	0,75 - 2,25	2,25 - 5,0	> 5,0
	c) SAR ⁺⁺	< 4	4 - 7	7 - 10	> 10
	d) RSC#	< 1,25	1,25 - 2,5	2,5 - 4,0	> 4,0
	e) Boro, mg/l	< 0,75	0,75 - 1,5	1,5 - 3,0	> 3,0
	3) Fisiografía/formas del terreno	Llanos	Llanos	Depresiones vestigios de canales	Depresiones y vestigios de canales
	4) Drenaje general	Bueno	Imperfecto	Malo	Malo
	5) Drenaje interno	Moderado	Lento	Muy lento	Muy lento
	6) Prácticas de explotación del suelo y sistemas de drenaje	Buenas/especiales	Moderadas	Malas	Malas
	7) Grado de salinización potencial del suelo ¥	< 0,6	0,6 - 2,4	2,4 - 15	> 15

¥ Valor calculado sobre la base de la relación $\frac{P}{PET}$, la cantidad máxima de sales solubles en los horizontes superiores de los suelos solonchaks, y la ascensión capilar máxima por día relacionada con la textura del suelo (33).

* ECe x 10³ es la conductividad eléctrica del extracto de saturación de suelo en milimhos por centímetro. Los límites se pueden aumentar en 2 milimhos/cm si el suelo es yesífero.

+ ESP es el porcentaje de sodio cambiante del suelo. $ESP = \frac{Na}{CEC} \times 100$ en me/100 de suelo.

** Orientación general para las zonas áridas. Véase la figura 1 para la relación del contenido de sal del agua subterránea con el nivel crítico del agua subterránea.

++ SAR es la relación de absorción de sodio = $\frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$ (Na, Ca, Mg solubles expresados en me/l).

RSC es el carbonato sódico residual $(Ca + Mg) - (CO_3 + HCO_3)$ en me/l.

Cuadro 4 (Cont.)

Notas:

- i) En la evaluación de los efectos adversos de la salinidad y la sodicidad los rendimientos de los cultivos deben utilizarse como un factor orientativo junto con la clase de aptitud de la tierra y la fuente y la velocidad de flujo de retorno interno del agua de riego.
- ii) Al considerar los valores de ES y ESP hay que tener en cuenta el porcentaje de superficie afectada y la disminución del rendimiento de los cultivos y dar a este rendimiento el carácter de criterio decisivo. Análogamente, el espesor de suelo afectado se debe emplear juntamente con los valores de la EC y el ESP y usar la reducción del rendimiento de los cultivos como criterio orientativo.
- iii) En los suelos que contienen yeso el ESP carece de significación. Por ello se debe considerar un valor de la EC, y los límites de la EC para varias clases serían un poco más elevados.
- iv) En los suelos que presentan problemas debidos a un alto ESP, la EC tiene una significación limitada, pero hay que tener presente la interacción del ESP y la permeabilidad del suelo o su drenaje interno. Las necesidades de enmienda del suelo (yeso) se pueden utilizar como factor de orientación.
- v) La interacción de los diferentes criterios habrá de considerarse al calcular el efecto resultante de los problemas de salinidad y sodicidad, utilizando los rendimientos de los cultivos como factor orientativo.
- vi) Los límites de EC, SAR y RSC para el agua de riego con arreglo a los criterios de riesgo serán mayores si el uso de la tierra se reduce al cultivo de invierno. En el verano los efectos perjudiciales de los valores altos de EC, SAR y RSC son mucho mayores que en invierno. La intensidad del cultivo tiene también un efecto modificador.
- vii) Al evaluar el riesgo inherente de desertización la consideración fundamental habrá de ser tratar de saber qué condición prevalecerá al cabo de diez años, respecto de la condición actual. Si no se prevé cambio alguno en diez años, el riesgo es ligero; cuando se prevé el cambio de un escalón en diez años (p. ej. de ligera a moderada o de moderada a grave), el riesgo es grave; y si son más de dos los escalones que se prevé variarán, entonces el riesgo es muy grave (Fig. 2). Igualmente la velocidad se podría determinar por comparación de la condición de diez años atrás con la condición o estado actual.
- viii) Debe considerarse que la clase "ligera" no significa ningún problema o significa un problema insignificante.

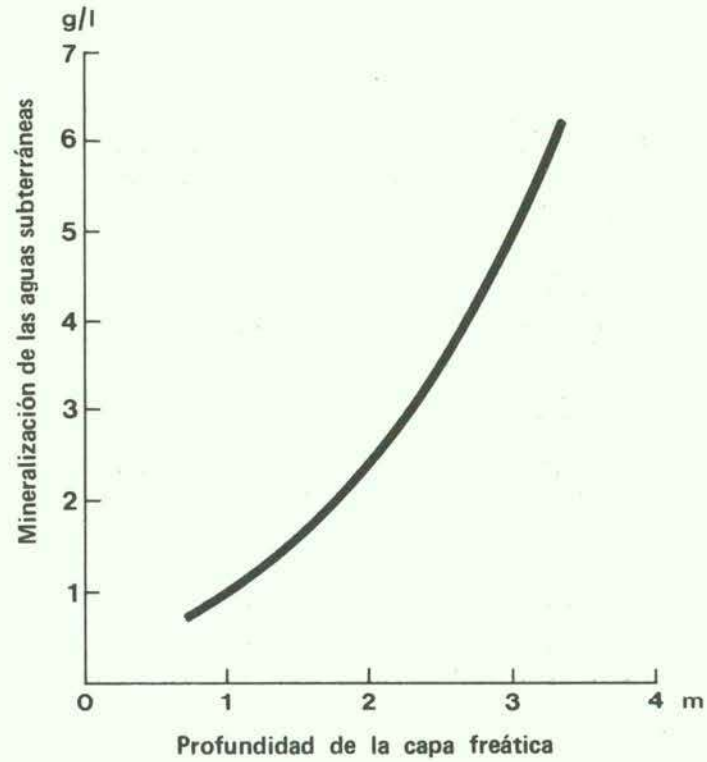


Fig. 1 Relación entre el contenido de sal del agua subterránea y el "nivel crítico del agua subterránea" (Datos de "Irrigation, Drainage and Salinity", FAO/Unesco, 1973)



Fig. 2 Procedimiento para clasificar la "velocidad actual" de desertización por procesos

Cuadro 5

CRITERIOS PARA EVALUAR EL ESTADO DE ENCOSTRAMIENTO
Y COMPACTACION DEL SUELO

FACTOR DE EVALUACION	LIMITES DE CLASE			
	Ligera	Moderada	Grave	Muy grave
Acumulación cálcica ^{1/} y forma de cementación (profundidad en cm)	Acumulaciones generalizadas y nódulos (30 - 50)	Encostramiento (30 - 50) ó acumulaciones generalizadas y nódulos (< 30)	Costra (10 - 30) o encostamiento (< 30)	Costra (< 10)
Acumulación yesosa y forma de cementación (profundidad en cm)	Acumulación de yeso (50 - 100)	Arena yesosa o polvo de yeso (30 - 50)	Polvo de yeso (< 30)	Costra (< 10)
Acumulación de hierro y forma de cementación (profundidad en cm)	Nódulos y concreción (30 - 50)	Encostramiento (30 - 50) ó nódulos y concreción (< 30)	Mineral de hierro (10 - 30) o encostamiento (< 30)	Mineral de hierro (< 10)
Acumulación de dióxido de silicio y forma de cementación (profundidad en cm)	Encostramiento (> 50)	Encostramiento (30 - 50)	Encostramiento (10 - 30)	Encostramiento (< 10)

^{1/} Cuando en el perfil edáfico se encuentran dos o tres formas de acumulación, el horizonte que está más próximo a la superficie debe elegirse como horizonte determinante para evaluar el estado de compactación.

Cuadro 6

CRITERIOS PARA EVALUAR LA DISMINUCION DE
LA MATERIA ORGANICA

Límites de clase	Criterios para el estado	Criterios para la velocidad
Ligera	90 - 100% de la cantidad natural máxima	Disminución de materia orgánica en la superficie < 1% al año
Moderada	70 - 90% de la cantidad natural máxima	Disminución de materia orgánica en la superficie 1 - 3% al año
Grave	30 - 70% de la cantidad natural máxima	Disminución de materia orgánica en la superficie 3 - 7% al año
Muy grave	< 30% de la cantidad natural máxima	Disminución de materia orgánica en la superficie > 7% al año

CRITERIOS PARA EVALUAR LAS SUSTANCIAS TOXICAS

Se propone la disminución de la productividad como indicador de la desertización debida al exceso de sustancias tóxicas en el suelo, en el aire y en el agua. Los límites para la disminución de la productividad son los mismos que para los otros procesos de desertización.

4.3 EVALUACION DE LOS PELIGROS DE DESERTIZACION

Para evaluar los peligros de desertización hay que considerar:

- i) La susceptibilidad natural de la tierra a la desertización; (véase 4.2 donde se trata de la evaluación del estado, la velocidad y el riesgo inherente); y
- ii) Los factores artificiales (presiones antropozoógenas)

Para los fines de la metodología descrita se ha convenido que los principales elementos que habrá que tener presentes al cuantificar los factores artificiales 1/ sean los siguientes:

- presión del ganado sobre el medio ambiente
- presión de la población humana sobre el medio ambiente

4.3.1 Cálculo de la presión del ganado sobre el medio ambiente

i) Densidad ganadera actual

La densidad actual de ganado se puede calcular considerando la unidad ambiental de tierra (p. ej. asociaciones de suelos, sistemas de tierras, zonas agroecológicas) e integrando la información disponible por áreas administrativas, p.ej.:

- información sobre la distribución geográfica de los diferentes tipos de ganado (p. ej., mapas de puntos).
- Datos estadísticos sobre diferentes tipos de ganado por áreas administrativas.

Para la conversión de los distintos tipos de ganado a unidades ganaderas estándar (250 kg de peso en vivo) se aplican los siguientes factores: cabras - multiplicar la población por 0,1; ovejas - multiplicar por 0,1; vacunos - por 0,8; camellos - por 1,1; búfalos - por 1,0; cerdos - por 0,3; caballos - por 1,0; asnos - por 0,8; mulos - por 1,0.

ii) Capacidad potencial de carga de ganado

La capacidad potencial de carga ganadera se puede calcular mediante observaciones directas sobre el terreno y por los conocimientos locales. Si no es posible seguir este procedimiento, o si falta información, los cálculos se pueden basar en una estimación de la producción potencial de forraje a partir de la cual el forraje consumible se deriva con tres niveles de insumos. Le Houérou y Hoste (35) han establecido las siguientes relaciones entre las precipitaciones (R) y la producción de forraje consumible (CF) para las zonas mediterránea (precipitaciones invernales) y sahelo-sudanesa (precipitaciones estivales).

$$CF \text{ (precipitaciones invernales)} = 2,17 \times R - 103,7$$

$$CF \text{ (precipitaciones estivales)} = 1,03 \times R - 42,2$$

Para otras regiones bioclimáticas habrá que formular nuevas relaciones.

1/ La disminución de las áreas forestales es un elemento importante para evaluar la desertización (1) (19) (27), pero la actual falta de datos precisos no permite el desarrollo de parámetros para uso en esta metodología. Sin embargo, la disminución de las áreas forestales se puede evaluar por ahora empleando los datos disponibles del área objeto de estudio relativos a la superficie de montes y tierras arboladas, a la reducción de la superficie de montes en un período de diez años al menos, a las necesidades de energía de la población y a los datos sobre la corta de árboles.

La aplicación de esta relación a las áreas subhúmeda, semiárida y árida proporciona una estimación del potencial climático de producción de forraje consumible para los suelos de tierras altas "de calidad media". Para llegar a los potenciales de las tierras se tienen en cuenta las condiciones edáficas y se considera en qué medida las condiciones edáficas de los suelos representados cartográficamente (p. ej. las unidades de suelos FAO/Unesco) se corresponden o no se corresponden con los requisitos que han de reunir los suelos para la producción de forraje. Si todas las características de una unidad de suelos son óptimas para la producción de forraje se sugiere que el potencial climático se aumente en 25 por ciento; si una o más características del suelo no son favorables para la producción de forraje (alcalinidad, horizonte sulfúrico, elevado contenido de carbonato de calcio, textura gruesa y poca fertilidad) se propone que el potencial climático se rebaje en 25 por ciento. En los casos de graves limitaciones de una o más de una de las características (alta salinidad, profundidad menor de 10 cm) se sugiere que el potencial climático se disminuya en 50 por ciento).

Para la conversión de los cálculos de la producción de forraje consumible (CF) en cálculos de la capacidad de carga de ganado (densidad ganadera potencial) se supone una necesidad diaria de mantenimiento de 2 por ciento del peso vivo por día (2 000 kg/año para una unidad ganadera estándar).

Ejemplo de cálculo

Localidad: Argelia, depresión de Hodna (precipitaciones invernales).

Nivel de insumo: bajo.

Precipitación anual: 200 mm.

Suelo: Yermosol háplico (clasificación FAO/Unesco).

Potencial climático: $CF = 2,17 \times R - 103,7 = 330 \text{ kg/ha}$.

Corrección edáfica del potencial climático (disminución de 25%):

$CF = 248 \text{ kg/ha}$.

Capacidad potencial de carga de ganado = $248/2\ 000 = 0,12 \text{ unidades ganaderas/ha}$.

iii) Presión del ganado

La comparación de la capacidad potencial de carga de ganado y las densidades actuales proporcionan una indicación de la presión ganadera potencial sobre el medio ambiente. Las relaciones menores que 1,0 indican que la densidad ganadera actual es mayor que la potencial. La presión ganadera se puede clasificar, según las relaciones obtenidas, de la manera siguiente:

<u>Relación entre la capacidad potencial de carga de ganado y la densidad ganadera actual</u>	<u>Densidad ganadera actual en porcentaje de la capacidad potencial de carga de ganado/densidad ganadera actual</u>	<u>Presión del ganado</u>
< 0,5	200	Muy grande
0,5 - 1,0	100 - 200	Grande
1,0 - 1,5	66 - 100	Moderada
1,5 - 5,0	20 - 66	Ligera

4.3.2 Cálculo de la presión del hombre sobre el medio ambiente

i) Densidad actual de población humana

La densidad actual de población humana se puede calcular por la integración de la información relativa a la distribución geográfica de la población (p. ej. mapas de puntos) y los datos estadísticos por áreas administrativas por las unidades cartográficas ambientales que se empleen.

ii) Capacidad potencial de carga de población humana

La capacidad potencial de carga de población humana se puede calcular mediante la metodología que se describe en el informe "Potential Population Supporting Capacities of Lands in the Developing World" (FAO/UNFPA/IIASA, 1983). Este informe incluye mapas de zonas de distinta duración del período de crecimiento de la capacidad potencial de carga demográfica a tres niveles de insumos del mundo en desarrollo a la escala de 1:10 000 000.

"En el método establecido para calcular los potenciales, inicialmente, se determinan los potenciales de producción específicos por cultivos en régimen de secano, mediante la delimitación y el análisis de zonas agroecológicas, estableciendo una correlación entre las exigencias edáficas y climáticas identificables de los cultivos con los inventarios de suelos y climas.

En el inventario climático se toman en cuenta tanto los regímenes de temperatura (climas principales) como las condiciones de humedad (zonas con período de crecimiento de distinta longitud). Los datos sobre recursos edáficos proceden del Mapa Mundial de Suelos FAO/Unesco, a escala 1: 5 000 000, que también se utiliza como base física del mapa del inventario de tierras.

La superposición del inventario climático al Mapa de Suelos, permite delimitar zonas de tierras únicas cuyas condiciones edáficas y climáticas son conocidas y cuantificadas. La comparación de las características climáticas y edáficas de la tierra, proporcionada por los inventarios, con las exigencias de los cultivos permite evaluar la idoneidad de la tierra respecto a la producción de cultivos en régimen de secano.

Los cultivos considerados figuran entre los que se siembran en forma más generalizada en todo el mundo, y comprenden: mijo perla, sorgo, maíz, arroz, trigo, soja, frijoles Phaseolus, batata, papa, yuca, maní, banano, plátano, caña de azúcar, palma de aceite y pastos/ganadería.

Cada una de las zonas del inventario de las tierras se analiza por separado con respecto a estos cultivos y a la producción de pastos para el ganado, a fin de determinar qué cultivo o cultivos son los más productivos en las condiciones edáficas y climáticas únicas de la zona. Antes de este análisis, se deducen las tierras requeridas para usos no agrícolas, por los sistemas de riego y por las necesidades del período de descanso (barbecho). También se tienen en cuenta las limitaciones debidas a los peligros de degradación y a los diversos cultivos actualmente sembrados, de acuerdo con los niveles de insumos.

Se suman los resultados de las zonas apropiadas a fin de obtener los potenciales de calorías (proteínas) correspondientes a cada uno, con el período de crecimiento de distinta longitud de cada país. Una vez determinada la combinación que corresponde a la producción potencial máxima de calorías (proteínas), incluido el aporte actual y proyectado de las zonas de regadío, la aplicación de las necesidades de calorías (proteínas) per cápita específicas por países, determinadas por la FAO y la OMS, permitirá calcular la capacidad potencial de carga demográfica de cada zona en los países respectivos.

Estas evaluaciones de la densidad demográfica se comparan, por último, con los datos actuales de la población (año 1975) y proyectados (año 2000)."

Ejemplo de cálculo simplificado

Extensión total de la unidad de tierra = 1 000 ha.

Producción potencial de los cultivos según las condiciones edáficas y climáticas (regímenes de temperatura y humedad):

Cultivo	Area ha	Rendimiento (t/ha)	Producción potencial	Producción anual potencial <u>1/</u>	Equivalente calórico Kcal/kg	Kcal x 10 ⁶ <u>2/</u>
Maíz en seco	300	0,5	150	45	3 270	147
Sorgo en seco	200	0,4	80	32	3 080	98
Legumbres en seco	100	0,2	20	10	3 410	34
Maíz regado	50	3,0	150	150	3 270	490
Ganado	300	0,01	3	3	2 380	7
Total	950			240		776

1/ La extensión de tierra de que se dispone anualmente para la producción, teniendo en cuenta las necesidades del período de barbecho, a niveles bajos de insumos es: para el maíz, 30 por ciento; para el sorgo, 40 por ciento; para las legumbres, 50 por ciento, y para el maíz regado y la producción ganadera, 100 por ciento.

2/ Los equivalentes calóricos para los cultivos se dan en el informe "Land Resources for Populations of the Future" (17).

- Necesidades de tierra no agrícola = 50 ha (0,05 ha por persona)

- Necesidad nacional de calorías
per cápita = 2 280 Kcal/por día, o
2 280 x 365 = 832 200 Kcal/año

- Capacidad potencial de carga
de población humana = $\frac{\text{producción total de calorías}}{\text{necesidad per cápita y año}}$
= $\frac{776 \times 10^6}{832 \times 200} = 933$
ó 0,9 de persona por hectárea

- Población actual = 1,3 persona/día

- Presión de la población humana
sobre el medio ambiente = $\frac{\text{capacidad potencial de carga demográfica}}{\text{población actual}}$
= $\frac{0,9}{1,3} = 0,7$ o más

iii) Presión de la población humana

La comparación de la capacidad potencial de carga de población humana y la densidad actual de población humana proporciona una indicación de la presión de esta población sobre el medio ambiente. Las relaciones menores que 1,0 indican que la población actual es mayor que la potencial.

La presión demográfica o de la población humana se puede clasificar, según las relaciones obtenidas, de la manera siguiente:

<u>Relación entre la capacidad potencial de carga humana y la población actual</u>	<u>Población actual en % de la capacidad potencial de carga humana</u>	<u>Presión de la población humana</u>
< 0,5	> 200	Muy grande
0,5 - 1,0	100 - 200	Grande
1,0 - 1,5	66 - 200	Moderada
> 1,5	< 66	Ligera

iv) Aplicación de las evaluaciones de la presión de la población humana y de la del ganado a la evaluación de los peligros de desertización

La información obtenida acerca de la presión de la población humana de la ganadera pueden representarse en mapas. A continuación se presentan combinaciones propuestas de valores numéricos de tales presiones.

Cuadro 7 CRITERIOS PARA EVALUAR LAS PRESIONES GANADERA Y HUMANA SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

<u>Ganadería actual en % de la capacidad potencial de carga de ganado</u>	<u>Presión ganadera</u>	<u>Población humana actual en % de la capacidad potencial de carga demográfica</u>	<u>Presión de la población humana</u>
> 200	(muy grande)	> 200	(muy grande)
> 200	(muy grande)	100 - 200	(grande)
> 200	(muy grande)	66 - 100	(moderada)
> 200	(muy grande)	20 - 66	(ligera)
100 - 200	(grande)	100 - 200	(grande)
100 - 200	(grande)	66 - 100	(moderada)
100 - 200	(grande)	20 - 66	(ligera)
66 - 100	(moderada)	66 - 100	(moderada)
66 - 100	(moderada)	20 - 66	(ligera)
20 - 66	(ligera)	20 - 66	(ligera)
100 - 200	(grande)	> 200	(muy grande)
66 - 100	(moderada)	> 200	(muy grande)
20 - 66	(ligera)	> 200	(muy grande)
66 - 100	(moderada)	100 - 200	(grande)
20 - 66	(ligera)	100 - 200	(grande)
20 - 66	(ligera)	66 - 100	(moderada)

5. REPRESENTACION CARTOGRAFICA DE LA DESERTIZACION

5.1 ESCALA DE LOS MAPAS

Son varios los procedimientos que se pueden utilizar para inventariar y representar cartográficamente el estado, la velocidad, el riesgo y el peligro de desertización. El método mejor consiste en hacer determinaciones cuantitativas de los cambios que han ocurrido y de la susceptibilidad a los cambios. Para los mapas detallados se necesitan procedimientos de realización sobre el terreno o procedimientos de teledetección muy detallados. A medida que el detalle de los mapas disminuye aumenta la conveniencia del empleo de la detección aérea y satelitar.

A las escalas de 1:10 000 - 1:50 000 deberán efectuarse, siempre que ello sea posible, mediciones directas, sobre el terreno, de los indicadores anteriormente descritos. Se pueden usar ecuaciones como las formuladas para las erosiones hídrica y eólica para calcular las pérdidas de suelo en los casos en que no se pueden realizar mediciones directas - generalmente de la situación. Cuantos menos supuestos se hagan mayor será la probabilidad de que las evaluaciones efectuadas sean razonablemente correctas. Los mapas temáticos (condición de los pastizales, erosión, salinidad) deberán contrastarse con las condiciones reales con el fin de determinar su actualidad.

Las escalas 1:100 000 - 1:250 000 exigen la generalización de los datos. La generalización puede realizarse directamente por (1) la agregación de unidades cartográficas más detalladas, (2) la combinación de mapas temáticos a pequeña escala, ó (3) el análisis original de fotografías aéreas tomadas a cota elevada y de imágenes satelitares y la recogida de datos fiables sobre el terreno en las áreas objeto de estudio. Asimismo se puede calcular el grado de desertización, luego de haber asignado valores a los diversos factores que le afectan, o se le puede evaluar en una escala cualitativa que refleje los puntos de vista de personas bien informadas.

Para la elaboración de mapas a escala 1:1 000 000 - 1:2 500 000 y menores, las imágenes tomadas desde satélites resultan especialmente útiles cuando se han hecho adecuadas observaciones sobre el terreno y cuando hay personas experimentadas capaces de interpretar dichas imágenes. Las imágenes satelitares son particularmente valiosas en el trazado de límites fisiográficos y de vegetación principales. En estos mapas a escala pequeña sólo se pueden representar interpretaciones aproximadas de las condiciones del terreno. La interpretación se basará generalmente en una clasificación de los factores ambientales y en la experiencia personal. Las fuentes de información comprenden mapas del suelo y de la vegetación, mapas geológicos, fotografías aéreas, imágenes satelitares, datos sobre el clima, mapas del uso de la tierra, mapas topográficos y otros. También se puede recomendar el modelo matemático preparado para compilar los mapas de desertización de Africa.

5.2 TIPO DE RESOLUCION PARA LA REPRESENTACION CARTOGRAFICA

La finalidad de los mapas es mostrar las causas y la dinámica de la desertización respecto del propio proceso y de la vulnerabilidad del medio ambiente a la desertización. Los mapas se deben usar para el pronóstico de la desertización y para planear medidas preventivas o de lucha contra ella.

Al parecer, bastan cuatro clases de desertización para mostrar su intensidad: ligera, moderada, grave (o alta), y muy grave (o muy alta).

La categoría "muy grave" representa la condición extrema que en general se asocia con la desertización. Se trata en este caso de tierras tan gravemente degradadas que su utilidad para el hombre o los animales es prácticamente nula y cuya degradación es económicamente irreversible para la mayoría de las finalidades.

Las representaciones que se hacen en los mapas son por lo común combinaciones de diferentes clases de desertización. Por ejemplo, un área representada como moderadamente desertizada puede comprender manchones de terreno ligeramente desertizados y gravemente desertizados. Las orientaciones formuladas para determinar la clasificación cartográfica de cualquier área representada son las siguientes:

Clasificación cartográfica	Porcentaje de superficie en las varias categorías de desertización
Desertización ligera	30% de superficie en la categoría ligera 30% de superficie en la categoría moderada 40% de superficie en las categorías grave y muy grave
Desertización moderada	30% de superficie en la categoría ligera 30% de superficie en la categoría moderada 40% de superficie en las categorías grave y muy grave
Desertización grave	30% de superficie en la categoría ligera 40% de superficie en las categorías grave y muy grave 30% de superficie en la categoría muy grave
Desertización muy grave	40% de superficie en las categorías grave y muy grave 20% de superficie en la categoría ligera 30% de superficie en la categoría muy grave

En los Cuadros 8, 9, 10, 11, 12 y 13 se presenta el tipo de resolución para diferentes escalas cartográficas por aspecto, proceso y factores de evaluación. El significado de los símbolos empleados en los cuadros es el siguiente:

A = datos analíticos, Am = datos meteorológicos, M = metodos paramétricos o matemáticos, N = interpolación de la información existente, F = observación y mediciones sobre el terreno y mapas, LP = fotografías aéreas a gran escala, SP = fotografías aéreas a pequeña escala, SI = imágenes satelitares, T = mapas topográficos.

Cuadro 8

TIPO DE RESOLUCION PARA LA REPRESENTACION CARTOGRAFICA
DE LA DEGRADACION DE LA CUBIERTA VEGETAL

ASPECTO DE LA DESERTIZACION	FACTOR DE EVALUACION	TIPO DE RESOLUCION PARA LAS DIFERENTES ESCALAS CARTOGRAFICAS		
		1:10 000	1:100 000	1:1 000 000
		a	a	a
		1:50 000	1:250 000	1:2 500 000
Estado	1) Cubierta vegetal de plantas perennes (%)	F, LP	SP	N, SI
	2) Estado de los pastizales (%) de la vegetación conveniente	F, LP	N	N
	3) Productividad actual, % de la productividad potencial	F	N	N
Velocidad	1) Disminución en % de la producción de biomasa/ha	F, LP	N, SP	N, SI
	2) Degradación del estado de los pastizales, % anual	F	N	N
	3) Cortas de tierras arboladas, % anual sin reemplazo	F, LP	N	N
	4) Disminución de la producción de forraje, % anual	F, LP	N	N
Riesgo inherente	1) Condiciones climáticas para la productividad biológica (kg de m.s./ha/año/mm de lluvia)	F, Am	Am, N	Am, M
	2) Potencial de rehabilitación (anual)	F, Am	Am, N	Am, N

Cuadro 9

TIPO DE RESOLUCION PARA LA REPRESENTACION CARTOGRAFICA
DE LA EROSION HIDRICA

ASPECTO DE LA DESERTIZACION	FACTOR DE EVALUACION	TIPO DE RESOLUCION PARA LAS DIFERENTES ESCALAS CARTOGRAFICAS		
		1:10 000	1:100 000	1:1 000 000
		a	a	a
		1:50 000	1:250 000	1:2 500 000
Estado	1) Estado superficial (%)	F, LP	SP, N	SI, N
	2) Tipo de erosión	F, LP	SP	SI
	3) Subsuelo al descubierto, % del área	F, LP	SP, N	SI, N
	4) Area de cárcavas, % del área total	F, LP	SP	SI
	5) Pérdida de espesor del sue- lo sobre la capa de inhibi- ción de las raíces, %	F, LP	N	N
	6) Productividad actual, % de la productividad potencial	F	N	N
Velocidad	1) Aumento del área erosionada, % anual	F, LP	SP	SI
	2) Pérdida de suelo t/ha/año	F, LP	M, SP	M, SI
	3) Disminución de la produc- ción anual de biomasa, % anual	F	N	N
	4) Deposición de sedimentos en embalses (m ³ /km ² /año)	F, M	M, N	M, N
	5) Pérdida anual de almacena- miento, %	F, M	M, N	M, N
Riesgo inherente	1) Grado de la agresividad climática	Am, M	N, M	M
	2) Grado de las condiciones edafo-topográficas	M	M	M
	3) Grado de la pérdida potencial de suelo	F,T,M	M, N	M

Cuadro 10

TIPO DE RESOLUCION PARA LA REPRESENTACION CARTOGRAFICA
DE LA EROSION EOLICA

ASPECTO DE LA DESERTIZACION	FACTOR DE EVALUACION	TIPO DE RESOLUCION PARA LAS DIFERENTES ESCALAS CARTOGRAFICAS		
		1:10 000	1:100 000	1:1 000 000
		a	a	a
		1:50 000	1:250 000	1:2 500 000
Estado	1) Area superficial cubierta de montículos, % del área	F, LP	SP	SI
	2) Pérdida de espesor del suelo sobre la capa de inhibición de las raíces, %	F, LP	N	N
	3) Productividad actual, % de la productividad potencial	F	N	N
	4) Espesor del suelo (cm)	F, LP	SP, N	N
	5) Grava superficial, % de la superficie cubierta	F, LP	SP, N	N
Velocidad	1) Aumento del área erosionada, % anual	F, LP	SP	SI
	2) Pérdida de suelo, t/ha/año	F	N	N
	3) Disminución de la producción anual de biomasa, % anual	F	N	N
	4) Cantidad de arena transportada al año sobre la línea de lm, m ³	F, LP	SP, N	SI, N
Riesgo inherente	1) Grupos de erosionabilidad por el viento	F,A,LP	SP, N	SI, N
	2) Velocidad media anual del viento a 2 m de altura, m/seg	Am	Am	Am
	3) Frecuencia de viento activo ($v \geq 6$ m/seg) (en % del número total de días de viento al año)	Am, M	Am, M	Am, M
	4) Grado de la pérdida potencial de suelo	M	M	M

Cuadro 11

TIPO DE RESOLUCION PARA LA REPRESENTACION CARTOGRAFICA
DE LA SALINIZACION

ASPECTO DE LA DESERTIZACION	FACTOR DE EVALUACION	TIPO DE RESOLUCION PARA LAS DIFERENTES ESCALAS CARTOGRAFICAS		
		1:10 000	1:100 000	1:1 000 000
		a	a	a
		1:50 000	1:250 000	1:2 500 000
Estado	1) Indicaciones morfológicas	F, LP	SP	N
	2) $E_{Ce} \times 10^3$, nivel máximo en toda capa de 15 cm dentro de 75 cm desde la superficie del suelo	A, F, LP	N, SP	N
	3) ESP, nivel máximo en toda capa de 15 cm dentro de 75 cm desde la superficie del suelo (poros tubulares = 1 mm de diámetro)	A, F	N	N
	4) Rendimientos de los cultivos, % de la productividad potencial	F	N	N
	5) Area superficial afectada adversamente, % del área delimitada	F, LP	SP, N	SI, N
	6) Boro, parte por millón en extracto de saturación de suelo	A	N	N
	7) Mineralización del agua	A	N	N
Velocidad	1) Aumento del área afectada por la sal, % anual	F, LP	SP	SI, N
	2) Aumento de la $E_{Ce} \times 10^3$ en toda capa de 15 cm dentro de 75 cm desde la superficie del suelo, al año	A, F	N	N
	3) Aumento del ESP en toda capa de 15 cm dentro de 75 cm desde la superficie del suelo, al año	A, F	N	N
	4) Aumento de boro en el extracto de saturación de suelo, parte por millón por año	A	N	N
	5) Disminución del rendimiento de los cultivos, % anual	F	N	N

Cuadro 11 (Cont.)

Riesgo inherente	1) Profundidad media hasta la capa freática, cm	F	N	N
	2) Calidad del agua de riego	F	N	N
	3) Fisiografía/formas del terreno	T, F	T, N	N
	4) Drenaje general	T, F	SP, N	N
	5) Drenaje interno	F	N	N
	6) Prácticas de explotación del suelo y sistema de drenaje	F	N	N
	7) Grado de la salinización potencial del suelo	M	M	M

Cuadro 12 TIPO DE RESOLUCION PARA LA REPRESENTACION CARTOGRAFICA
DEL (ESTADO) DE ENCOSTRAMIENTO Y
COMPACTACION DEL SUELO

FACTORES DE EVALUACION	TIPO DE RESOLUCION PARA LAS DIFERENTES ESCALAS CARTOGRAFICAS		
	1:10 000	1:100 000	1:1 000 000
	a	a	a
	1:50 000	1:250 000	1:2 500 000
Acumulación cálcica y forma de cementación (profundidad en cm)	F, LP	SP, N	SI, N
Acumulación yesosa y forma de cementación (profundidad en cm)	F, LP	SP, N	SI, N
Acumulación de dióxido de silicio y forma de cementación (profundidad en cm)	F,A, LP	SP, N	SI, N

Cuadro 13 TIPO DE RESOLUCION PARA LA REPRESENTACION CARTOGRAFICA
DE LA DISMINUCION DE LA CANTIDAD
DE MATERIA ORGANICA

ASPECTO DE LA DESERTIZACION	TIPO DE RESOLUCION PARA LAS DIFERENTES ESCALAS CARTOGRAFICAS		
	1:10 000	1:100 000	1:1 000 000
	a	a	a
	1 50 000	1:250 000	1:2 500 000
Estado	A, F	N	N
Velocidad	A	N	N

EXCESO DE SUSTANCIAS TOXICAS

Se necesitan observaciones de campo y datos analíticos para las diferentes escalas con vistas a la determinación de la presencia de basuras de centros urbanos y de residuos industriales, radiactivos o de productos petrolíferos en los alrededores de las poblaciones, las áreas industriales y las minas.

5.3 COMPILACION DE LOS MAPAS

Como ya se ha indicado, los aspectos, procesos y clases de desertización deben aparecer en los mapas de desertización. En los párrafos que siguen se describen las metodologías para la compilación de los mapas.

5.3.1 Para el estado de desertización

Según cual sea la escala del mapa, se pueden utilizar los siguientes elementos para representar cartográficamente el estado de desertización; fotografías aéreas, imágenes satelitales, mapas edafológicos y fitoecológicos y todos los demás mapas en que se pueda encontrar cierta información referente a los procesos de desertización (esto es, geomorfológicos, geológicos, hidrogeológicos, de uso de la tierra, etc.). También se pueden emplear mapas temáticos como base para los mapas de desertización.

Los principales elementos que hay que tener en cuenta al elaborar un mapa sobre el estado de desertización por procesos dominantes son:

i) Salinización

Superficie afectada por sales solubles, grado de salinidad y de alcalinidad del suelo, disminución del rendimiento de los cultivos por causa de la salinidad y grupos de vegetación que indiquen la presencia de sales en el suelo o en las aguas subterráneas.

ii) Erosión eólica

Extensión superficial cubierta de capas de arena, montículos y dunas, superficie cubierta de grava, disminución de los rendimientos de los cultivos por causa de la erosión eólica, grupos de vegetación que indiquen acumulación de arena debida al viento.

iii) Erosión hídrica

Estado superficial, presencia de subsuelo, superficie afectada por cárcavas (hendeduras), grupos de vegetación característica que crece en suelos esqueléticos.

iv) Degradación de la cubierta vegetal

Condiciones de los pastizales, cubierta vegetal, biomasa.

v) Encostramiento y compactación del suelo

Presencia, cerca de la superficie, de cementación debida a acumulaciones calcáreas, yesosas, de hierro y de silicio, y de grupos de vegetación que indiquen la presencia de tal cementación en el suelo.

Áreas desérticas

El mapa de desertización debe incluir la representación de las áreas desérticas existentes. Deberán tenerse en cuenta las características siguientes: presencia de afloramientos rocosos, pavimento desértico, dunas activas y manchas salinas sin plantas.

Para la representación cartográfica del estado de desertización se han adoptado y se proponen los siguientes principios:

i) El orden de prioridad de los procesos es el siguiente:

salinización erosión eólica erosión hídrica encostramiento y compactación
degradación de la cubierta vegetal. La disminución de la materia orgánica no es preciso representarla en los mapas, a no ser en casos especiales, pero la información de que se disponga se deberá utilizar en las notas explicativas. Las áreas sometidas a "Exceso de sustancias tóxicas" deberán representarse en los mapas mediante símbolos especiales.

- ii) Los procesos dominantes se indican con letras mayúsculas en la simbología del mapa:
S = salinización; E = erosión eólica; W = erosión hídrica; C = encostramiento y compactación; V = degradación de la cubierta vegetal.

5.3.2 Para la velocidad de desertización

Se recomiendan las observaciones y mediciones directas para evaluar y representar cartográficamente la velocidad de desertización. Los criterios necesarios por procesos son como sigue:

- i) Salinización
Velocidad de aumento en las áreas afectadas por la sal o incremento de la salinidad, ESP y boro en los suelos, así como también disminución de la producción agrícola.
- ii) Erosión eólica
Expansión de la superficie afectada por el desplazamiento de arena, la pérdida de suelo y la disminución de la producción anual de biomasa.
- iii) Erosión hídrica
Expansión del área con subsuelo al descubierto o de la superficie afectada por cárcavas, pérdida de suelo y depósitos sedimentarios en embalses, o pérdida anual de almacenamiento y disminución de la producción anual de biomasa.
- iv) Degradación de la cubierta vegetal
Disminución de la producción de biomasa, aumento de la relación entre arbustos y cubierta herbácea, disminución de la superficie de tierras arboladas, tendencia de la cubierta de pastos.
- v) Encostramiento y compactación del suelo
La velocidad no puede evaluarse.

5.3.3 Para el riesgo inherente de desertización

Para evaluar el riesgo inherente se recurre a la susceptibilidad natural de la tierra a la desertización. Esto se puede hacer mediante la observación directa o por el método paramétrico.

Los principales elementos que hay que considerar por la observación directa son los que siguen:

Salinización:	Profundidad de la capa freática y calidad del agua de riego. Fisiografía, drenaje y prácticas de ordenación del suelo.
Erosión eólica:	Grupos de erosionabilidad por el viento, velocidad media anual del viento y frecuencia de vientos activos.
Erosión hídrica:	Precipitaciones, pendiente y textura del suelo.
Degradación de la cubierta vegetal:	Condiciones climáticas para la productividad biológica para la rehabilitación.

En los casos en que los datos sobre mediciones de la desertización por procesos son muy limitados e inadecuados puede que no haya más alternativa que aplicar el método paramétrico.

De una manera general, el método paramétrico para estimar el riesgo inherente de salinización, la erosión eólica y la erosión hídrica es el siguiente (33):

Salinización:	Salinización potencial del suelo respecto de la relación $\frac{P}{PET}$, la cantidad máxima de sales solubles en los horizontes superiores de los suelos Solonchaks, y la ascensión capilar máxima por día relacionada con la textura del suelo.
Erosión eólica:	Desplazamiento de arena en relación con las clases de velocidad del viento, la topografía, el número de días húmedos y el estado de la superficie del suelo.
Erosión hídrica:	Erosión hídrica mecánica, con la cubierta vegetal actual, teniendo en cuenta la precipitación anual, el coeficiente de variación de la precipitación mensual y anual, la textura del suelo y las clases de pendiente.

5.3.4 Para los peligros de desertización

Como se ha mencionado anteriormente, el peligro de desertización refleja la susceptibilidad de la tierra a los procesos de desertización y a las actividades del hombre. El peligro de desertización se expresa como el efecto combinado del estado, la velocidad y el riesgo inherente, incluidas la presión animal y la humana sobre el medio ambiente. Este efecto se puede obtener mediante la suma de los valores establecidos para cada elemento (véase 5.5).

5.4 REPRESENTACION CARTOGRAFICA DEL ESTADO, LA VELOCIDAD Y EL RIESGO INHERENTE DE DESERTIZACION

La preparación de mapas de desertización separados del estado, la velocidad y el riesgo inherente de desertización es relativamente simple y fácil. Tales mapas permiten representar más detalles de los procesos que llevan a la desertización y destacan los elementos importantes. Este método se propuso en la metodología provisional (10) y casi todos los países en que se ensayó la metodología han presentado los mapas en esta forma.

Para elaborar estos mapas se recomienda la aplicación de los siguientes principios:

- Los procesos determinativos (cubierta vegetal, erosión por el agua, erosión por el viento, salinización) deberán representarse por medio de letras mayúsculas (V, W, E, S). Estas letras podrán aparecer solas o combinadas, según el número de procesos del caso.
- Las clases de desertización para cada proceso se deberán indicar por medio de los números 1 a 4 (para ligera, moderada, grave y muy grave) que seguirán a la letra mayúscula apropiada.
- En los casos de combinaciones complejas de procesos, se deberán emplear coloraciones sólo para las clases más altas.

Así, pues, en estos tipos de mapas la intensidad de los procesos se expresa directamente por el número de la clase. Por ejemplo, en el mapa que muestra el estado de desertización, la expresión V4 - E2 significaría una degradación muy grave de la cubierta vegetal y una erosión eólica moderada.

5.5 REPRESENTACION CARTOGRAFICA DE LOS PELIGROS DE DESERTIZACION

El mapa de los peligros de desertización deberá mostrar el peligro de desertización para el área de que se trate. Este peligro se puede reflejar por medio de un índice que combine el estado, la velocidad y el riesgo inherente de desertización por procesos y por las actividades del hombre. El mapa de los peligros de desertización pretende ser el producto final de la evaluación que refleja la degradación del ambiente por causa de diversos factores.

5.5.1 Determinación de un índice del peligro de desertización

Para determinar el índice del peligro de desertización se deberá seguir el procedimiento siguiente:

- Selección de los valores cuantitativos por procesos (véase el Cuadro 14).
- Determinación de las cifras medias para el estado, la velocidad, el riesgo inherente, la presión de los animales y la presión de la población humana (véase el Cuadro 15).
- Establecimiento de los valores respectivos del estado, la velocidad, el riesgo inherente, las presiones ganadera y humana sobre el medio ambiente (véase el Cuadro 16).
- Modificación del valor del riesgo inherente en función de los procesos considerados: multiplicar el valor por los coeficientes que aparecen en el Cuadro 17.
- Determinación del Índice del Peligro de Desertización, en que se resumen los valores del estado, la velocidad, el proceso, el riesgo inherente modificado y la presión de los animales y del hombre (véase el Cuadro 16).

Ejemplo de cálculo

<u>Características del área</u>	<u>Valores</u>
Estado de desertización moderado	5,0
Velocidad de desertización grave	11,0
Riesgo inherente de desertización moderado	6,0
Presión ganadera muy grave	20,0
Presión demográfica grave	<u>8,0</u>
Total	50,0

Proceso determinativo: erosión eólica

Modificación del proceso de riesgo inherente: $6 \times 1,5 = 9$

Índice de peligro de desertización: $53 (50 + (9 - 6))$

Peligro de desertización, grave

Los elementos que se han de mostrar en el mapa deberán presentarse en orden decreciente de importancia como sigue:

- clases de peligros de desertización y áreas desérticas - por coloraciones
- presión de los animales y presión humana - con una línea más gruesa, cifras en números romanos o letras mayúsculas
- procesos de desertización - con letras mayúsculas o signos específicos
- clases de estado de desertización - con números
- clases de velocidad de desertización y de riesgo inherente - con letras minúsculas
- otra información (procesos subordinados, tipos de vegetación, etc.) - por medio de signos específicos.

Los conceptos de representación cartográfica del peligro de desertización arriba descritos, que se aplican en la preparación del mapa mundial de la desertización, son también pertinentes para la preparación de mapas nacionales o regionales a escala mayor.

Cuadro 14

VALORES CUANTITATIVOS DE LAS CLASES DE DESERTIZACION POR
ASPECTO Y PROCESO

Clases	Aspectos	Salinización	Erosión eólica	Erosión hídrica	Degradación de la vegetación
Ligera	Estado y velocidad riesgo inherente	1,5 0,6	1,5 5	1,5 5,0	1,5 3
Moderada	Estado y velocidad riesgo inherente	2,5 1,5	2,5 10,0	2,5 10,0	2,5 4,0
Grave	Estado y velocidad riesgo inherente	5,5 8,7	5,5 20,0	5,5 20,0	5,5 7,5
Muy grave	Estado y velocidad riesgo inherente	7,5 10	7,5 25	7,5 25	7,5 10,0

Nota: Para el estado se considera 1/10 de los valores

Cuadro 15

VALOR MEDIO CUANTITATIVO

Clases	Estado	Velocidad	Riesgo inherente	Presión del ganado	Presión de la población
Ligera	15	1,5	3,4	43	43
Moderada	25	2,5	6,4	83	83
Grave	55	5,5	14,0	150	150
Muy grave	75	7,5	18,8	200	200

Cuadro 16

INDICE DE PELIGRO DE DESERTIZACION

Clases	Valores para					Indice de peligro de desertización
	Estado	Velocidad	Riesgo inherente	Presión del ganado	Presión de la población ⁺	
Ligera	3,0	3,0	3,0	4	2	≤21
Moderada	5,0	5,0	6,0	8	4	21 - 43
Grave	11,0	11,0	14,0	15	8	44 - 64
Muy grave	15,0	15,0	19,0	20	10	>64

⁺ Mitad de la presión del ganado

Cuadro 17

COEFICIENTE PARA LA MODIFICACION DEL VALOR DEL RIESGO INHERENTE

Proceso	Límite de clase			
	Ligera	Moderada	Grave	Muy grave
Para la salinización	0,2	0,2	0,6	0,5
Para la degradación de la vegetación	0,9	0,6	0,5	0,5
Para la erosión hídrica y eólica	1,5	1,5	1,4	1,3

5.6 SEGUIMIENTO

La metodología propuesta para evaluar la desertización se puede utilizar con fines de seguimiento o vigilancia. Algunos de los métodos de evaluación son apropiados solamente para mediciones en el terreno mientras que otros lo son para la estimación a partir de fotografías aéreas, imágenes satelitares, métodos paramétricos o matemáticos e interpretación de la información existente. Las determinaciones de las velocidades actuales de desertización requieren el seguimiento de los cambios que ocurren en las condiciones del terreno en dos o más intervalos de tiempo.

Cuadro 1

PAISES E INSTITUCIONES QUE INTERVINIERON EN EL ENSAYO DE LA METODOLOGIA DE LA DESERTIZACION

Apéndice I.A.

PAISES E INSTITUCIONES (1)	ESPECIALISTAS ENCARGADOS DEL ENSAYO DE LA METODOLOGIA (2)	ESPECIALISTAS QUE PARTICIPARON EN EL ENSAYO DE LA METODOLOGIA (3)	PARTICIPANTES EN LAS DISCUSIONES SOBRE EL ENSAYO DE LA METODOLOGIA (4)
MEXICO			
Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo	Dr. M.A. Garduño Centro de Edafología	Sr. C.A. Ortiz Sororio Investigador CEDAF Sr. J.W.E. Berg Wolf Investigador del Dpto de Suelos Sr. A. Corona Vargas Investigador CEDAF Sr. José Luis Oropeza Mata Investigador CEDAF	Dr. E. Casas Díaz Director General Colegio de Postgraduados, Chapingo Prof. H. Cuanalo Clasificación de Suelos Sr. A.V. Loera Jefe del Dpto. de Salinidad y Drenaje Sr. J.N. Rodríguez
TEXAS			
International Centre for Arid and Semi-Arid Studies (ICASAS) Texas Tech. University	Prof. H.E. Dregne Director, ICASAS		
PERU			
Oficina Nacional de Estudios en Recursos Naturales (ONERN)	Dr. C. Zamora Director Técnico, ONERN	Sr. L. Masson Supervisor de Estudios, ONERN Sr. R.B. Enríquez Supervisor de Suelos y Fisiografía ONERN	Sr. E. Armas Autero Director General, ONERN FAO Office

Guadro 1 (cont.)

Apéndice I, A (cont.)

(1)	(2)	(3)	(4)
CHILE			
Escuela de Ciencias Forestales Universidad de Santiago de Chile	Prof. E. Caviedes Dpto de Producción Animal	Prof. Mario Peralba Pedólogo, Conservación de suelos	Sr. M. Etienne Experto, Cooperación técnica CEPE/CNRS de Montpellier
		Prof. Ana María Weyman	
		Prof. Fernando Santibanez	Sr. Patricio Azocar C. Centro Estudios Zonas Aridas Universidad de Chile
KENYA			
National Environment Secretariat NES *	Mr. Bernard N.U Head, National Resources Management Division NES	Mr. Ondenge G. NES	Mr. Njenga M.I. Director, National Environment Secretariat
			Mr. Mutua-Kihu Assistant Director, NES
			Mr. Richard Ford Chief, Resource Advisor NES
* La NES ha sido reemplazada por el Kenya Soil Survey y del ensayo de la metodología ha sido encargado el Dr. Muchena.			
SUDAN			
Desertification Control Coordination and Monitoring Unit (DECARP)	Mr. Farouk H.A. National Coordinator	Mr. Moawia M.M. Head, Socio-Economic Study Section	Mr. Tog Fadlalla Minister of Agriculture Kordofan region
		Mr. Khogali S. Head, Soil Conservation and Laboratories	Mr. Gumaa G.S. National Council for Research Agric. Research Council
		Mr. Mustafa M.S. Director, Range Management Section, Min. Agric. Irrigation	Mr. Osman A. Agric. Research Council

Cuadro 1 (cont.) Apéndice I, A (cont.)

(1)	(2)	(3)	(4)
SUDAN (cont.)			Prof. El Khalifa M.D. Director Institute of Environmental Studies Mr. Yagoub A.M. Geographer Institute of Environmental Studies
ALTO VOLTA			
Ministère du Développement Rural Service National des Sols	Mr. L. Bado Chef de Service	Mr. F. Quedraogo Chef, Section Cartographie Mr. F.R. Lombardi FAO Expert	
TUNEZ			
Direction des Ressources en Eau et en Sols. (DRES) Ministère de l'Agriculture	Dr. Ahmed Souissi Ingénieur en Chef	Mr. Hentati A. Geomorphologist Mr. Mtimet A. Pedologist	Mr. Kouadja A. Director, DRES Mr. Khalfallah S. Chargé des Recherches DRES Mr. Bonvallet I. Geomorphologist ORSTOM Mr. Novikoff G. Ecologist Mr. Chikhaoui A. Direction des Forêts Mr. Hizem N. Direction des Forêts GES

Cuadro 1 (cont.)

Apéndice I, A (cont.)

(1)	(2)	(3)	(4)
PAKISTAN			
Soil Survey of Pakistan	Mr. M. Rafiq Director Basic Soil Investigation	Mr. M.A. Tahir Research Officer	Mr. M. Bashir Chandhri Director General Soil Survey of Pakistan
			Mr. S.B. Hasan Director, Irrigation, Drainage and Flood Control Research Council
SIRIA			
Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD)	Dr. A. Osman Director Soil Division	Mr. Nahib El Khabib Soil Classification	Mr. M. Shoorbagy, Head of Range Management Section
			Mr. M. Nazir Sankary, Head, Range and Arid Zone Ecology Research Unit
			Mr. Fario-Maiki, Statistical Div.
			Mr. Y. El-Kawasma, Head, Agroclimatic section
			Mr. Nabil Rafail, Head of Groundwater Department, Water Resources Division
			Mr. Ahmad A. Kilani, Director Water Resources Studies, Directorate, Natural Resources Authority, Amman, Jordan

Cuadro 1 (cont.) Apéndice I, A (cont.)

(1)	(2)	(3)	(4)
R.S.S. DEL TURKMENISTAN			
Instituto de Desiertos de la Academia de Ciencias de la R.S.S. del Turkmenistán	Acad. A.G. Babaiev Presidente, Academia de Ciencias de la R.S.S. del Turkmenistán	Dr. H.S. Orlosky Jefe de Laboratorio (climatología) Instituto de Desiertos	Prof. Dr. N.T. Nichaieva Consultor, Academia de Ciencias de la R.S.S. del Turkmenistán
	Dr. N.G. Jarin Jefe de Laboratorio Teledetección Instituto de Desiertos	Prof. V.N. Nicolaiev Jefe de Laboratorio Recursos Nutritivos Instituto de Desiertos	Dr. A. Batirov Director Adjunto Instituto de Desiertos
		Dr. I.P. Svintieiev Científico investigador	Prof. O. Nurgeldyev Dr. B.T. KIRSTA Dr. A. Babaiev Dr. L.G. Dobrin Dr. K. Redzhepbaiev Dr. N. P. Svintsov
		Dr. C.A. Sanin Jefe de Laboratorio Físico-químico Instituto de Desiertos	
		Dr. M.V. Kolachin Jefe, Departamento de Información y Relaciones con Países Extranjeros	
		Sra. T.A. Babieva Laboratorio de Teledetección	
AUSTRALIA			
School of Geography University of New South Wales	Mr. C.J. Chartres Professor School of Geography	Dr. J.A. Mabbutt Professor School of Geography	
Soil Conservation Service		M.R. Stanley Soil Conservation Service	
		Mr. P. Walker Soil Conservation Service	

Apéndice I.A (cont.)

Cuadro 1 (cont.)

(1)	(2)	(3)	(4)
-----	-----	-----	-----

AUSTRALIA (cont.)

Dr. D. Johnson
Soil Conservation Service

Mr. J. Owen
Cartographer, University
of N.S.W.

Cuadro 2

Apéndice I.B

CARACTERISTICAS FISICAS Y BIOCLIMATICAS
DE LAS AREAS EN QUE SE HICIERON ENSAYOS

PAISES (1)	AREAS EN QUE SE HICIERON ENSAYOS (2)	PRECIPITACION MEDIA ANUAL en mm (3)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL en °C (4)	CULTIVOS PRINCIPALES (5)	SUELOS 1/ (6)	VEGETACION (7)
MEXICO	Neovolcánica Texcoco-Tizayuca Chapingo	530-620	18-15			
EE.UU. (TEXAS)	Condado de Gaines Oeste de Texas	417 200-400	16 17-23	algodón, sorgo algodón, sorgo	Lk, Kk, Kl, Re Rc, Yk, Lk, Kh, V	Prosopis, Larrea Quercus
ALTO VOLTA	Dori-Oursi	500	22	sorgo, mijo	J, Bf, Lc, S	Acacia, Adansonia
SUDAN	Kordofan	50-900	26	sorgo, mijo, maíz	Arenas, pedi- llanura are- nosa y arcí- llosa	Acacia, Combretum, Albizia, Terminolia
TUNEZ	Gour el Agab Dar Dhaoui	300 90-190	20 19-21	olivos, trigo, cebada olivos, cebada	Bk, Xh, I, E, Lc Yx, Yy, I, X, Z	Aristida, Artemisia
SIRIA	Hamad Cuenca del Eúfrates	100 170		pastos algodón, trigo, remolacha azucarera	Yx, Yy, Yh, Z, Re J, Z, Yy	Artemisia, Poa, Achillea

Cuadro 2 (cont.)

Apéndice I.B. (cont.)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
PAKISTAN	Thal	170-415	24,5	cereales, mostaza, cebada, trigo	lomas arenosas	Losiurus Pennisetum Colligenum Aristida
	Faisalabad	347	24,5	caña de azúcar, maíz, arroz, mostaza, algodón, cereales forrajeros	Y, Z	Acacia Salvadora Tamarix
R.S.S. DEL TURKMENISTAN	Todo el país	36-298	11-13	algodón, prod. fores- tales, cereales, hortalizas, árboles frutales, vid	Sierozems suelos arenosos suelos Takyr y análogos Solonchaks	Haloxylon Salsola Ephedra Calligonum Artemisia, etc
AUSTRALIA	Oeste de Nueva Gales del Sur	214-382	17-21		tierras rojas y calcáreas, suelos desérticos y arenas rojas	tierras arboladas, estepas arbustivas, matorral y praderas
1/ Suelos:	B - Cambisoles: Bk - cálcicos; Bf - ferrálicos J - Fluvisoles R - Regosoles: Rc - calcáricos; Re - eútricos X - Xerosoles: Xh - háplicos			E - Rendzinas K - Kastanozems: Kh - háplicos Kl - lúvicos X - Solonetz Y - Yermosoles: Yh háplicos; Yk - cálcicos; Yy - yésicos		I - Litosoles L - Luvisoles: Lc - crómicos Lk - cálcicos V - Vertisoles Z - Solonchaks

PROCESOS ESTUDIADOS Y MAPAS PRESENTADOS

Cuadro 3

PAISES (1)	AREAS EN QUE SE HICIERON ENSAYOS (2)	SUPERFICIE EN HECTAREAS (3)	PROCESO ESTUDIADO * (4)	MAPAS PRESENTADOS	
				TIPO DE MAPA (5)	ESCALA
MEXICO	Neovolcánica	3 000 000	V, W, S, C	Land sub-regions map	1:2 000 000
				Mosaico de imagines del satélite	1:1 000 000
				Estado actual de degradación de la cubierta vegetativa	1:1 000 000
				Estado actual de desertización por erosión hídrica	1:1 000 000
	Texcoco-Tizayuca	180 000	V, W, S, C	Por el proceso de salinización	1:1 000 000
				Land systems map	1: 250 000
				Velocidad de desertización	1: 250 000
				Desertización actual (por proceso)	1: 250 000
	Chapingo	40 000	V, W, S, C	Riesgo de desertización	1: 250 000
				Land facies map	1: 40 000
EE.UU. (TEXAS)	Condado de Gaines	383 300	E, V	Current status of desertification by processes	1: 40 000
				Current rate of desertification	1: 40 000
				Risk of desertification	1: 40 000
	Oeste de Texas		V, W, E, S, C	Location map	1: 20 000
				Location map	1: 200 000
				Location map	1:2 000 000

Cuadro 3 (cont.)

Apéndice I.C (cont.)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ALTO VOLTA	Dori-Oursi	1 190 000	V, E, W	carte géologique carte pédologique carte de l'occupation du sol 1956 carte des variations notables en occupation du sol pour 1981 assemblage semi-contrôlé des prises de vue aériennes de 1956 assemblage semi-contrôlé des prises de vue aériennes de 1981
				1: 200 000 1: 200 000 1: 200 000 1: 200 000 1: 200 000 1: 200 000 1: 200 000
SUDAN	Kordofan	6 900 000	V, E, C	Geomorphology and soil map Vegetation map Present land use map (1958) Rainy season (isohyets-mean) Inhabitants per km² Population, areas and densities Nomadic movement Geological map Dominant quantitative pattern of existing sources of water Water points under observation Grazing pressure map (1965)
				1:1 000 000 1:1 000 000 1:1 000 000 1:1 000 000 1:1 000 000 1:1 000 000 1:1 000 000 1:1 000 000 1:1 000 000 1:1 000 000 1:1 000 000
TUNES	Gour El Agab	4 062	W, V, C	Etat actuel de la désertification Occupation du sol en 1949 Occupation du sol en 1973 Mise en culture entre 1949 et 1973
				1: 29 000 1: 32 000 1: 29 000 1: 32 000

Cuadro 3 (cont.)

Apéndice I.C (cont.)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
				Répartition des habitations en 1973 1: 29 000
				Repartition des habitations en 1949 1: 32 000
	Dar Dhaoui (Medenine)	576 000	E, V, S, C	Carte de la conductivité 1964 1: 15 000
				Carte de la conductivité 1982 1: 15 000
				Carte de synthèse (Nappe + conductivité) 1: 15 000
				Comparaison entre 2 photos (1948 et 1967)
				Etat actuel de la désertification - Tunisie méridionale 1:3 500 000
				- Région de Médénine 1: 200 000
				Evaluation de la désertification dans l'Oasis de Gabès 1: 15 000
SIRIA	Hamad	16 000 000	V, W, E	Sueda: Desertification status 1: 20 000
				Desertification rate 1: 20 000
				Desertification risk 1: 20 000
				Soil associations 1: 20 000
	Cuenca del Eúfrates		V, W, E, C, S	Balikh: Desertification status 1: 45 000
				Desertification rate 1: 45 000
				Desertification risk 1: 45 000
				Soil associations

Cuadro 3 (cont.)

Apéndice I.C. (cont.)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
PAKISTAN	Thal	1 930 000	V, W, S, C	Desertification maps:
				Present status
				Present rate
	Faisalabad	285 176	S	Projected risk
				Present status prepared from satellite imagery (1980)
				Annual rainfall
R.S.S. DEL TURKMENISTAN	Todo el país	48 800 00	V, W, E, S	Surface salinity map 1961
				Surface salinity map 1978
				Current status desertification
				Desertification trends (rate)
				Desertification map
AUSTRALIA	Oeste de Nueva Gales del Sur	530 000 000	V, E, W	Mean monthly air temperature (July)
				Mean monthly air temperature (Jan.)
				Mean annual sums of precipitation and isohyets
				Mean annual duration of dust storms per day
				Mean annual duration of dust storms per hour
				Tara: Desertification status
				Desertification risk
				Yarambie: Desertification risk
	Pindera Downs:			Desertification status
				Desertification rate
				Desertification risk

Criterios de vegetación		Criterios de erosión eólica	Criterios de erosión hídrica	Criterios de salinización
<u>Estado de desertización</u>				
Australia	Degradación de la cubierta vegetal	Pérdida de suelo arable	Tipo de erosión	
	% de productividad potencial	Tipo de erosión	Pérdida de suelo arable	
	Invasión de arbustos leñosos	Formaciones eólicas	Superficie afectada por cárcavas	
	Biomasa		Depósitos de suelo	
	Producción de forraje		Secuencia de horizontes	
	Biomasa/lluvia		Espesor de los horizontes	
Siria	Cubierta vegetal	Superficie cubierta de dunas	Rendimiento de los cultivos (en Nymagge sólo)	
	Biomasa	Formación eólica	Disminución de la materia orgánica (en Nymagge sólo)	
	Producción	Concentración de grava y piedras en la superficie del terreno	Densidad de surcos y cárcavas	
			Estado superficial	
México			Tipo de erosión	Ece y ESP Nueva formación Acumulación de sales
			Profundidad de las cárcavas	
			Topografía	
			Superficie afectada por cárcavas	
			Secuencia de horizontes	
			Espesor del suelo	
			Rendimiento de los cultivos	
			Superficie afectada por cárcavas	
			Espesor del suelo	
			Topografía	
			Superficie afectada por la sal (%)	
			Ece mmhos	
			ESP %	

Cuadro 4 (cont.)

Apéndice I.D (cont.)

Criterios de vegetación		Criterios de erosión eólica	Criterios de erosión hídrica	Criterios de salinización
<u>Velocidad de desertización</u>				
Australia	Tendencia de los pastizales Tendencia de los montes (en Nymagee sólo) Tendencia de los cereales (en Nymagee sólo) Invasión de arbustos	como se indica en FAO, 1981	Pérdida de suelo Remoción/Deposición	
Siria	Tendencia de los pastizales	Ráfagas de arena Velocidad de expansión del área afectada Espesor del suelo transportado		Aumento de la EC Aumento del ESP Disminución de los rendimientos
México	Aumento de la degradación, %/año Rendimientos de los cereales/ tendencia/año Tendencia de los pastizales en los tres años últimos		Pérdida de suelo	Aumento de la EC, mmhos/año
<u>Riesgo de desertización</u>				
Australia	Aumento de las tierras arables secas (en Nymagee sólo) Producción ganadera Pastoreo excesivo Velocidad de expansión unitaria anual Índice climático para la degradación biológica Potencial de rehabilitación	Erosividad Frecuencia de las tormentas de viento Días de tormentas de viento al año	Pendiente Precipitación Peso de la pérdida de suelo Factor precipitación Erosionabilidad del suelo Factor topográfico Factor biótico Índice de erosividad	

Cuadro 4 (cont.)

Apéndice I.D (cont.)

Riesgo de desertización

Siria	Pastoreo excesivo	Indice de erosividad eólica Frecuencia de las tormentas de viento Número de días Velocidad máxima del viento	Pendiente Precipitación Factor lluvia Erosionabilidad del suelo Factor topografía Indice de erosividad de la lluvia	Indice climático Meses secos Profundidad de la capa freática Acumulación de sal Calidad del agua de riego CE
	Unidades animales Crecimiento de la población Capacidad de carga de ganado			
México	Indice climático para la degradación biológica Población humana Unidades animales		Peso del suelo Indice de erosividad de la lluvia	Indice climático para la salinización Profundidad media de las aguas subterráneas Número de meses secos

a) Criterios para la evaluación del estado de la erosión eólica
en los desiertos arenosos

Criterios	Nivel cero	Clases de desertización			
		Ligera	Moderada	Grave	Muy grave
<u>Estado actual</u>	Depresiones de origen eólico sin precipicios	Depresiones de origen eólico con precipicio que cubren 25% o menos del área	Depresiones de origen eólico que cubren 25 a 50% del área; ondulaciones en superficies denudadas	Formación de declives con desprendi- mientos en arenas des- plazadas	Partículas arenosas sin vegetación removidas de la superficie total
<u>Velocidad actual</u>					
1. Cubierta de césped, %	50	30 - 50	10 - 30	0 - 10	-
2. Combinación de cubierta de arbustos (en el numerador) con cubier- ta de malas hierbas en el denominador), %	$\frac{50}{80}$	$\frac{20 - 30}{40 - 80}$	$\frac{5 - 20}{10 - 40}$	$\frac{1 - 5}{5 - 10}$	$\frac{1}{5}$
<u>Riesgo de desertización</u>	Formas del terreno	Factor de per- turbación natural	Arbustos, cortas pastoreo exce- sivo	Perturbación del césped	Preparación de la tierra sin estabi- lización de la arena

Criterios	Clases de desertificación				
	Ligera (2)	Moderada (3)	Grave (4)	Muy grave (5)	
(1)					
<u>Estado actual</u>					
1. Barrancos, surcos y cárcavas por 1 km (perpendicularmente a la pendiente del área)	barrancos, surcos < 5	barrancos, surcos 6 - 10	surcos, cárcavas > 10	surcos	
2. Tipo de superficie	piedras, grava redondeada, afloramientos rocosos: 10% máx. del área	piedras, grava redondeada, afloramientos rocosos: 10% ó 30% del área	piedras, grava redondeada, afloramientos rocosos: 30% ó 50% del área	piedras, grava redondeada, afloramientos rocosos: 50% mín. del área	
3. Tipos de erosión hídrica	laminar, surcos y barrancos	laminar, surcos y barrancos en más de 1 km, inicio formación de cárcavas	laminar, surcos y barrancos, más de 10 por km, cárcavas	suelos desnudos en más del 50% del área, surcos y barrancos en más de 10 por km	
4. Profundidad de los surcos y barrancos	en el horizonte A	en los horizontes A y B	en los horizontes A, B, C	en todo el perfil del suelo	
5. Relieve	ondulado o colinas bajas raramente; o cárcavas; árboles, arbustos y malas hierbas perennes cubren 60% o más del área	ondulado, colinas y surcos, cárcavas, árboles frecuentes, arbustos y hierbas perennes cubren 10 a 30% del área	ondulado elevado, declives fuertes, surcos, cárcavas; árboles, arbustos y gramíneas perennes cubren 10 a 30% del área	montañoso elevado, muchas cárcavas; árboles, arbustos, malas hierbas perennes cubren 10% máx. del área	

Cuadro 5 (cont.)

Apéndice I.D (cont.)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Capas de suelo y subsuelo en %	< 25	25 - 50	50 - 76	> 75
Area modificada por barrancos y cárcavas % del área total	< 10	10 - 30	30 - 50	> 50
Secuencia de horizontes	ABC o AC	BC	C	C o D
Espesor de los horizontes A+B en % de la cubierta de suelo sin erosionar	> 90	50 - 90	10 - 50	< 10
Rendimiento: % de rendimiento obtenido en los suelos no erosionables	100 - 90	90 - 70	70 - 40	40
<u>Velocidad de desertización</u>				
Frecuencia de cursos de agua, Km/Km ²	< 0,2	0,2 - 0,5	0,5 - 1,0	> 1,0
Erosión hídrica	barrancos de 0,2 a 0,5 m	6 a 10 barrancos por 1 Km, 1 - 2 m de	más de 10 barrancos, cárcavas, por 1 Km a menudo de más de 2 m de hondo	más de 10 barrancos y cárcavas de más de 5 m de hondo
Manto de suelo denudado de extensas áreas que varían entre 100 y 1 000 Km ² en t/Km ² /año	> 50	50 - 100	1 000 - 2 000	> 200
Manto de suelo denudado de pequeñas áreas, declives fuertes, pequeñas cuencas, montañas, t/ha/año	< 10	10 - 50	50 - 200	> 200
Disminución de la altura de la capa superficial, mm/año	< 0,50	0,50 - 3,00	3,00 - 10,0	> 10,0

Cuadro 5 (cont.)

Apéndice I.D (cont.)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<u>Riesgo de desertización</u>				
Inclinación de los declives (promediada, ponderada)	<3 - 5°	5 - 15°	15 - 30°	>30°
Grado medio de pendiente por área	<2°	2 - 5°	5 - 10°	>30°
Número de aguaceros fuertes (con ≥ 10 mm de lluvia)	0	1	2 - 3	3
Media de la precipitación diaria máxima por año, mm	<10	10 - 15	15 - 20	>20
Módulo de escorrentía superficial máxima (después de fuertes aguaceros) por 10 km ² de superficie	<0,5	(0,5 - 1,5)	(1,5 - 4,0)	(>4,0)

c) Criterios para la evaluación de los suelos salinos

Criterios (1)	Nivel cero (2)	Clases de desertización				Muy grave (6)
		Ligera (3)	Moderada (4)	Grave (5)		
<u>Estado actual (sin desertización)</u>						
1. Grados de salinización respecto de:						
a) residuos densos % entre ellos	0,20	0,21-0,40	0,41-0,60(0,80)	0,61(0,81)-1,00	1,0	
CL	0,001	0,001-0,03(0,06)	0,031(0,061)-0,100	0,101-0,230	0,2	
Na	0,022	0,023-0,046	0,047-0,092	0,093-0,184	0,1	
b) sales tóxicas						
suma	<0,150	<0,28	<0,40	<0,69	0,6	

Cuadro 5 (cont.)

Apéndice I.D (cont.)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2. Localización de las capas de sal 0 - 150 (200) sm	ninguna acumulación de sal	salinización profunda tipo solonchack (por debajo de 80 - 100 sm)	salinización tipo solonchack (por debajo de 80 - 60 (80) sm)	salinización tipo solonchack (en capa de 30sm)	en todo el perfil
3. Aparición de sales	nada de salinización	no se observan sales	raros puntos pequeños o manchas de sales en la mitad seca superior o en capas arcillosas	mantillo frecuentemente salpicado de puntos, revestimiento de sales en la capa de 0,60 (100) sm, acumulación de sales en el desierto arcilloso	sales en forma de múltiples puntos, manchas, cristales en todo el perfil o costras de sal
4. Tipos de salinización*	sulfato, cloruro, sulfato	cloruro-sulfato, sulfato	cloruro-sulfato, sulfato-cloruro	sulfato-cloruro y cloruro	cloruro
5. Mineralización de las aguas subterráneas, g/l	<3	<6	<10	<25	<25
6. Disminución de los rendimientos de algodón (% del nivel cero)	100%	15	16-40	41-80	80
7. Composición por especies	-	Naloxylon aphyllum, Anabasis salsa, Salsola orientalis	Nitraria sibirica, Halostachys caspica, Roamuria, fruticosa, Salsola gemmascens, Populus pruinosa	Halocnemum strobilaceum, Salicornia herbacea, Tamarix hispida, Limonium suffruticosum	

Cuadro 5 (cont.)

Apéndice I.D (cont.)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<u>Velocidad de desertización</u>					
1. Acumulación estacional de sales, $\frac{\%}{t/ha}$	$\leq 0,10$ < 15	$0,11-0,20$ $16-30$	$0,21-0,30$ $31-45$	$0,31-0,60$ $0,46-90$	$> 0,60 (1,00)$ > 90
2. Plantaciones de algodón, 1 000 plantas por hectárea	80	80-50	49-30	29-10	10
3. Algodón en fase de maduración, ha	120	120-80	79-40	39-20	20
<u>Riesgo de desertización</u>					
1. Longitud de la red colectora de drenaje (C-Dn), %	100	80	80	50	10
2. Distorsión de la agrotécnica, % (denudación, vegetación, inundaciones, labores interlineales incluso arada de primavera, introducción de fertilizantes orgánicos y minerales)	realizada según las recomendaciones	10	11-40	41-90	90

* Con exclusión de los suelos fuerte y muy fuertemente salinos y solonchaks del pliegue de piedemonte de salinización cloruro-sulfato y sulfato dependiente de la variación de hábitat.

BIBLIOGRAFIA

1. Aubréville, A. Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Paris. 1949
2. Boyadgiev, T.G. Application de la télédétection pour l'évaluation des causes et de la dynamique de la désertification dans la région du Hodna, Algérie centrale, FAO. Rome. 1981
3. Boyadgiev, T.G. Evaluation et cartographie de la désertification du Hodna, Algérie Centrale. Report on the First FAO/UNEP Expert Consultation on Desertification Assessment and Mapping, FAO. 1980
4. Boyadgiev, T.G., Van Velthuizen, H.T. Note on the proposed methodology for the compilation of a world map of desertification at 1:5 000 000 working scale, FAO. Rome. 1982
5. Budyko, M.I. Climate and life. Academic Press. New York and London. 1974
6. Demangeot, I. Milieux naturels désertiques. Paris. 1981
7. Dregne, H. Impact of land degradation on future world food production. Washington. 1982
8. Dudal, R. Land degradation in a world perspective. Journal of Soil and Water Conservation, vol. 37, No. 5. 1982
9. FAO La erosión eólica y medidas para combatirla en los suelos agrícolas. Cuadernos de fomento agropecuario N° 71. Roma. 1960
10. FAO Provisional methodology for desertification assessment and mapping. Rome. 1981
11. FAO Report on the first FAO/UNEP Expert Consultation on Desertification Assessment and Mapping. Rome. 1980
12. FAO Report on the Third Expert Consultation on the Evaluation of the Field Tests (methodology and mapping). Rome. 1982
13. FAO World Soil Charter. Rome. 1982
14. FAO Rapport sur le projet relatif aux zones agro-écologiques, vol. 1, méthodologie et résultats pour l'Afrique. Rome. 1979
15. FAO/PNUMA/Unesco Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma. 1979
16. FAO/Unesco Mapa mundial de suelos - 1/5 000 000, Vol. I, Unesco. París. 1974
17. FAO/UNFPA Land resources for populations of the future. Report on the Second FAO/UNFPA Expert Consultation. Rome. 1980
18. ISSS Desertification and soils policy, simposia papers, 12th International Congress of Soil Science. New Delhi. 1982

Apéndice II

19. Le Houerou, H.N. La végétation de la Tunisie steppique, these. Tunisie.
1969
20. MAB Technical notes - 7, map of the world distribution of arid regions
1977 - explanatory notes. Unesco.
21. Reining, P. Handbook on desertification indicators based on the science
1978 associations, Nairobi Seminar on Desertification. Washington.
22. Sheridan, D. Desertification of the United States. Washington.
1981
23. Hellden, U. and Stern, M. Monitoring land degradation in southern Tunisia, a best
1980 of landsat imagery and digital data.
24. UNCOD Status of desertification in the hot arid regions (H. E. Dregne).
Climate aridity index maps (D. Henning and M. Plohn). Experimental
world scheme of aridity and drought probability (V. A. Kovda).
Explanatory note, A/Cont. 74/31.
25. UNCOD Resumen, Plan de Acción y Resoluciones, 29 de agosto a
1977 9 de septiembre
26. UNCOD Mapa mundial de la desertización. Nota explicativa.
1977 29 de agosto - 9 de septiembre.
27. UNCOD Desertification; its causes and consequences. Pergamon Press.
1977
28. UNEP Report on Expert Meeting on Methodology for Desertification
1979 Assessment and Mapping, Geneva, 14 - 18 May.
29. UNEP Desertification assessment and mapping. Project Document, June.
1980
30. UNEP/U.S.S.R. Commission for UNEP. Combating desertification in the U.S.S.R.,
1982 problems and experience. Moscow.
31. Unesco/UNEP/UNDP Case studies on desertification, natural resources research
1980 XVIII.
32. University of Arizona, Arid/Semi-Arid Natural Resources Programme, Desertification:
1976 process, problems perspectives. Tucson.
33. FAO/UNEP Methodology for the compilation of desertification hazard map of
1983 Africa, Scale 1:5 000 000. Rome.
34. Hagedorn, H.K., Giebner, O.M., Weise, D., Busche and Grunert, G. Dune stabilization.
1977 Geographisches Institut, Universität Würzburg.
35. Le Houerou, H.N. and Hoste, F.H. Rangeland production and annual rainfall relations
1977 in the Mediterranean Basin and in the African Sahels - Sudanian
Zone. Jour. of Range Management, vol. 30, No. 3. Addis Ababa.

M-90
ISBN 92-5-301442-3