

## ANÁLISIS Y COMENTARIOS

# INVESTIGACIÓN Y EXTENSION PARA PROMOVER LA SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS DE GRANOS BÁSICOS EN ZONAS DE LADERA, EL SALVADOR<sup>1</sup>

Richard. Barber<sup>2</sup>

### RESUMEN

**Investigación y extensión para promover la sostenibilidad en sistemas de granos básicos en zonas de ladera, El Salvador.** Se analizan las estrategias, en investigación y extensión, que permitan a los productores dejar una cobertura adecuada de rastrojos sobre el suelo, sin disminuir la disponibilidad de alimentos para el ganado. Se evaluó i) el porcentaje mínimo de cobertura de rastrojos para reducir la erosión y promover sostenibilidad para diferentes penientes, suelos, sistemas de cultivos y zonas agroecológicas, ii) prácticas para mejorar la fertilidad de los suelos, iii) selección de variedades mejoradas de granos básicos y estudios sobre su asociación con cultivos de leguminosas de cobemra, iv) modificaciones en el manejo de rastrojos, v) producción de alimentos alternativos para el ganado en la época seca para reducir la dependencia del consumo de rastrojos, vi) capacitación de productores sobre la necesidad de adoptar sistemas racionales del uso de rastrojos para asegurar mayor sostenibilidad. Para promover sostenibilidad en sistemas de granos básicos es imprescindible implementar actividades de investigación y extensión relacionadas al manejo tanto del ganado como de los granos básicos.

### ABSTRACT

**Research and extension to promote the sustainability of the basic grains system in the slopes in the area of El Salvador.** We analyzed the priorities for research and extension that would allow farmers to leave an adequate residue cover on the soil surface, without diminishing the availability of livestock fodder. We evaluated: 1. The identification of the minimum percentage residue cover to reduce erosion and to promote sustainability for different slope gradients, soil cropping systems and agroecological zones. 2. The practices to improve soil fertility. 3. The selection of improved varieties of grain crops and studies on their association with legume cover crops. 4. Modifications in the residue management. 5. The production of alternative livestock feeds for the dry season, to reduce the pressure on residues from livestock. 6. The training of farmers on the need to adopt rational systems of residue utilization, to ensure greater sustainability. We found that to promote sustainability in grain cropping systems, it is essential to carry out carry research and extension activities related to the management of both livestock and grain crops.



### INTRODUCCIÓN

Una de las prácticas más importantes para promover el manejo sostenible de tierras yaguas es dejar los rastrojos de cultivos sobre el suelo (Shaxson, *et al.*, 1989; Stewart, 1993). Las ventajas de un mantillo de rastrojos sobre el suelo, en cuanto a la disminución de la degradación de los suelos y el mantenimiento de recursos hídricos, son bien conocidas por la comunidad científica (IBSRAM, 1990; ASA, 1978; Shaxson, Hudson, Sanders, Rose, Moldenhauer, 1989). Sin embargo, para muchos productores que tienen cultivos y ganado en pequeñas propiedades, como en

las zonas de ladera de El Salvador, hay un conflicto entre el uso de rastrojos para el ganado y dejarlos en la parcela para proteger y sostener la fertilidad de los suelos. Para que los productores puedan dejar cantidades suficientes de rastrojos en las parcelas con el propósito de sostener la fertilidad de los suelos y de los sistemas de granos básicos, es necesario hacer investigaciones y extensión para: identificar cual es la cobertura mínima de rastrojos bajo diferentes condiciones, implementar prácticas para aumentar la producción de rastrojos, modificar la forma de utilización, buscar otras fuentes de alimentos para el ganado, y capacitar los productores sobre sistemas

<sup>1</sup> Presentado en la XLII Reunión Anual del PCCMCA en El Salvador 1996, Centroamérica. Proyecto CENT A-F AO "Agricultura Sostenible en Zonas de Ladera," (GCPIELS/OO4INET).

<sup>2</sup> FAO, Apartado Postal 2454, San Salvador, El Salvador.

racionales del uso de rastrojos. Otras investigaciones prioritarias están relacionadas a mejoramientos en los aspectos económicos, sociales y ambientales de los sistemas de producción de granos básicos para aumentar la sostenibilidad de los mismos.

### **Condiciones Agroecológicas y Socioeconómicas de los Productores en Zonas de Ladera de El Salvador.**

El Salvador es un pequeño país en Centro América de sólo 21,000 km<sup>2</sup> ubicado entre las líneas de latitud 14° 28'N Y 13° 0'N. Aproximadamente 65% del territorio son laderas con pendientes mayores a 15%, la densidad de población es 254 personas/km<sup>2</sup> y 87% de los productores cultivan parcelas de menos de 3ha (Banco Mundial, 1994). La precipitación anual promedio es 1,800mm y está concentrada de cinco a seis meses, entre mayo y octubre, y en las partes orientales del país existe una canícula (época seca) que dura de dos a cuatro semanas durante los meses de julio y agosto. La mayoría de los agricultores tienen ganado y sus cultivos principales son maíz y frijoles para su propia alimentación y sorgo para el ganado. Se estiman que 58% de los granos básicos son producidos en pendientes de 12 a 50% (Prisma, 1995).

### **Identificación de las Prioridades de Investigación y Extensión.**

#### **Referente al Porcentaje Mínimo de Cobertura de Rastrojos.**

Algunos estudios han mostrado que en general se requiere una cobertura mínima de rastrojos de 30 ó 40% para mantener las pérdidas de suelo a niveles tolerables (Lal, 1975; Shaxson, *et al.*, 1989; Saxton, 1991). En El Salvador la mayoría de los agricultores trabajan en pendientes de 15-50%, pero, casi todos los estudios sobre la cobertura mínima de rastrojos se refieren a pendientes menores de 20%.

Cuando los rastrojos son dejados en la superficie del suelo, el proceso de erosión por salpicadura, puede llegar a ser más importante que los procesos de erosión laminar y erosión por surco. Esto es debido a que los rastrojos obstaculizan y frenan la velocidad de la escorrentía. Las pérdidas de suelo por erosión por salpicadura se incrementan en la medida que la pendiente aumenta, y por lo tanto se esperaría que mayores coberturas de rastrojos sean necesarias en pendientes más inclinadas para restringir las pérdidas de suelo a niveles aceptables. Un estudio recién llevado a cabo en pendientes de 15-90% en Morazán, ha mostrado que se requiere una cobertura mínima de rastrojos de por lo menos 70% para mantener los suelos con bajos riesgos de erosión (Argueta, 1996). Este estudio

también demostró que el porcentaje mínimo de cobertura de rastrojos que corresponde a moderados riesgos de erosión aumenta marcadamente con la pendiente (Figura 1). Debido a una escasez de datos no fue posible confirmar la relación entre el porcentaje mínimo de cobertura de rastrojos y la pendiente que corresponde a la clase de bajo riesgo de erosión. Se requieren más estudios con mayor tiempo de duración, para definir con más precisión los niveles críticos de cobertura de rastrojos. Entonces sería una prioridad de investigación: Identificar los porcentajes críticos de cobertura de rastrojos que reducirían la erosión del suelo a niveles aceptables para diferentes grados de pendiente, sistemas de cultivos, suelos y zonas agroecológicas.

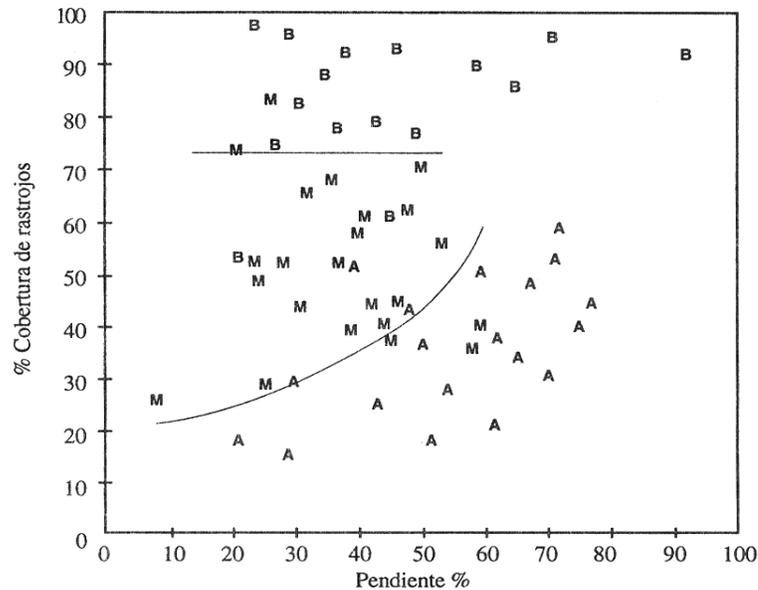
Uno de los factores que tiene mucha influencia sobre la sostenibilidad de suelos, es la actividad biológica, especialmente la de la meso y macrofauna, que promueve los procesos de humificación y formación de estructura (Lavelle *et al.*, 1992). El grado de actividad de la fauna dependerá de la presencia de humedad en el suelo y, para algunas de las lombrices, en la permanencia de cantidades adecuadas de rastrojos en la superficie. Si hay insuficientes rastrojos estas lombrices migrarán a otras áreas. Entonces para promover la sostenibilidad es probable que se requiera una cierta cantidad de rastrojos para mantener una actividad óptima de la macro-fauna.

En algunas situaciones es probable que la cobertura mínima de rastrojos que disminuye las pérdidas de suelo a niveles tolerables no sea suficiente para mantener la actividad de la macro-fauna al nivel deseado para promover sostenibilidad, especialmente en pendientes menores. Entonces una prioridad de investigación más básica es: -Determinar la cobertura mínima de rastrojos que mantenga una actividad óptima de macrofauna para promover sostenibilidad en diferentes pendientes, suelos, sistemas de cultivos y zonas agroecológicas.

#### **Referente al Mejoramiento de la Productividad de los Suelos.**

Cualquier práctica que mejore la productividad de los suelos aumentará su potencial para producir más rastrojos y más grano. Entonces prioridades para investigación: -Identificar cuales deficiencias y desequilibrios nutricionales existen en los suelos por medio de análisis foliar y análisis de suelos, -Investigar, validar y transferir tecnologías sobre el uso de cultivos de leguminosas de cobertura, abonos orgánicos y fertilización para mejorar la fertilidad de los suelos.

Los agricultores de El Salvador gastan entre 20-50% de costo total de producción de granos básicos en



**Fig. 1.** Relación entre riesgos de erosión del suelo, cobertura de rastrojos y grado de pendiente.

la compra de fertilizantes. Además, el año pasado los precios de fertilizantes nitrogenados aumentaron hasta 100%. Por lo tanto una manera de mejorar la sostenibilidad de los sistemas de granos básicos es la introducción de prácticas que reduzcan los costos de producción. Por lo tanto la sustitución completa o parcial de los fertilizantes inorgánicos con abonos orgánicos, como gallinaza, estiércol, pulpa de café o compost debería reducir los costos de producción. Sin embargo la distribución de abonos orgánicos y las cantidades disponibles son limitados en muchas partes de El Salvador; entonces es poco probable que muchos productores podrían aprovecharlas. Además el uso de abonos orgánicos tendría una replicabilidad reducida.

Otra forma de reducir los costos de fertilizantes nitrogenados es sembrar leguminosas como cultivos de cobertura asociados con los cultivos graníferos. Entonces una prioridad de investigación: - Identificar las leguminosas más aptas para diferentes zonas y cómo incorporarlas en los sistemas de granos básicos para que sirvan como fuentes de nitrógeno.

A menudo, las recomendaciones para aplicaciones de fertilizantes nitrogenados son inadecuadas porque no existe un método de análisis que indique la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo. La mejor solución es obtener información de ensayos de campo sobre las relaciones entre respuestas de cultivos a diferentes niveles de nitrógeno para diferentes cultivos, suelos y zonas agroecológicas. Estas relaciones, o curvas de respuesta, permiten hacer recomendaciones económicas óptimas de fertilización, y ajustar las recomendaciones en base a cambios en los precios de

fertilizante o grano, reduciendo así los costos de producción. Pero sería aconsejable determinar las curvas de respuesta al nitrógeno para cultivos graníferos asociados con leguminosas bajo labranza conservacionista. Así mismo otra prioridad será: - determinar las curvas de repuesta al nitrógeno de cultivos graníferos asociados con leguminosas bajo labranza conservacionista para los cultivos, suelos y zonas agroecológicas más importantes.

#### Referente a Modificaciones de los Sistemas de Producción de Granos Básicos.

Los componentes de un sistema de granos básicos influyen en la producción de rastrojos. El maíz y sorgo producen cantidades altas de rastrojos (Cuadro 1), y entonces es mucho más fácil reducir la erosión a niveles tolerables y promover sostenibilidad con estos cultivos que con arroz y frijoles que producen menores cantidades de rastrojos, o éstos que son más fácilmente descompuestos. Sin embargo hay muchas variaciones en las cantidades de rastrojos entre variedades de la misma especie. A veces, las variedades criollas aportan mucho más rastrojos que las mejoradas, por ejemplo, el sistema de maíz con sorgo criollo de relevo en Guaymango, El Salvador, da grandes cantidades, 8,5 t/ha, de rastrojos (Choto, *et al.*, 1993). Por lo tanto, la selección de cultivos y variedades que aportan grandes cantidades de rastrojos es importante. Además otra prioridad para investigación es: -hacer pruebas de adaptabilidad de variedades de maíz y sorgo para identificar cuales producen altos rendimientos tanto de rastrojos como de grano para diferentes suelos y zonas agroecológicas.

**Cuadro 1.** Relación entre la producción de rastrojos y grano para diferentes cultivos (Barber, 1994).

Cultivo	Rastrojo (kg/ha)	Relación rastrojo/grano
Soya	1570	0,64
Maíz	3760	1,96
Sorgo de grano	3600	1,22
Trigo	970	0,59
Frijol	900	1,15

Algunos sistemas de manejo de cultivos no dejan cantidades adecuadas de rastrojos en la parcela donde, por ejemplo, los productores cortan y llevan los rastrojos fuera de la parcela para su ganado. Entonces la introducción de cultivos de cobertura, intercalados o en relevo, contribuiría una mayor producción de rastrojos con mayores posibilidades que quedarán más de ellos en la parcela. Entonces una prioridad de investigación:

- Identificar cultivos de cobertura, preferentemente leguminosas, que son aptos para diferentes suelos y zonas agroecológicas, e investigar cómo incorporarlas en diferentes sistemas de granos básicos.

#### **Referente a Modificaciones en el Manejo de los Rastrojos.**

La cantidad de rastrojos que queda al comienzo de la época de lluvia, dependerá no sólo del nivel de producción y su susceptibilidad a descomposición, sino también, dependerá en gran parte del destino y manejo de los rastrojos, si son quemados, pastoreados o cortados.

*Donde Queman Los Rastrojos.* En zonas donde los agricultores queman rastrojos, la prioridad es para extensión: -Promover una campaña de no-quema que muestre tanto las ventajas de no quemar los rastrojos y dejados sobre el suelo, como las pérdidas y daños ocasionados por la quema.

*Donde Pastorean Los Rastrojos.* La mayoría de los agricultores en El Salvador pastorean los rastrojos, y la cantidad de ellos que queda en la parcela después del pastoreo dependerá de la cantidad inicial de rastrojos, el número de cabezas, y la duración del pastoreo. Datos de Guaymango indicaron que después del pastoreo quedan entre 20 y 60% de la cantidad inicial de rastrojos en la parcela (Calderón, *et al.*, 1991). Para evitar el sobrepastoreo el agricultor debe controlar la intensidad del pastoreo, y por eso necesita parcelas cercadas y subdivididas. Entonces prioridades para investigación y extensión: -Identificar árboles multipropósitos que son aptos para cercas vivas en diferentes suelos y zonas

agroecológicas. Lanzar campañas para promocionar la adopción de cercas vivas con árboles multipropósitos.

#### **Referente a la Producción de Alimentos Alternativos para Ganado.**

La producción de alimentos alternativos que pueden ser dados al ganado en la época seca debería reducir la presión sobre los rastrojos por el ganado. Entonces prioridades para la investigación y extensión:

- Investigar la aptitud de árboles forrajeros (especies nativas y exóticas), pastos mejorados y leguminosas para diferentes suelos y zonas agroecológicas que puedan servir como alimentos del ganado en la época seca,
- Promocionar, por medio de demostraciones y campañas, la adopción de árboles forrajeros en bancos proteicos o linderos, pastos mejorados, leguminosas (puras o intercaladas), y la producción de ensilajes y heno para la época seca.

La producción de ensilajes está limitada en muchas zonas debido a las dificultades de los productores obtener acceso a un molino de martillo. Entonces una prioridad de extensión: - Promover la organización de los agricultores para que tengan mayores posibilidades de comprar en forma cooperativa un molino de martillo para producir ensilaje.

#### **Referente a la Capacitación de los Productores.**

Es muy importante capacitar a los productores sobre el uso de rastrojos en una forma racional, es decir, dejar suficientes en la parcela para proteger y sostener la productividad de los suelos. También se requiere capacitación sobre la necesidad de restringir el tamaño de su hato de acuerdo a las cantidades de alimentos disponibles. Si los productores no reciben capacitación adecuada, es muy posible que cualquier incremento en la producción de rastrojos o alimentos alternativos resultará en incrementos en los tamaños de los hatos, sin proporcionar ningún beneficio a las tierras. Entonces las actividades prioritarias son: - Dar capacitación sobre la necesidad de usar rastrojos en una

forma racional y ajustar el tamaño de sus hatos de acuerdo con las cantidades de alimentos disponibles para sostener la productividad tanto de los suelos como del ganado. -Dar capacitación sobre el manejo y pastoreo de pastizales para reducir su degradación y maximizar su producción.

#### **Referente a Mayor Aceptación Económica.**

Reducciones en los costos de producción aumentarían la sostenibilidad de los sistemas de producción. Se pueden reducir los costos de producción por el uso de plaguicidas botánicos o semi-botánicos, inoculantes y control biológico de plagas. En El Salvador ya se tienen experiencias sobre el uso de Chilamate (*Ficus pertusa* Griseb.) y Matapalo (*Loranthus americanus* Jacq.) para preparar un herbicida semi-botánico (CENTA, 1994), y extractos de Nim (*Azadirachta indica* A. Jus.) como plaguicida botánico (Bran, 1992). Otra ventaja es que los plaguicidas botánicos reducen los peligros a la salud y por eso contribuyen a mayor aceptación social. Entonces prioridades de investigación y extensión son: - Investigar y promover la adopción de herbicidas y plaguicidas botánicos, inoculantes y el control biológico de plagas. - Promocionar la organización de productores para facilitar la compra de insumos a menores precios y la venta a mayores precios.

#### **Referente A Mayor Aceptación Social.**

Una mayor aceptación social también contribuye a la sostenibilidad de los sistemas de cultivos, y se puede promover la aceptación social por medio del uso de equipos y herramientas que reducen la mano de obra, la incorporación de las mujeres en las labores de campo, y el uso de químicos de menos peligro a la salud. Entonces prioridades de investigación y extensión son: - Probar la adaptabilidad a condiciones locales de sembradoras y abonadoras-sembradoras manuales para siembra directa que reducen la mano de obra. - Investigar y promocionar el uso de plaguicidas botánicos y semi-botánicos, y el uso de plaguicidas menos tóxicos, como Glifosato en lugar de Paraquat, para controlar malezas en la siembra directa.

#### **Referente A Mayor Aceptación Ambiental.**

Ningún sistema de producción de cultivos puede ser sostenible si resulta en la degradación de las tierras y el deterioro del ambiente. La mejor manera de proteger las tierras en zonas de ladera es por la presencia de una cobertura protectora de rastrojos sobre el suelo.

La presencia de barreras vivas también tiene mucha utilidad especialmente para reducir erosión

donde es difícil mantener una cobertura adecuada de rastrojos, y donde la estructura superficial del suelo restringe la infiltración de la lluvia. No se consideran cultivos en callejones como una buena opción para reducir la erosión debido a la poca adopción de esta práctica en otros países, principalmente por la alta mano de obra necesaria. Entonces prioridades de investigación son: - Investigar la aptitud y aceptación por los productores de diferentes cultivos como barreras vivas en diferentes sistemas de cultivos, suelos y zonas agroecológicas. -Montar una campaña de adopción de barreras vivas en zonas donde sea difícil mantener una cobertura protectora de rastrojos, o donde los suelos tienen estructuras superficiales degradadas.

En ciertas situaciones las obras físicas contribuyen a disminuir la degradación de las tierras, el deterioro de los recursos hídricos, y daños a las infraestructuras. Sin embargo el alto costo de construcción y mantenimiento de ellas frecuentemente disuade a los agricultores de construídas. Las obras físicas llegan a ser más importantes en situaciones donde hay poca infiltración de la lluvia debido a la presencia de suelos con estructuras superficiales degradadas o donde hay una concentración de escorrentía que se origina de caminos o áreas de rocas expuestas. Siempre deben considerarse las obras físicas como complementarias, y no como alternativas, a las prácticas culturales, ya que no controlan la erosión entre ellas mismas. Además a medida que la estructura del suelo mejora por el efecto de dejar los rastrojos sobre el suelo, la infiltración del suelo aumentará, y la necesidad para la obra física disminuirá. Luego, después de varios años es probable que se podrá abandonar la obra física sin arriesgar problemas; ambientales. Entonces otra prioridad para investigación y extensión es: - Investigar las situaciones donde las obras físicas realmente son necesarias, y promover su adopción.

## **CONCLUSIONES**

Para promover la sostenibilidad de sistemas de granos básicos es necesario implementar no solamente actividades de investigación y extensión relacionadas a los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales de los granos básicos, sino también otras actividades relacionadas al manejo del ganado. Esto se debe a la íntima relación que existe entre granos básicos y ganado causada por el conflicto sobre el destino de los rastrojos.

En términos generales, para solucionar los problemas de un componente de un sistema agropecuario de finca es imprescindible considerar todos los componentes del sistema con los cuales hay interacciones.

## LITERATURA CITADA

- ARGUET A, M. 1996. Análisis de la producción y utilización de rastrojos y su relación con riesgos de erosión en el Depto. de Morazán. Tesis para Ing. Agrónomo, Universidad Centroamericana José Simeon Cañas, San Salvador, El Salvador.
- ASA. 1978. Crop residue management systems. Ed. W.R. Oschwald. ASA Special Publication No. 31. American Society of Agronomy, Madison, Wisc. USA. 248 p.
- BANCO MUNDIAL 1994. El Salvador natural resources management study. Agricultural and natural resources operations division, department. II. Latin American and Caribbean Region. Report no. 12355-ES. Washington.
- BRAN, J. V. 1992. Conozca las múltiples bondades del árbol de Nim. Proyecto CENTA-GTZ, CENTA, San Andrés, La Libertad, El Salvador.
- CALDERON, F; SOSA, H; MENDOZA, V; SAIN, G; BARRETO, H. 1991. Aspectos tradicionales de la adopción y difusión de la labranza conservacionista en Metalío-Guaymango, El Salvador. Artículo presentado en el taller sobre Agricultura Sostenida, Costa Rica, 12-16 Agosto, 1991.
- CENTA, 1994. Cómo preparar herbicida semi-botánico. Boletín Informativo No. 123. Agencia de Extensión Agropecuaria y Forestal de San Martín. Gerencia de Comunicaciones, San Andrés, La Libertad, El Salvador.
- CHOTO DE CERNA,C; SAIN, G; MONTENEGRO, T. 1993. Análisis del mercado de rastrojo y sus implicaciones para la adopción de la labranza conservacionista en El Salvador. Informe del Programa Regional de Maíz, CIMMYT.
- IBSRAM, 1990. Organic matter management and tillage in humid and subhumid Africa. Proceedings of the Third Regional workshop of the AFRICALAND Programme, Antananarivo, Madagascar. 457p.
- LAL, R. 1975. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. Ibadan, IITA, Nigeria.
- LAVELLE, P; SPAIN, A.V; BLANCHART, E; MARTIN, A; MARTIN, S. 1992. Impact of fauna on the properties of soils in the humid tropics. *In*: R. Lal and P.A. Sanchez (eds.) Myths and Soil Science of the Tropics, SSSA Special Publication No. 29. American Society of Agronomy, Madison, Wisc., USA. pp 157-185.
- PRISMA, 1995. WWF structural adjustment project study. II. Country study for El Salvador. Final Report (March 1995). Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA), San Salvador, El Salvador.
- SAXTON, K.E. 1991. Residue-farming machines. Crop residue management for conservation, SoB and water conservation society, Ankeny, IA., USA. pp 25-26.
- SHAXSON, T.F; HUDSON, N.W; SANDERS, D.W, ROOSE, E; MOLDENHAUER, W.C. 1989. A Land husbandry framework for soil and water conservation. SoB and water conservation society, Ankeny, Iowa, USA. 64 p.
- STEWART, B.A. 1993. Tillage and residue management for sustainable land use. *In*: J.M. Kimble (ed.) Proc. of 8th. Int. SoB Management Workshop: Utilization of soil survey information for sustainable Land use. USDA Soil Conservation Service, National Soil Survey Centre, N.E., USA.