ITEA (1995), Vol. 91V N.º 3, 186-196

BALANCE ENERGETICO DEL GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) EN CONDICIONES SEMIÁRIDAS BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE CULTIVO

G. Yepes Jaramillo *
E. Sobrino Vesperinas **

* Dpto. Biología - Fac. Ciencias
Universidad de Medellín. A. A.
3840 Medellín, Colombia

** Dpto. Producción Vegetal:
Botánica y P. V. - E.T.S.I.
Agrónomos. 28040 Madrid, España

RESUMEN

Se estudia la productividad y el balance energético del girasol en un área semiárida de clima mediterráneo, bajo tres diferentes sistemas de cultivo, con objeto de determinar la eficacia energética bajo condiciones de estrés hídrico. Se observó que el sistema de secano tradicional, a pesar de ser escasamente productivo en términos de biomasa comercializable, tiene un balance energético positivo; aunque éste solamente representa un 9% del obtenido en el sistema de regadío y un 26% del correspondiente al secano racional. El sistema más eficaz en la utilización de la energía es el secano racional.

Palabras clave: Girasol, *Helianthus annuus,* balance energético, estrés hídrico.

SUMMARY
ENERGY BALANCE OF SUNFLOWER (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) IN SEMIARID ZONES UNDER DIFFERENT CROP SYSTEM.

The productivity and energy balance of sunflower in a semiarid area of Mediterranean climate is studied under three different crop systems, in order to assess the energy efficiency under hydric stress conditions. It is observed that the traditional dryland system, which is scarcely productive in terms of marketable biomass, has a positive energy balance; although this only represents a 9% of the one obtained in the irrigation system, and a 26% of those corresponding to the rational system. The most efficient system in the use of energy is the rational dryland.

Key words: Sunflower, *Helianthus annuus,* energy balance, hydric stress.

Introducción

En al actualidad el girasol, junto con el olivo, es la fuente más importante de aceites vegetales en España, y figura en cuarto lugar cuando se considera a nivel mundial (FAO, 1992). En España, ocupaba en la última década, una superficie de alrededor de 1.000.000 ha (MAPA, 1989). Aunque en 1992 y 1993 creció notablemente, alcanzando 1.400.000 ha. en 1992 y del orden de

2.200.000 ha. en 1993, como consecuencia de las primeras medidas derivadas de la reforma de la Política Agraria Comunitaria (PAC). Sin embargo en 1994, la superficie dedicada al girasol solo alcanzó 1.300.000 ha y en el futuro todavía pueden producirse reducciones de mayor importancia, en la superficie dedicada a este cultivo, como consecuencia de las recientes disposiciones comunitarias dentro del marco de la PAC, que obligan a limitar su superficie.

Considerando su superficie de cultivo, el girasol se sitúa como tercer cultivo herbáceo en España, alcanzando una importancia económica decisiva, especialmente en determinadas áreas donde ha servido para mantener la renta de numerosos núcleos agrarios. La mayoría de esta superficie se cultiva en condiciones de secano, bajo climatología mediterránea, donde las precipitaciones ocurren principalmente en otoño y primavera, mientras que la evapotranspiración de los meses estivales es elevada. De esta manera el girasol debe soportar un estrés hídrico desde medio a elevado según las distintas regiones.

Estos hechos determinan que la productividad del girasol debe basarse, en buena parte, en la reserva hídrica del suelo, por lo que resulta usual, que los suelos dedicados a esta especie en España posean texturas desde francas a arcillosas, junto a una adecuada profundidad, cuando se cultiva en secano.

En ciertas áreas semiáridas mediterráneas, donde actualmente se cultiva, con pluviometria anual del orden de 400 mm. y una elevada transpiración, el cultivo del girasol debe soportar unas condiciones hídricas tan difíciles, que este factor es el que más afecta a la productividad, induciendo una disminución tan rigurosa en el rendimiento, que en ocasiones puede resultar dudosa su rentabilidad económica.

Considerando que los recursos de energía fósil son limitados, la evaluación de la productividad de un cultivo, en distintas zonas y bajo diferentes sistemas de producción desde un punto de vista energético, es una exigencia que se plantea cuando se quiere conocer, el potencial productivo real de cualquier actividad agrícola. En las áreas semiáridas de la región mediterránea, donde no resulta factible obtener elevados rendimientos sin aporte hídrico, por su particular régimen de lluvias, resulta útil el estudio de su balance energético, al considerar los estrechos límites en que se mueve la productividad.

En el presente estudio, se elabora un balance energético del girasol en un área de baja pluviometria ($p < 400$ mm/año) sobre tres diferentes sistemas de cultivo: a) Secano tradicional (de siembra anual), utilizado en zonas semiáridas de la Meseta Central de la Península Ibérica. b) Secano racional, diseñado para mejorar el uso del agua disponible en esas condiciones. c) Regadío.

Material y métodos

Con objeto de conocer el potencial productivo del girasol bajo las condiciones de secano y regadío, se efectuó un ensayo en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y parcela elemental de 24 m^2 en la provincia de Toledo, sobre un suelo tipo luvisol/alfisol de textura franco-arcillosa. El análisis mostró un contenido muy bajo en materia orgánica, que es corriente en esta zona como consecuencia de la ausencia de abonado orgánico, de las prácticas de mono-

cultivo y de la quema de rastrojos. El estudio de la significación de las diferencias entre las medias aritméticas de las observaciones correspondientes a la biomasa de los diferentes sistemas se efectúa mediante la prueba de t.

El tipo climático de la localidad corresponde al Mediterráneo Continental de acuerdo con la clasificación de PAPADAKIS (1966). La precipitación registrada a lo largo del año (1 septiembre a 31 de agosto) fue de 415 mm. y la evapotranspiración estimada por el método de Thornthwaite ascendió a 744 mm. En las parcelas de regadío, el suelo se mantuvo al 70% de la capacidad de campo por debajo de los 40 cm. de profundidad, mediante los riegos adecuados. Para ello se utiliza una motobomba que elevó el agua un desnivel de 4 m.

La densidad de plantas y las practicas culturales fueron los usuales para cada clase de cultivo, considerando en cada caso plantas en cultivo, que fueron finalmente las recolectadas. Las densidades de plantas fueron 50.000 plantas/ha para el secano tradicional y racional y 88.889 plantas/ha para las condiciones de regadío. En el sistema de secano racional se diseñaron varias técnicas con objeto de utilizar más eficazmente el agua del suelo y mejorar la fertilidad. En todos los casos se utilizó el cultivar híbrido SH - 25.

El suelo se preparó con una labor de arado de 40 cm. de profundidad, realizado en el mes de noviembre para el secano racional y en febrero para los otros dos casos. Más tarde se realizó una labor de cultivador para mejorar las condiciones de estructura y aireación, así como para preparar el lecho de siembra. Ésta se llevó a cabo en marzo, una época normal en la región.

No se utilizó ningún fertilizante en el sistema de secano tradicional, mientras que el sistema de secano racional únicamente se efectuó un abonado de fondo con 150 kg/ha del complejo 8-24-8. En las parcelas de regadío, se abonó en fondo a la dosis de 500 kg/ha de 8-24-8 mezclado con un insecticida de suelo (lindano) a la dosis de 3 kg/ha, practica habitual en condiciones de regadío en esta zona, y como fertilización de cobertera se empleó 250 kg/ha de nitrato amónico cálcico (26% *N*).

En el secano racional, las malas hierbas fueron controlados por un primer pase de cultivador, seguido de una labor de arado bisurco alomando, operación que además induce una mayor profundidad de enraizamiento en el girasol; mientras en el secano tradicional solamente se llevó a cabo la primera operación. Un control mixto herbicida (Trifluralina) y mecánico (una sola labor) fue utilizado en regadío.

La recolección se realizó el 20 de Septiembre usando una microcosechadora de ensayos Hege autopropulsada, que había sido previamente adaptada para el girasol, suplementada con recoleción manual de la biomasa aérea no comercializable. Posteriormente la biomasa recolectada fue transportada utilizando un tractor y remolque. Se recolectó tanto el grano producido (biomasa comercializable) como la totalidad de la parte aérea (biomasa cosechable). La conversión del gasóleo y otros consumos (inputs) a unidades de energía fue realizada utilizando la metodología propuesta por PIMENTEL & PIMENTEL (1979) y la revisión sobre el balance energético de las explotaciones agrarias efectuado por FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ (1982). En el cálculo de la energía necesaria, para el suministro de la electricidad consumida, se ha tenido en cuenta un rendimiento de transformación del 33,385%.

No solamente han sido considerados los consumos procedentes de las operaciones mecánicas y de los diferentes materiales, sino también los correspondientes al trabajo humano (6 Mcal./h.) según LUCAS (1974) y STOUT (1980). La conversión de biomasa cosechable y comercializable se transforman considerando su composición y el contenido calórico de diferentes tipos de biomasa según MERCIER (1978), ARANDA (1980) y PALZ & CHARTIER (1980). La eficiencia fotosintética fue calculada, sobre la base de la radiación solar interceptada por superficies horizontales en la provincia de Toledo (tabla 1), considerando el tiempo de ocupación del cultivo.

TABLA 1
RADIACIÓN SOLAR INTERCEPTADA POR SUPERFICIES HORIZONTALES EN LA PROVINCIA DE TOLEDO. ANÓNIMO. MINISTERIO DE INDUSTRÍA Y ENERGÍA (ed.) (1981)

Mes	Radiación media diaria (KJ/ha)
Enero	6.282
Febrero	10.640
Marzo	12.342
Abril	17.184
Mayo	19.694
Junio	22.030
Julio	24.822
Agosto	22.266
Septiembre	16.144
Octubre	11.058
Noviembre	6.396
Diciembre	4.562
Total acumulado	5.285.446

Resultados

La productividad obtenida en los diferentes métodos se indica en la tabla 2, desglosada en biomasa cosechable y comercializable. Las diferencias obtenidas entre los tres sistemas de cultivo han resultado ser altamente significativos tanto para la biomasa cosechable como comercializable. En base a estos datos se efectúan parte de los cálculos posteriores. La mayor producción de biomasa comercializable corresponde al girasol cultivado en regadío, que alcanza una cantidad tres veces superior a la correspondiente al sistema de secano racional. La baja producción obtenida en el secano tradicional, es también del orden de tres veces inferior a la conseguida en el secano racional.

El índice de cosecha (tabla 2) es más favorable en el sistema de cultivo en regadío, aunque muy próximo al del secano racional; por otro lado el correspondiente al secano tradicional es mucho menor.

En las tablas 3 y 4 se agrupan los consumos en términos energéticos, utilizados en el cultivo del girasol en los sistemas de cultivo de secano racional y regadío respectivamente. La energía directa empleada en el secano tradicional se calcula en base a los datos correspondientes al secano racional (tabla 3), eliminando los componentes de producción no utilizados. En el cultivo en regadío la energía directa usada alcanza una cifra de 3.828 Mcal/ha que, comparada con la empleada en los otros sistemas, resulta ser 7 veces superior a la del secano tradicional (561 Mcal/ha) y también más elevada que la correspondiente al secano racional (1.079 Mcal/ha).

Las relaciones entre producción (output) y consumo (input) se muestran en la tabla 5. Se aprecia que existen importantes diferen-

TABLA 2
PRODUCTIVIDAD EN TÉRMINOS DE MATERIA SECA DEL GIRASOL (*HELIANTHUS ANNUS* L.) BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO, EN LA PROVINCIA DE TOLEDO

Sistema de cultivo	Biomasa (Kg/ha)		Índice de cosecha
	Cosechable	Comercializable	
Regadío	12.353 a	3.908 a	0,32
Secano Racional	4.420 b	1.350 b	0,31
Secano Tradicional	1.400 c	391 c	0,28

Los valores seguidos por diferentes letras son significativamente diferentes al nivel 1%.

cias entre los tres sistemas de cultivo, tanto cuando se considera el consumo y la producción, como si la comparación se realiza de forma relativa o como balance: Producción/consumo y producción - consumo.

Discusión

La comparación entre la producción obtenida en el sistema de secano racional con la del secano tradicional, que resulta ser del orden de tres veces inferior, muestra que la baja productividad del secano tradicional, esta influida por la rutina y por prácticas agronómicas poco adecuadas, y no sólo por la marcada diferencia existente entre precipitación y evapotranspiración. El sistema seguido en el secano racional muestra que una serie de practicas encaminadas a la mejor utilización del agua disponible por las precipitaciones, junto con el aporte de un pequeña cantidad de fertilizantes, puede mejorar de forma sustancial la productividad. Este grupo de modificaciones, es analizado aquí de forma conjunta.

Un comportamiento similar se presenta cuando se considera el índice de cosecha; el secano tradicional posee el valor más bajo, como consecuencia del fuerte estrés hídrico soportado, que además se agrava según avanza el ciclo biológico del girasol, por lo que la biomasa comercializable se ve influida en mayor manera que la biomasa aérea, al ir agotando progresivamente el agua disponible del suelo. La similitud de valores encontrados entre el cultivo en regadío y en secano racional, muestra que las plantas formadas en este último sistema se encuentran en una situación hídrica mas favorable al final de su ciclo, y el equilibrio alcanzado entre las diferentes partes de la planta es adecuado.

La energía consumida en el secano tradicional es aproximadamente la mitad de la consumida en el racional. La diferencia se explica fundamentalmente por la ausencia de abonado de fondo, ya que ésta representa 457 Mcal/ha. HERNANZ & al. (1992) ponen de manifiesto, que en tres sistemas diferen-

TABLA 3
INPUTS ENERGÉTICOS DEL GIRASOL (*HELIANTHUS ANNUS* L.) EN LOS SISTEMAS DE SECANO RACIONAL Y TRADICIONAL. TOLEDO

Componente de producción	Consumo (h/ha)	Consumo (kg/ha)	Coeficiente energético (Mcal/ha)	Input energético (Mcal/ha)	Mano de obra (Mcal/ha)	Input energético + mano de obra (Mcal/ha)
* Alzado	3,0	–	54,9	164,7	18	182,6
Abonado de fondo con distribución e incorporación	1,5		54,9	82,3	9	91,3
N	–	12	18,0	216,0	–	216,0
P_2O_5	–	36	3,4	122,4	–	122,4
K_2O	–	12	2,3	27,6	–	27,6
* Cultivador	1,5	–	54,9	82,3	9	91,3
* Siembra	1,0		54,9	54,9	6	60,9
* Semilla	–	4	7,7	30,8	–	30,8
* Cultivador	1,0	–	54,9	54,9	6	60,9
Cultivador	1,0	–	54,9	54,9	6	60,9
* Recolección	1,0	–	98,0	98,0	6	104,0
* Transporte	0,5	–	54,9	27,5	3	30,5
TOTAL PARA SECANO RACIONAL						1.079,2
TOTAL PARA SECANO TRADICIONAL (Solo componentes con asterisco)						561,0

TABLA 4
INPUT ENERGÉTICO DEL GIRASOL (*HELIANTHUM ANNUS* L.) EN EL SISTEMA DE REGADIO. TOLEDO

Componente de producción	Consumo (h/ha)	Consumo (kg/ha)	Coeficiente energético (Mcal/ha)	Input energético (Mcal/ha)	Mano de obra (Mcal/ha)	Input energético + mano de obra (Mcal/ha)
* Alzado	3,0	–	54,9	164,7	18	182,6
Abonado de fondo con distribución e incorporación	1,0	–	54,9	54,9	6	60,9
N	–	40	18,0	720,0	–	720.0
P_2O_5	–	120	3,4	408,0	–	408,0
K_2O	–	40	2,3	92,0	–	92,0
Insecticida suelo	–	3	26,2	78,6	–	78,6
Cultivador	1,5	–	54,9	82,3	9	91,3
Herbicida	–	2	26,2	52,4	–	52,4
Aplicación	0,50	–	54,9	27,4	3,0	30,4
Incorporación	1,50	–	54,9	82,3	9,0	91,3
Siembra	1,0	–	54,9	54,9	6	60,9
Semilla	–	6	7,7	4,6	–	46,0
Cultivador	1,0	–	54,9	54,9	4,5	59,4
Riego	40,0	–	1,4	77,4	24	101,4
Electricidad	40,0*	–	10,3	412,8	–	412,8
Distribución de abonado cobertera	0,75	–	54,9	41,1	4,5	45,6
	–	65	18,0	1170, 0	–	1170,0
Recolección	1,5	–	54,9	82,3	12	94,3
Transporte	2,0	–	54,9	109,7	12	121,7
TOTAL PARA REGADIO						3.828,4

* = (kw h)

TABLA 5
RELACION ENTRE INPUT Y OUTPUT PARA EL GIRASOL (*HELIANTHUS ANNUUS* L.), BAJO TRES SISTEMAS DE CULTIVO

Sistema de cultivo	Input (Mcal/ha)	Output (Mcal/ha)		Output/Input		Output - Input	
		Biomasa cosechable	Biomasa comercia-lizable	Biomasa cosechable	Biomasa comercia-lizable	Biomasa cosechable	Biomasa comercia-lizable
Regadio	3.828	59.233	27.004	15,47	7,05	55.405	23.176
Secano racional	1.079	21.194	9.329	19,64	8,65	20.115	8.250
Secano tradicional	561	6.713	2.702	11,97	4,81	6.152	2.141

tes de laboreo extensivo, estudiados sobre tres cultivos, la energía asociada al fertilizante representa entre el 50 % y el 70 %, lo que viene a confirmar el peso energético de los fertilizantes.

La producción obtenida en el cultivo en regadío, es sin duda mucho más elevada que en cualquiera de los otros dos sistemas, pero considerando los altos niveles de los consumos energéticos, es preciso realizar un análisis detallado, para conocer los niveles de eficacia de los diferentes sistemas. Cuando se compara el índice producción/consumo, para los tres casos en términos de biomasa comercializable, el secano racional resulta ser el más eficiente en el uso de la energía, con un valor algo más alto que para el regadío y casi el doble del obtenido en el secano tradicional.

Considerando los excedentes energéticos comercializables generados en el cultivo, para el sistema de regadío se obtiene una energía neta de 23.176 Mcal./ha, casi tres veces superior al secano racional y más de diez veces respecto al secano tradicional. La eficiencia fotosintética sobre radiación global fue más elevada en el cultivo en regadío (0,44), que en los otros dos sistemas (0,013 % y 0,07 %), lo que está relacionado con la mayor biomasa aérea producida por aquel sistema.

A pesar de su limitada producción de biomasa comercializable, el sistema de secano tradicional tiene un balance energético positivo (producción - consumo), aunque resulta ser cuatro veces menor que el obtenido en el sistema de secano racional. Sin embargo, las diferencias entre ambos métodos no representan un coste económico elevado, y se deben básicamente a cuatro puntos: a) Realización temprana de la labor de arado; b) Utilización de un abonado de mantenimiento. c) Extensión del trabajo con cultivador y además realizado con mayor profundidad. d) Control eficaz de malas hierbas mediante ampliación del trabajo mecánico.

El sistema de secano tradicional presenta una baja el eficiencia, como consecuencia de un rendimiento muy reducido, que no aprovecha adecuadamente los consumos utilizados. No resulta muy productivo en términos de biomasa y consecuentemente de energía, pero utiliza niveles de consumos muy bajos. Únicamente puede llevarse a cabo en zonas donde existan grandes superficies de cultivo, porque la biomasa comercializable producida en 10 ha, equivale tan solo a la conseguida en 1 ha bajo regadío.

La utilización del sistema de secano racional, hace preciso considerar el importante peso que el abono tiene desde el punto de consumo de energía. lo que obliga a optimizar su empleo. Por eso, probablemente, resultaría preferible actuar en condiciones semiáridas, sobre parámetros relacionados con una mejor utilización del agua.

La producción del cultivo de girasol en riego, resulta de interés tanto por la elevada producción de energía neta, como por la eficiencia de transformación de los consumos energéticos. La principal limitación estriba, en que la superficie regable es más reducida y la competencia con otros cultivos, para la ocupación de ese área, es fuerte.

Finalmente resaltar la importancia, que como cultivo energético puede tener el girasol en un próximo futuro, considerando sus características favorables para la elaboración de "Biodiesel" a través del proceso de transesterificación, especialmente en los países del sur de Europa, aunque para ello sería preciso contar con precios estables del aceite de girasol.

En otra línea de desarrollo, también hay que considerar la posibilidad de utilizar la

biomasa cosechable, una vez separado el grano, para la producción de energía, cuando se disponga de centrales térmicas equipadas con quemadores adecuados, conjuntamente con la biomasa procedente de otras especies como el cardo (*Cynara cardunculus* L.) . De esta manera, el balance energético del girasol bajo los tres sistemas de cultivo estudiados, resulta mucho más favorable, multiplicándose por tres en el caso del secano tradicional y por dos en los otros dos sistemas.

De acuerdo con FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ (1993), utilizando 1 kg. de biomasa seca de cardo, se puede producir 1 Kw.h. de electricidad en un planteamiento conservador, y considerando una producción de biomasa seca de 20 tm/ha, la superficie necesaria para una Central de 10 Mw seria de 4.000 ha. El aprovechamiento de la biomasa del girasol actualmente no utilizada, podría contribuir al funcionamiento de las citadas Centrales. Además ayudaría a mejorar el balance energético y económico de las explotaciones de girasol, como ya se indicó. Para la biomasa de girasol, podría establecerse una cifra del mismo orden que la calculada por FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ (l.c.) para la biomasa seca de cardo (3 pta./kg.). Únicamente quedaría pendiente el sistema de recolección de la biomasa en girasol, ya que el transporte no debería suponer problemas, al situarse el complejo agroeléctrico relativamente próximo a los campos de producción. De esta forma, con los datos aquí expuestos supondría un incremento del valor de la producción de 22.500 pta/ha en regadío, 7.500 pta/ha en secano racional y 2.500 pta./ha para el secano tradicional en condiciones semiáridas, generándose un aprovechamiento integral del cultivo.

Conclusiones

1. El sistema de cultivo del girasol en condiciones de secano tradicional, en zonas semiáridas produce muy bajos rendimientos, sin embargo tiene un balance energético positivo.

2 El sistema más eficiente en el uso de la energía es el sistema de secano racional. Las normas a seguir para su realización son las indicadas anteriormente.

3. El sistema de regadío es muy eficiente, considerando el balance energético y la eficiencia fotosintética, pero se sitúa en segunda posición cuando se considera la eficacia en el uso de la energía.

4. La elección del método de producción debería ser hecho regionalmente, porque ninguno de los métodos consigue el máximo en todos los parámetros, y también es importante considerar los indicadores socioeconómicos.

5. La utilización no sólo del grano (biomasa comercializable), sino también de la restante biomasa aérea, supondría una importante mejora en el balance energético del cultivo de girasol. También generaría un incremento en el valor económico de la producción.

Referencias bibliográficas

ARANDA, E., 1980. Demanda energética de la Agricultura. Curso de Agroenergética de la E.T.S.I.A. (Tema 3). Madrid.

FAO, 1992. Production Yearbook. FAO Collection. Statistics Serie nº 112. Vol. 46. 221 pp. Roma.

FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, J., 1982. Balance energético de las explotaciones agrarias. Ponencia 2.2. 13ª Conferencia Internacional de Mecanización Agraria. 29 pp. Zaragoza.

FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, J., 1993. Agroenergética: Una opción alternativa de la agricultura actual. El Boletín, 7, 10 - 18.

HERNAZ, J. L., GIRÓN, V. S., CERISOLA, C., NAVARRETE, L. & QUINTANILLA, C. F., 1992. Análisis de la energía consumida y de los costes de producción de tres sistemas de laboreo ensayados en tres cultivos. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg., 7(2), 209 -225.

LUCAS, H. 1974. El gran libro de la Salud. Enciclopedia médica de Selecciones del Reader Digest. Madrid.

MAPA, 1989. Anuario Estadístico Agrario. Secretaría General Técnica. 678 pp. Madrid.

MERCIER, J. R. 1978. Energie et Agriculture. Edit. Debard. Paris.

PAPADAKIS, J., 1966. Los climas del mundo y sus potencialidades agrícolas. Ed. Papadakis. Av. de Cordoba 4584. Buenos Aires.

PALZ, W. & CHARTIER, P. 1980. Energy from biomass in Europe. Applied Sci. Publish. London.

PIMENTEL, M. & PIMENTEL, M. 1979. Food, Energy and Society. Edward Arnold (Publish). London.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA, 1981. Radiación solar sobre superficies inclinadas. Madrid.

STOUT, B. A. 1980. Energía para la Agricultura mundial. Colección FAO: Agricultura nº 7. Roma.

(Aceptado para publicación el 24 de agosto de 1995)