

## Tema 7

# Agroforestería y Desertificación

Francisco Jiménez

### CONCEPTO E IMPORTANCIA

Las tierras áridas y semiáridas, junto con sus márgenes subhúmedos constituyen las llamadas zonas o regiones secas y cubren alrededor de 45 millones de km<sup>2</sup> (FAO, 1989). Es en esta área donde ocurre la desertificación que compromete la vida de cerca de 900 millones de habitantes. El Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) ha estimado que cerca de 35 millones de km<sup>2</sup> en el mundo están afectadas por la desertificación y cerca de 35% de la superficie terrestre mundial está en riesgo. El proceso sigue avanzando de manera que cada año, cerca de 21 millones de ha son reducidas a un estado de casi o total deterioro (Tolba, 1984).

La desertificación es la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas, resultante de sequías en periodos cortos, fluctuaciones climáticas a largo plazo, pero principalmente la interacción entre actividades humanas y ecosistemas frágiles (acetato 1). El término degradación de la tierra incluye no solamente la degradación del suelo, sino también cualquier otro elemento físico, biológico o químico del terreno, como por ejemplo la cobertura vegetal, la biota animal, los recursos hídricos, etc. (CONASA, 1994; Mainguet, 1991).

La desertificación es el problema ambiental más serio que afecta hoy día la Tierra, especialmente a África. Sin embargo, cada

vez cobra más importancia en otros continentes y subcontinentes como América del Norte, América Latina, India y Australia (acetato 2).

### CAUSAS, MECANISMOS Y CONSECUENCIAS DE LA DESERTIFICACIÓN

La desertificación, como se mencionó antes, es un fenómeno complejo que incluye tanto componentes antropogénicos como biofísicos, incluyendo los climáticos. Más del 80% de las causas de la desertificación pueden ser adjudicadas al manejo inadecuado de los recursos por parte del hombre y menos del 20% son atribuibles a factores climáticos (CONAZA-FAO, 1994). Hay factores económicos e institucionales que limitan el uso sostenible y la conservación de los recursos naturales, causan presión sobre los mismos, y contribuyen a desencadenar y acelerar el proceso de desertificación (acetatos 3 y 4).

Los procesos o mecanismos de la desertificación se dividen en primarios y secundarios (acetato 5). Los primarios son aquellos que tienen un impacto fuerte en la producción y en la modificación del ecosistema, como son la degradación de la cobertura vegetal, erosión, salinización y sodificación. Los procesos secundarios son aquellos que están subordinados a los procesos primarios, por ejemplo la degradación física, química y biológica del suelo.

Los efectos o consecuencias de la desertificación se manifiestan en el deterioro del agua, del suelo, la flora y la fauna, en alteraciones del ciclo hidrológico, en la disminución de la diversidad biológica y modificaciones climáticas. Desde el punto de vista social, puede afectar la seguridad alimentaria de las regiones donde ocurre y disminución del nivel de vida de los habitantes. Fuera del sitio, los efectos de la desertificación incluyen contaminación, inundaciones, azolve de obras hidráulicas. Las áreas más secas son las más vulnerables a la desertificación, en especial aquellas donde la población convive estrechamente con los recursos naturales (acetatos 6 y 7).

## EL PAPEL DE LA AGROFORESTERÍA EN LA LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN

Las zonas con problemas de desertificación presentan casi siempre problemas comunes en los cuales la agroforestería puede ser de mucha importancia en reducir el avance de la desertificación: escasez de leña, escasez de forraje, escasez de alimentos y pérdida de fertilidad de los suelos. Las razones principales que hacen particularmente apreciable el papel de la agroforestería en la lucha contra la desertificación se mencionan en el acetato 8 (Baumer, 1987). Además, los agricultores han practicado desde hace muchos siglos, la asociación de árboles con cultivos (Dover y Talbot, 1987), principalmente en ecozonas tropicales de climas impredecibles, como la mejor defensa contra el riesgo de pérdida de cultivos, para estabilizar los rendimientos, hacer más eficiente el uso de los recursos, producir más alimentos en menos espacio (Mainguet, 1991), además de ayudar en la conservación de los suelos (acetato 9).

El componente leñoso es, posiblemente, el más importante en la lucha contra la desertificación, debido a las múltiples funciones que puede cumplir: productiva, organizadora del paisaje, función modificadora del microclima y función modificadora del suelo (acetato 10). Las prácticas agroforestales más utilizados en zonas que sufren de esta problemática, se indican en los acetatos 11 y 12.

### Función productiva

En los sistemas agroforestales se trata de utilizar especies leñosas de uso múltiple, o sea, que den el máximo número posible de productos y servicios. Por ejemplo, algunos árboles de uso agroforestal en zonas secas como *Acacia senegal* (árbol de goma), *Tamarindus indica* (tamarindo), *Parkia biglobosa* (árbol de harina) y *Phoenix dactylifera* (palma datilera), permiten aprovechar su tronco y ramas, las hojas, frutos, la corteza o fibra, los granos (excepto en *A. senegal*), los brotes y los extremos de las ramas (excepto en *P. biglobosa*), en usos que van desde leña, carbón, madera para construcción, forraje, medicina, alimentación, industria, etc.

### Función organizadora

Las leñosas juegan un papel importante en la organización del paisaje: rompen la monotonía de los paisajes áridos y constituyen puntos de referencia, que son importantes desde el punto de vista práctico y psicológico (sombra, descanso). También tiene un papel importante en la organización del espacio porque contribuyen a fijar derechos de cultura. En algunas regiones, la tradición impone que el que siembra un árbol tiene derecho a utilizar sus productos y la plantación de varios árboles sobre un terreno da derecho a culti-

var ese terreno. Finalmente, cuando las leñosas son plantadas en conjunto, y particularmente en líneas, pueden contribuir al ordenamiento del territorio. Por ejemplo, los bloques que forman las líneas de rompevientos en red pueden constituir límites permanentes que incita a una misma familia de agricultores a explotar siempre el mismo bloque, antes que practicar una agricultura itinerante.

### Función climática

Los árboles atenúan los efectos del clima; esto es particularmente sensible en zonas secas. Los árboles influyen sobre el aire y el viento, sobre el grado de humedad del aire y del suelo, sobre la luz, sobre la temperatura y la evapotranspiración. Por ejemplo, existen muchos estudios que muestran incrementos importantes (hasta del 40%) en la producción de cultivos como maní, algodón, trigo, maíz por efecto de las modificaciones microclimáticas de barreras rompevientos. Entre las especies más utilizadas como rompevientos en zonas áridas y semiáridas están: *Balanites aegyptiaca*, *Acacia tortilis*, *Canocapus lancifolius*, *Zizyphus spina*, *A. arabica*, *A. mollissima*, *A. nilotica*, *A. senegal*, *Azadirachta indica*, *Tamarix spp.*, *Casuarina spp.*, *Eucalyptus camaldulensis*, *E. microtheca*, *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis spp.*, *Terminalia catapa*, *Dalbergia sissoo*, *Leucaena leucocephala* y *Hyphaene thebaica* (palma).

### Función modificadora del suelo

Las leñosas a través de su follaje protegen el suelo del impacto de las gotas de lluvia y reducen así la erosión. También por efecto del desarrollo de sus raíces se facilita la penetración del agua en el suelo. Las raíces extraen nutrientes de capas profundas que luego, al descomponerse la biomasa,

son puestos a disposición de los cultivos en la superficie del suelo. Algunas leñosas, principalmente leguminosas, son fijadoras de nitrógeno atmosférico y pueden mejorar, por consiguiente, la fertilidad del suelo. Por ejemplo, entre los árboles que los habitantes del Sahel dejan tradicionalmente sobre sus campos están: *Faidherbia albida*, *Parkia biglobosa*, *Pterocarpus erinaceus*, *P. lucens*, *Erythrina senegalensis*, y *Tamarindus indica*. En la India ese papel es cumplido por *Prosopis cineraria*. Otras leguminosas leñosas han sido introducidas, principalmente por su capacidad de fijar nitrógeno, como *Leucaena leucocephala* o *Calliandra calothyrsus*.

## UTILIZACIÓN DE LA AGROFORESTERÍA EN EL COMBATE DE LA DESERTIFICACIÓN EN ALGUNAS REGIONES DEL MUNDO

Los cultivos, como actividad única de uso de la tierra, es antieconómica y extremadamente riesgosa en la mayoría de regiones áridas. Por lo tanto, los agricultores incrementan la ganadería como una ocupación subsidiaria. Así, los sistemas silvopastoriles, la combinación de árboles con cultivos en la misma parcela y las barreras protectoras y cortinas rompevientos son posiblemente las prácticas agroforestales más utilizadas en esas áreas. Algunos ejemplos de prácticas agroforestales utilizadas en zonas áridas y semiáridas de diferentes regiones del mundo que sufren problemas severos de desertificación fueron recopiladas por la FAO (1989) y se mencionan a continuación.

### América Latina (acetato 13)

En comparación con las zonas húmedas,

hay menor desarrollo de la agroforestería en zonas áridas. Entre las principales prácticas están: retención de árboles nativos dispersos sobre tierras agrícolas donde se produce maíz, sorgo, trigo, frijoles y cebada; la plantación de árboles frutales, o la retención de árboles nativos de potencial económico, a lo largo de hondonadas y los cursos de agua. En Brasil es común la plantación o el mantenimiento de especies leñosas de uso múltiple como *Caesalpinia ferrea*, *Prosopis juliflora* y *Zizyphus joazeiro* en tierras cultivadas. Un uso importante de la tierra en áreas semiáridas son las pasturas y existen varias especies nativas (por ejemplo *Prosopis* spp.) que proveen suplemento nutritivo a la alimentación animal durante la estación seca. Se promueve el uso de especies de *Acacia*, *Cactus* y *Prosopis* en tierras de pasturas con el propósito de proveer forraje y sombra; los rompevientos son de considerable importancia a lo largo de las planicies ventosas en parte meridional de América del Sur. En la Patagonia árboles y arbustos de especies como *Salix caprea* y *Sorbus aucuparia* son comúnmente utilizadas para este fin. En Argentina eucaliptos con acacias o álamos con sauces son sembrados como especies rompevientos, mientras que en la costa Atlántica de Uruguay son barreras combinadas de eucaliptos, pinos y acacias las que proveen protección.

En regiones áridas y semiáridas de América Tropical y Subtropical, existen varias manifestaciones de sistemas silvopastoriles basados en el uso de vegetación natural constituida por leñosas perennes dispersas y un estrato bajo de vegetación herbácea con dominancia de gramíneas. Ejemplos de éstas son la "Caatinga" en el Noreste de Brasil (Kirmse et al., 1983, 1987), los bosques del Chaco en América del Sur (Terán e Ibrahim, 1997) y el "matorral" del Noreste

de México (Rzedowski, 1978; Stienen, 1990) (acetatos 14, 15 y 16).

### El Sahel (acetato 17)

En esta región, la agroforestería está ampliamente difundida. Árboles de especies nativas como *Faidherbia albida* son dejados a espaciamientos amplios (cerca de 10 x 10 m) en las tierras de cultivo y utilizados para leña, forraje, para mejorar la fertilidad del suelo, etc. Esto resulta en un sistema intensivo de manejo de árboles individuales combinado con la producción agrícola y el pastoreo. El sistema está ampliamente difundido en zonas donde se siembra millo y sorgo, pero es menos utilizado en áreas donde prevalecen cultivos que generan ingresos como el maní. En algunas zonas la utilización de leñosas como *Acacia tortilis* y *F. Albida* en campos de cultivo, está destinada principalmente a la producción de combustible (leña y carbón). La vegetación natural es ampliamente pastoreada en el Sahel y el ramoneo de leñosas provee un importante suplemento a la dieta de la ganadería al final de la estación seca (al menos 45%). La protección contra los vientos secos y las arenas arrastradas por éste, es de gran importancia en los países sahelianos. Rompevientos con árboles como *Azadirachta indica*, *Anacardium occidentale* y *Acacia* spp. o cercas vivas de *Euphorbia balsamifera*, *Commiphora africana*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Tamarix articulata*, *Casuarina equisetifolia* y *Bauhinia reticulata* proveen el tipo de cobertura requerida, resistente al viento y a la sequía. En Senegal, se siembra millo bajo el dosel de *F. albida*.

### Norte de África (acetato 18)

Es común la plantación de frutales como olivo, almendro, higo, albaricoque, pista-

cho y acacias, frecuentemente *Acacia cyanophylla*, a lo largo de obras de conservación de suelos y aguas en tierras agrícolas. En Marruecos algunas veces son establecidas plantaciones permanentes de olivos de 80 a 85 árboles por hectárea en tierras de ladera cultivadas de trigo. Cerca de 75 millones de ha de tierras áridas y semiáridas son pastoreadas en el norte de África; las especies leñosas proveen una parte esencial del forraje consumido por animales. La ganadería es manejada bajo pastoreo, o sistemas nómadas, seminómadas o más o menos sedentarios. Las especies utilizadas para ramoneo, tales como *A. cyanophylla*, son plantadas ampliamente. También se ha incrementado el manejo silvopastoril de vegetación natural para proveer forraje y leña. Las fajas arbóreas protectoras y los rompevientos tienen gran importancia en esta región, debido a la necesidad de fijar dunas y proteger las tierras agrícolas. Las especificaciones de los rompevientos están bien definidas en muchas zonas. Cerca de 300 000 ha están ya bajo esta protección. Entre las principales especies utilizadas están *Eucalyptus* spp., *Acacia* spp. y *Cupressus* spp.

#### Cercano Oriente (acetato 19)

Como en el norte de África, los árboles son frecuentemente establecidos en asociación con obras de conservación de suelos y aguas en tierras de cultivo. Existen diferentes prácticas agroforestales, generalmente relacionadas con rompevientos de especies productivas, alrededor de los campos de cultivos, tales como álamos o mezclas de árboles frutales y arbustos con *Juglans*. Existen sistemas silvopastoriles tradicionales con una combinación de árboles podados (*Pistacia* spp.) y pastoreo. Las pasturas mejoradas incorporan el establecimiento de leñosas para ramoneo. Las zonas áridas

y semiáridas son el mayor recurso de tierra de pastoreo, generalmente manejadas bajo sistemas de pastoreo nómada o seminómada. Las fajas protectoras también son de gran importancia en esta región. La agricultura bajo riego en Egipto no es concebible sin la protección de la red de rompevientos de *Casuarina* y *Eucalyptus*, que además proveen de madera. Los rompevientos de álamo y otras especies también son considerados esenciales en las tierras de agricultura bajo riego alrededor de Damasco en Siria, que no solo proveen protección, sino también productos maderables.

#### Asia y el Pacífico (acetato 20)

China y la India hacen uso extensivo de árboles en tierras agrícolas para protección y producción. En la India y Pakistán los sistemas tradicionales involucran la presencia permanente en tierras de cultivo, de árboles de *Prosopis cineraria* y *Ziziphus mauritiana* (40 a 80 árboles por hectárea) manejados mediante podas y con propósitos múltiples de producción: leña, forraje, frutos. Otras especies utilizadas son *Cajanus cajan*, *Derris indica* y *Tamarindus indica*. En Pakistán, la plantación de árboles está estrechamente asociada con la agricultura bajo riego, ya sea intensiva o extensiva. Algunos sistemas incluyen la plantación de hileras ampliamente espaciadas de *Eucalyptus* spp., *Acacia nilotica* o álamos en tierras agrícolas irrigadas para producción de madera combinada con cultivos.

En la India y Pakistán, aunque existen tierras muy sobrepastoreadas, existen sistemas tradicionales con árboles y arbustos podados. En Pakistán se ha promovido el establecimiento de pastos mejorados con especies leñosas (nativas y exóticas) para ramoneo. En Australia, aunque no existen

sistemas silvopastoriles muy bien definidos, es frecuente la plantación de árboles: individuales, en grupos o en líneas para proveer sombra y protección del viento y producción de forraje. En Rusia se ha desarrollado el establecimiento de hileras con una mezcla de leñosas (*Artemisia* spp.) y herbáceas (*Salsola* spp.) y pastoreo cuidadosamente controlado. En China, el uso de rompevientos para protección de cultivos agrícolas está muy desarrollado; pinos, álamos, *Ulmus pumila*, *Elagnus angustifolia*, así como arbustos son utilizados para este propósito. En la India los rompevientos están establecidos en áreas bajo riego y en plantaciones al lado de las carreteras. En áreas de agricultura de secano, *Tamarix* y *Calligonum* sp. son las especies más utilizadas y bajo riego son *Dalbergia sissoo*, *Acacia nilotica*, *Melia azedarach*, *Salmalia malabarica* y *A. indica*.

### ALGUNOS EJEMPLOS DE SISTEMAS AGROFORESTALES UTILIZADOS EN LA LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN EN EL SAHEL

Maydell (1979) presenta tres estudios de caso, de cómo la agroforestería puede contribuir a un mejor uso de la tierra y así ayudar a evitar mayor desertificación en el Sahel:

#### Sistema agrosilvopastoril utilizando *Faidherbia albida* (acetato 21)

*Faidherbia albida* es un árbol que puede alcanzar hasta 20 m de altura, con amplia distribución en las partes semiáridas de África, cuyas raíces pueden descender 30 o 40 m hasta alcanzar la tabla de agua subterránea. Como las raíces penetran en capas muy profundas del suelo, no hay competencia por nutrientes con otras plan-

tas anuales, por ejemplo cultivos. Este árbol, contrario a la mayoría de especies de sabanas tropicales, pierde las hojas durante la estación de lluvias (evita competencia con cultivos) y mantiene follaje desde el inicio de la estación seca. La hojarasca se descompone al final de la estación seca y las excretas de los animales que pastorean alrededor de los árboles enriquecen el suelo, favoreciendo el rendimiento de los cereales.

Por ejemplo, estudios en Senegal (Baumer, 1987) han mostrado una producción de sorgo de 600 kg ha<sup>-1</sup> lejos de los árboles de faiderbia, 1000 kg a 5 m de distancia y 1700 kg a 3 m de distancia. *F. albida* es un importante y eficiente mejorador del suelo y bajo las condiciones prevalecientes, mayor y mejor que los fertilizantes químicos. Baumer (1987) comparó a un suelo cultivado sin *F. albida*, versus el uso de la especie; el suelo cultivado bajo faiderbia presentó un aumento promedio de 7% de arcilla, 43% de humedad equivalente, 60% de carbono total, 70% de magnesio intercambiable, 100% de nitrógeno total, 100% de calcio intercambiable, 134% de fósforo asimilable, 40% de capacidad de almacenamiento de agua, 160% de materia orgánica y 100% de capacidad de intercambio de bases.

También este árbol es uno de los principales recursos forrajeros, ya que su follaje está disponible a través de la estación seca. El árbol es ávidamente ramoneado y frecuentemente podado y sus ramas alimentan camellos, ganado, ovejas y cabras. Aún más importantes son las vainas producidas durante la estación seca. Estas vainas están entre los más valiosos recursos forrajeros en el Sahel. Un árbol adulto puede producir hasta 140 kg por año y 20 árboles por hectárea en campos de millo pue-

den rendir 2.5 t de vainas por año, con un equivalente nutricional de 1.9 t de cebada. Esto es más de lo que normalmente se cosecha de cultivos agrícolas en los mismos sitios.

Finalmente, la madera es utilizada localmente para diferentes propósitos, mientras que la corteza, hojas y goma son colectadas para fines medicinales, taninos, etc. Así, *F. albida* parece ser un árbol ideal para uso agroforestal en áreas semiáridas, especialmente debido a que es un árbol bien reconocido y tradicionalmente visto como muy valioso por las comunidades rurales.

### **Combinación de *Acacia senegal* con pastoreo semi-nómada**

En la parte norte de Senegal, con menos de 300 mm de lluvia por año, suelos arenosos y pastoreo excesivo, se han construido pozos profundos que suministran agua fósil de profundidades de 300 a 450 m para la ganadería y grupos de hombres. Lamentablemente, la gran concentración de ganado, ovejas y cabras han llevado a una casi completa destrucción de la cobertura vegetal y degradación de los suelos en la vecindad de los pozos, extendiendo la desertificación a tasas alarmantes. Con el objetivo de mejorar el uso de la tierra y aumentar la producción en las áreas alrededor de los pozos, se ha impulsado el mo-

delo de pastoreo semi-nómada (acetato 22).

Según este modelo, en el círculo interno (diámetro de unos pocos cientos de metros) está: el pozo, la oficina forestal, el vivero, pequeños jardines irrigados para cultivar vegetales, árboles de sombra en lugares de mercado y reunión y el pueblo. El anillo interno (1 a 2 km de diámetro) corresponde a: (A) parcelas de reforestación cercadas (50 a 100 ha); (N) parcelas de regeneración cercadas; (F) campos de pobladores en los mejores suelos, campos de cultivo combinados con árboles de protección, forraje y leña. El anillo externo incluye áreas de regeneración natural cercadas y protegidas contra el fuego (N) y vegetación mejorada (V) a través de preparación intensiva del suelo, sin mayor protección. Todas las áreas libres están abiertas al pastoreo tradicional y la transmigración.

### **Agroforestería combinando *Acacia senegal* con agricultura de secano**

En la República del Sudán, así como en Chad se practica un sistema de agricultura rotacional a pequeña escala, en la cual, una familia rural promedio de cinco miembros puede hacer su vida en 4 a 6 ha de tierra. El sistema utiliza el intercultivo de *A. senegal* con millo, sorgo y pastos según se muestra en el acetato 23).



## **La desertificación y su importancia**

### **Definición**

La desertificación es la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas, resultante de sequías en periodos cortos, fluctuaciones climáticas a largo plazo, pero principalmente de la degradación de la tierra por la interacción de actividades humanas y ecosistemas frágiles.

### **Área mundial afectada por la desertificación**

35 millones de km<sup>2</sup>

### **Superficie terrestre en riesgo de desertificación**

35%

### **Tasa aproximada de desertificación**

21 millones de ha por año





## Distribución mundial de las tierras secas (UNESCO, 1977).



1. Hiperáridas; 2. Áridas; 3. Semiáridas; 4. Subhúmedas



## Causas de la desertificación

- Condiciones climáticas adversas.
- Sobreexplotación de los recursos hídricos y terrestres por el hombre.
- Expansión e intensificación de la agricultura y la ganadería en tierras sin aptitud para esos usos.
- Sobrepastoreo (erosión, compactación, degradación vegetal y de la cobertura del suelo, etc).
- Prácticas de riego inapropiadas.
- El cultivo en suelos frágiles y pendiente fuerte.
- Falta de prácticas de conservación de suelos.
- Las quemas sin control.
- Tecnologías de producción agrícola intensiva inapropiadas (monocultivo, mecanización excesiva, periodos de barbecho cortos, etc.).
- La deforestación y el manejo inadecuado de la vegetación leñosa.

...continúa



## Causas de la desertificación

- Crecimiento acelerado de la población (muy común en países en vías de desarrollo que sufren desertificación).
- La demanda creciente de alimentos y materiales combustibles como leña y carbón.
- Tenencia de la tierra (mala distribución).
- Falta de acceso a insumos y crédito para la práctica de una agricultura conservacionista.
- Pocas iniciativas de desarrollo rural.
- Conflictos entre autoridades e instituciones.
- Cambios en sistemas políticos.
- Mercados restringidos.
- Falta de garantías sociales.
- El subdesarrollo y la pobreza.
- Las implicaciones del comercio internacional.
- El proteccionismo y ajustes estructurales inadecuados de los sistemas económicos mundiales.



## Procesos o mecanismos de la desertificación

### Primarios

- Degradación de la cobertura vegetal (remoción o destrucción de la flora, principalmente por acción del hombre).
- Erosión hídrica (desprendimiento y remoción del suelo por acción del agua).
- Erosión eólica (desprendimiento y arrastre de partículas del suelo por acción del viento).
- Salinización y sodificación (aumento de sales solubles y sustancias tóxicas que afectan la producción).

### Secundarios

- La degradación física (compactación, encostramiento, afloramiento de horizontes inferiores, reducción de la permeabilidad, destrucción de la estructura del suelo).
- La degradación biológica (reducción y pérdida de materia orgánica y la actividad y población biológica del suelo).
- La degradación química (pérdida de nutrientes, salinización, alcalinización, acumulación en el suelo de sustancias químicas tóxicas para los seres vivos).



## Consecuencias de la desertificación

- Deterioro físico, químico y biológico del suelo.
- Declinamiento persistente de los rendimientos de los cultivos y pérdidas recurrentes de cosechas.
- Daño a los cultivos por arenas que afectan las plantas jóvenes o dejan al descubierto su sistema radicular.
- Pérdida de la capa superficial del suelo por erosión eólica.
- Incremento de la escorrentía hídrica y la erosión del suelo asociado con formación de surcos y cárcavas.
- Contaminación atmosférica (polvo, arena).
- Modificación de albedo y del balance de radiación con efectos sobre el clima local e incluso global.
- Disminución del agua superficial disponible y del nivel freático debido a la reducción en la infiltración y degradación de las cuencas.

...continúa



## Consecuencias de la desertificación

- Falta de suficiente biomasa para forraje y ramoneo o conversión a especies de plantas menos palatables.
- Déficits localizados de productos del bosque y alimenticios, para generación de ingresos y abastecer las necesidades artesanales y domésticas.
- Pérdida de diversidad biológica, por ej. especies silvestres de gran importancia para los habitantes en tierras áridas y semiáridas, principalmente en África.
- Ruptura de sistemas de producción tradicionales aceptados desde el enfoque social y económico.
- Disminución o inexistencia de seguridad alimentaria.
- Miseria y pobreza de la gente en las zonas afectadas.

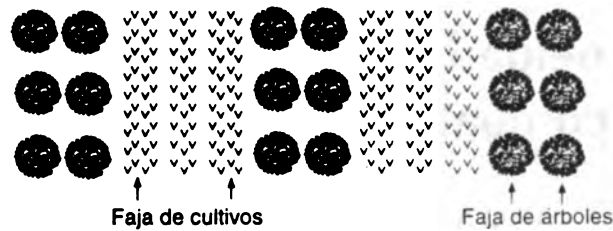


## **Idoneidad de la agroforestería en el combate de la desertificación**

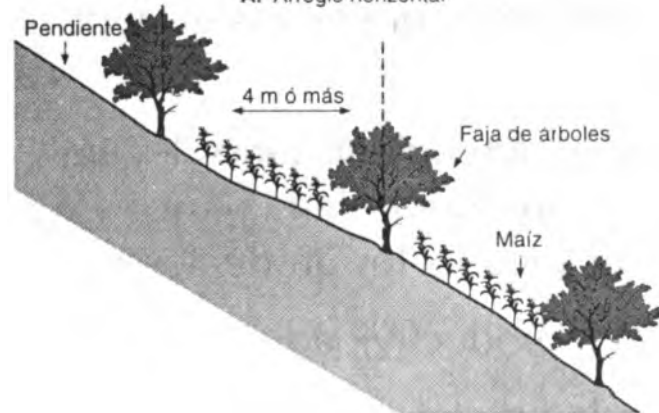
- Tiende a satisfacer las necesidades de los agricultores, tal y como ellos mismos las perciben.
- Utiliza de preferencia insumos locales, de bajo costo, producidos en la finca y que están al alcance de los productores.
- Aumenta la productividad y diversidad total.
- Estabiliza la unidad de producción y la hace menos vulnerable a las variaciones del ambiente físico y socioeconómico.



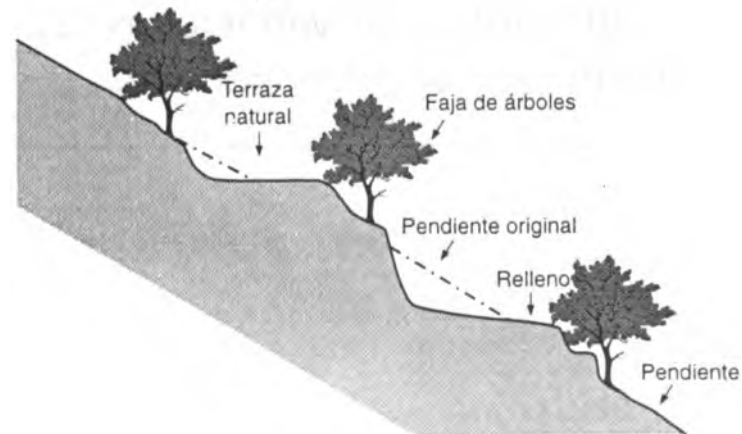
## El cultivos en callejones ayuda en la lucha contra la desertificación mediante la conservación del suelo (formación de terrazas naturales)



A. Arreglo horizontal



B. Arreglo vertical



C. Terrazas formadas con ayuda de los árboles

Fuente: Vergara 1982, en Dover y Talbot, 1987).



## **Funciones de la agroforestería en el combate de la desertificación**

- Contribución a la producción ganadera a través de sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles.
- Conservación del suelo y el agua a través del control de la erosión y el mantenimiento o mejoramiento de su fertilidad.
- Producción de leña, carbón, resinas, gomas, taninos, fibras y otros productos forestales.
- Producción de alimentos para autoconsumo, para venta en el mercado local, o algunas veces, hasta para exportación.
- Función organizadora del paisaje, del espacio (derechos de cultura) y del territorio.
- Mejoramiento de las condiciones socioeconómicas en las zonas rurales (empleo, ingresos, alimentos, diversificación de la producción (menor riesgo)).
- Atenuación de los efectos del clima sobre cultivos, pastos, animales, personas.



## **Prácticas agroforestales que pueden ser útiles en la lucha contra la desertificación**

- Agricultura migratoria mejorada mediante asociación de cultivos, plantaciones en línea, rompevientos, etc.
- Barbechos mejorados con leñosas, principalmente fijadoras de nitrógeno y de uso múltiple.
- Sistema Taungya con cultivos o con plantas forrajeras.
- Cultivo en callejones, cuando se dispone de irrigación.
- Plantaciones en linderos de las parcelas, con especies seleccionadas de acuerdo a las necesidades del productor.
- Cercas vivas con especies que cumplan objetivos múltiples.
- Árboles de uso múltiple en campos de cultivo y en áreas de pastoreo.
- Bancos de proteína para la producción de forraje en los periodos y años secos.

...continúa



## **Prácticas agroforestales que pueden ser útiles en la lucha contra la desertificación**

- Parcelas maderables de uso múltiple, integradas a la gestión de la explotación agrícola.
- Árboles de protección o abrigo a los cultivos, a los animales y viviendas.
- Árboles para la conservación del suelo y el agua en parcelas de cultivos.
- Huertos caseros, aunque mucho menos complejos que los de zonas húmedas, también existen en zonas secas.
- Sistemas agroforestales con cultivos perennes (goma arábiga, cacao, té).
- Árboles en las áreas de pastoreo de animales para su protección y producción de forraje.
- Fijación de dunas mediante leñosas de uso múltiple.
- Apisilvicultura con leñosas cuidadosamente seleccionadas como productoras de néctar y de polen.



## **Prácticas agroforestales utilizadas en el combate de la desertificación en zonas áridas y semiáridas de América Latina**

- Retención de árboles nativos dispersos sobre tierras agrícolas.
- Plantación de árboles frutales o retención de árboles nativos con potencial económico a lo largo de hondonadas y los cursos de agua.
- Plantación y mantenimiento de especies leñosas de uso múltiple en tierras cultivadas. Por ej. *Caesalpinia ferrea*, *Prosopis juliflora* y *Zizyphus joazeiro* (Brasil).
- Pastoreo en áreas de vegetación natural en zonas semiáridas y uso de especies nativas (por ej. *Prosopis* spp.) para suplemento nutritivo y sombra a los animales durante la estación seca.
- Uso de especies de *Acacia*, *Cactus* y *Prosopis* en tierras de pasturas con el propósito de proveer forraje y sombra.
- Uso de rompevientos a lo largo de las planicies y zonas ventosas en las partes meridionales de América del Sur y en Central.



## "Caatinga" del Noreste de Brasil

- Cubre el 10% de la superficie del Brasil.
- El sistema silvopastoril que involucra el uso de la "Caatinga" con ovinos y caprinos es componente básico de los "sistemas mixtos" practicados por la mayoría de productores de escasos recursos. En muchos casos también hay presencia de bovinos y otros herbívoros.
- **Principales componentes**
  - Leñosas: *Auxemma oncocalyx*, *Bauhinia forticata*, *Mimosa caesalpinoides*, *Combretum leprosum*, *Croton hemiargireus*, *Caesalpinia pyramidalis*.
  - Herbáceas: más de 40 especies entre gramíneas anuales (por ej. *Brachiaria mollis*) y malezas (por ej. *Blainvillea rhomboidea*, *Wissadula* sp.).
- Las leñosas (hojas y frutos) son fuentes importantes de alimentación en el período seco, mientras que la vegetación herbácea lo es en el período de lluvias.



## Bosques de la Región Chaqueana

- Superficie: 500 000 km<sup>2</sup> en Noroeste de Argentina y Paraguay, Sureste de Bolivia y Brasil.
- El sistema silvopastoril tradicional del Chaco involucra el uso de la vegetación herbácea, y del follaje y frutos de las leñosas, mediante pastoreo/ramoneo por bovinos, caprinos, ovinos, y equinos. Las leñosas nativas además proveen de madera y se usan para la producción de carbón.
- **Principales Componentes**
  - Leñosas: *Prosopis* spp., *Schinopsis* spp., *Caesalpinia paraguayensis*, *Aspidosperma* spp., *Acacia* spp., *Piptadenia* spp., *Enterolobium contortus*, *Erythrina falcata*, *Geoffroea decorticans* y *Tipuana tipu*.
  - Gramíneas palatables como *Trichloris crinita*, *Gigitaria californica*, *Setaria leiranthia*, *Chloris ciliata* y *Pennisetum frutescens*.
  - Gramíneas poco palatables y no palatables como *Setaria globulifera*, *Aristida mendocina*, *A. colsencioni*, *Chloris virgata* y *Eragrotis cilianensis*.
  - Leguminosas de los géneros *Rhynchosia*, *Desmanthus*, *Zornia* y *Minosa*.
  - Otras especies consideradas malezas como *Sida rhombifolia* y *Eupatorium* spp.



## "Matorral" del Noroeste de México

- Cubre parte de los estados de Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila, aunque condiciones similares se presentan en el 40% del territorio de México.
- La vegetación es utilizada mayormente con bovinos y caprinos, pero el uso no controlado ha provocado degradación fuerte de este recursos.
- Muchas de las leñosas han sido taladas indiscriminadamente para la producción de carbón.
- Componente leñosas
  - Palatables: *Pithecellobium pallens*, *Acacia farnesiana*, *Acacia rigidula*, *Forestiera angustifolia*, *Celis pallida* y *Cordia boissieri*.
  - Más usadas para carbón: *Pithecellobium flexicaule*, *Prosopis glandulosa*, *Condalia hookeri*, *Helietta parvifolia* y *Diospyros texana*.



## Prácticas agroforestales utilizadas en el combate de la desertificación en zonas áridas y semiáridas del Norte de África

- Plantación de frutales como olivo, almendro, higo, albaricoque, pistacho y acacia a lo largo de obras de conservación de suelos y aguas en campos agrícolas.
- Plantaciones permanentes de olivos en tierras de ladera cultivadas de trigo.
- Sistemas silvopastoriles: pastoreo y ramoneo en pasturas con especies leñosas. Por ej. *Acacia cyanophylla* es ampliamente plantada como especie para ramoneo.
- Manejo de vegetación leñosa natural para proveer forraje y leña y para pastoreo de animales.
- Fajas arbóreas protectoras y rompevientos con especies como *Eucalyptus* spp., *Acacia* spp. y *Cupressus* spp.





## Prácticas agroforestales utilizadas en el combate de la desertificación en el Sahel

- Uso de árboles de especies nativas de uso múltiple como *Faidherbia albida* en las tierras de cultivo utilizadas para leña, forraje y mejorar la fertilidad del suelo.
- Sistemas intensivos de manejo de árboles individuales combinado con la producción agrícola (principalmente millo y sorgo) y pastoreo.
- Utilización de leñosas como *Acacia tortilis* y *Faidherbia albida* en campos de cultivo para producción de combustible (leña y carbón).
- Postoreo y ramoneo en la vegetación leñosa natural y barbechos mejorados durante la estación seca.
- Barreras protectoras y rompevientos con especies como *Azadirachta indica*, *Anacardium occidentale* y *Acacia* spp.
- Cercas vivas de especies como *Euphorbia balsamifera*, *Commiphora africana*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Tamarix articulata*, *Casuarina equisetifolia* y *Bauhinia reticulata*.



## **Prácticas agroforestales utilizadas en el combate de la desertificación en el Cercano Oriente**

- Uso de árboles establecidos en asociación con obras de conservación suelos y aguas en tierras de cultivo.
- Rompevientos de especies productivas, alrededor de los campos de cultivos, tales como álamos, *Casuarina* y *Eucalyptus* o mezclas de árboles frutales y arbustos.
- Campos bajo riego protegidos con rompevientos, como en Egipto y Siria.
- Pasturas mejoradas combinadas con leñosas para ramoneo.
- Sistemas silvopastoriles tradicionales con una combinación de árboles podados (*Pistacia* spp.) y pastoreo.



## Prácticas agroforestales utilizadas en el combate de la desertificación en zonas áridas y semiáridas de Asia y el Pacífico

- Combinación permanente de árboles de uso múltiple como *Prosopis cineraria* y *Ziziphus mauritiana*, y *Tamarindus indica* en campos agrícolas (por ej. en India y Pakistán).
- Uso extensivo de árboles para producción y protección en tierras agrícolas (por ej. en China e India).
- Rompevientos en áreas bajo riego con especies como *Dalbergia sissoo*, *Acacia nilotica*, *A. indica* *Melia azedarach* y en agricultura de secano con especies como *Tamarix* sp. y *Calligonum* sp. (India).
- Plantación de hileras ampliamente espaciadas de *Eucalyptus* spp., *Acacia nilotica* o álamos en tierras agrícolas irrigadas para producción de madera combinada con cultivos (Pakistán).
- Sistemas tradicionales con árboles y arbustos podados en tierras bajo pastoreo (India y Pakistán), o pastos mejorados con especies leñosas (nativas y exóticas) para ramoneo (Pakistán).
- Plantación de árboles individuales, en grupos o en líneas para proveer sombra, protección del viento y forraje seco a la ganadería (Australia).
- Establecimiento de hileras con una mezcla de leñosas (*Artemisia* spp.) y herbáceas (*Salsola* spp.) y pastoreo cuidadosamente controlado (Rusia).



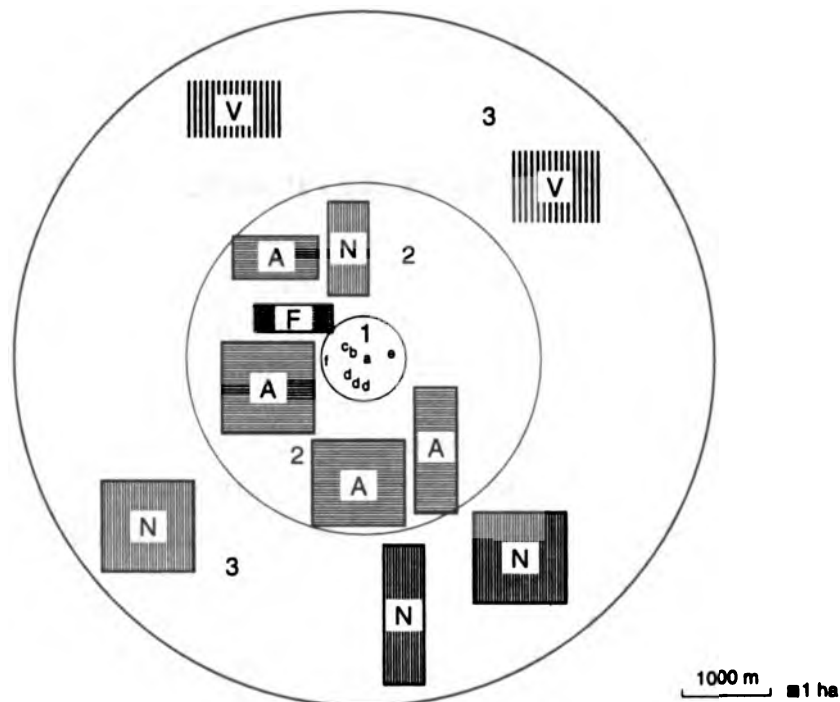
## Sistema agrosilvopastoril en Senegal, utilizando *Faidherbia albida*

- *F. albida* es un árbol que alcanza hasta 20 m de altura, con amplia distribución en las partes semiáridas de Africa. Las raíces pueden descender 30 a 40 m, hasta alcanzar la tabla de agua subterránea.
- Contrario a la mayoría de especies de sabanas tropicales, pierde las hojas durante la estación de lluvias (evita competencia con los cultivos) y mantiene follaje desde el inicio de la estación seca.
- La hojarasca se descompone al final de la estación seca y las excretas de los animales que pastorean alrededor de los árboles enriquecen el suelo, favoreciendo el rendimiento de los cereales como millo y sorgo.
- *F. albida* es un importante y eficiente mejorador del suelo y bajo las condiciones prevalecientes, mayor y mejor que los fertilizantes químicos.
- Es uno de los principales recursos forrajeros, ya que su follaje y las vainas son disponibles durante la estación seca.
- El árbol es ramoneado y frecuentemente podado y sus ramas alimentan camellos, ganado, ovejas y cabras.
- La madera es utilizada localmente para diferentes propósitos, mientras que la corteza, hojas y goma son colectadas para fines medicinales, taninos, etc.

Fuente: Maydel, 1976.



## Combinación de *Acacia senegal* con pastoreo semi-nómada



- Círculo interno: el pozo, la oficina forestal, el vivero, pequeños jardines irrigados para cultivar vegetales, árboles de sombra en lugares de mercadeo y reunión del pueblo.
- El anillo interno: (A) parcelas de reforestación; (N) parcelas de regeneración; (F) campos de pobladores en los mejores suelos, campos de cultivo combinados con árboles de protección, forraje y leña.
- El anillo externo: áreas de regeneración natural (N) y vegetación mejorada (V).

Fuente: Maydel, 1976



## Agroforestería combinando *Acacia senegal* con agricultura de secano

<p>Cultivo de millo, sorgo, etc., durante cinco años.</p>	<p>Siembra de <i>Acacia senegal</i>, intercultivo o corta de pasto durante 1 a 5 años.</p>
<p>Acacia senegal de 11 a 15 años. Rendimientos máximos de goma arabica, pastoreo controlado, cosecha de leña en el último año, luego de la corta y aclareo.</p>	<p><i>Acacia senegal</i> de 6 a 10 años, rendimientos máximos de goma arabica, corta de pasto, recolección de vainas y follaje para forraje.</p>

Fuente: Maydel, 1976.

## LITERATURA CITADA

- Anaya, G. M. 1977. Technology and desertification: Its causes and consequences. Secretariat of the United Nations Conference on desertification. Pergamon Press. p. 319-448.
- Baumer, M. 1987. Le role possible de l'agroforesterie dans la lutte contre la désertification et la dégradation de l'environnement. Wageningen, Pays-Bas. CTA. 260 p.
- Baumer, M.; Wood, P. 1986. Agroforestry research and development: agroforestry practices for the solution of food, fodder and fuel shortages. In: Increasing productivity of multipurpose lands. IUFRO Research Planning Workshop for Africa Sahelian and North Sudanian Zones. Nairobi, Kenya, IUFRO. p. 22-88.
- Catterson, T. M.; Gulick, F. A. 1989. Desertification-Rethinking forestry strategy in Africa: experience drawn from USAID activities. In: Role of forestry in combating desertification. Rome, FAO. FAO Conservation Guide 21. p. 91-113.
- Comisión Nacional de las Zonas Áridas (México)-FAO. (CONASA).1994. Plan de acción para combatir la desertificación en México. 1 ed. Coahuila, México. CONAZA-FAO. 160 p.
- Dover, M.; Talbot L.M. 1987. To feed the Earth: agroecology for sustainable development. Washington, World Resources Institute. 88 p.
- Elhourri Ahmed, A. 1989. Land restoration and revegetation. In: Role of forestry in combating desertification. Rome, FAO. FAO Conservation Guide 21. p. 253-266.
- FAO. 1989. Role of forestry in combating desertification. Rome, Italy. FAO Conservation Guide 21. 333 p.
- FAO-PNUMA-UNESCO. 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia. FAO. 86 p.
- FAO. 1984. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de la desertificación. Roma, Italia. FAO. 74 p.
- Imbach, A. C.; Fassbender, H.W.; Beer, J.; Borel, R.; Bonnemann, A. 1989. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y café con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. 6: Balances hídricos e ingreso con lluvias y lixiviación de elementos nutritivos. Turrialba 39 (3): 400-414.
- Kirmse, R.,D.; Pfister, J.A.; Vale, L.V.; Queiros, J.S. 1983. Woody plants of the northern Ceara Caatinga. Small Ruminant Collaborative Research Support Program. Utah State University. Technical Report Series No. 14.
- Kirmse, R.D.; Provenza, F.D.; Malechek, J.C. 1987. Clear-cutting Brazilian caatinga: assessment of a traditional grazing management practice. *Agroforestry Systems* 5: 429-441.
- Maydell, H. J. von. 1979. Agroforestry to combat desertification; a case study of the Sahel. In: Symposium on tropical agriculture. Proceedings of the 50<sup>th</sup> Symposium on Tropical Agriculture. Amsterdam, Royal Tropical Institute. Bulletin No. 303. p. 11-24.
- Mainguet, M. 1991. Desertification. Natural Background and Human Mismanagement. Berlin, Springer-Verlag. 306 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. México, Limusa. 520 p.
- Shankarnarayan K. A.; Harsh, L. N.; Kathju, S. 1987. Agroforestry in the arid zones of India. *Agroforestry Systems* 5: 69-88.
- Stiennen, H. 1990. The agroforestry potential of combined production systems in north-eastern México. *Agroforestry Systems* 11: 45-69.
- Terán, J.; Ibrahim, M. 1997. El rol de los árboles y arbustos de los bosques secos en los sistemas de producción de la región Chaqueana Serrana de Chuquisaca, Bolivia. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 12 p.
- Thames, J. L. 1989. Watershed management in arid zones. In: Role of forestry in combating desertification. Rome, FAO. FAO Conservation Guide 21. p. 211-233.
- Tolba, M. K. 1984. Harvest of dust. UNEP, Desertification Control Bulletin No. 10. p. 2-4.