

EL LABOREO DE CONSERVACION COMO MEDIDA DE CONTROL DE LA EROSION

P. González, E. Fereres, J. V. Giráldez, M.^a I. González de Quevedo y A. Laguna

Dpto. de Suelos y Riegos. Agronomía y Física Aplicada. DGIEAJA y Univ. de Córdoba. Apto. 240. 14080 Córdoba.

RESUMEN

La introducción de nuevas técnicas como la aplicación de herbicidas químicos y aperos más versátiles ha permitido sustituir las labores tradicionales del suelo como alzada y gradeos frecuentes, por otras que requieren menor consumo energético. La reducción del laboreo, además de cambiar numerosas características agronómicas, puede proteger el suelo de un modo más asequible al agricultor, mejorando la eficacia de los métodos propuestos tras la aparición de la Ley de Conservación de Suelos.

Palabras clave: Laboreo de conservación. Erosión del suelo. Cultivo de secano.

SUMMARY

THE CONSERVATION TILLAGE AS MEASURE OF SOIL EROSION

The adoption of new techniques such as chemical herbicide application and the development of more suitable implements has enabled conventional soil tillage. In addition to its agronomic and energy saving advantages, reduced tillage is more effective in conserving soil than most of the methods proposed after application of the Soil Conservation Law.

Key words: Conservation tillage. Soil erosion. Dry farming.

INTRODUCCION

El laboreo del suelo es una práctica tan consubstancial con la agricultura que es frecuente encontrar como sinónimos términos tales como agricultor y labrador. El buen agricultor solía ser aquél que labraba más el suelo manteniéndolo limpio de malas hierbas en todo momento,

aunque para ello hubiese tenido que deteriorar la estructura del mismo, a costa de un gran esfuerzo, dejándolo indefenso ante la acción de la lluvia y el viento. La introducción del tractor fortaleció esta imagen, al permitir labrar una superficie más extensa de tierra, que no

era posible cultivar antes con la tracción animal, especialmente en zonas en las que lo abrupto del terreno y la consistencia del suelo, limitaban el período hábil de trabajo. La aparición de los herbicidas químicos ha permitido lograr, de forma alternativa, uno de los fines perseguidos con el laboreo. Al amparo de esta innovación se han desarrollado nuevos aperos que, usados conjuntamente han dado paso a una nueva tecnología, conocida con diversos nombres como laboreo redu-

cido, de conservación, o siembra directa. Aparte de notables ventajas como la reducción de costes y el aumento de la productividad agrícola se ha logrado una conservación más eficaz del suelo, lo que repercute favorablemente en el medio ambiente.

El objetivo de este trabajo es analizar las razones principales que explican la mejor conservación del suelo, precisando previamente las diversas denominaciones del laboreo reducido.

DEFINICIONES

En un intento de definición, Kuipers (1985) distinguía varios tipos de actividades de laboreo, separando cuatro grandes grupos dependiendo del momento en que se desarrollaban: a) tratamiento primario del suelo; b) preparación del lecho de siembra; c) laboreo de mantenimiento del cultivo; y d) laboreo del rastrojo. Para el mismo autor el laboreo practicado en una rotación puede denominarse *sistema de laboreo*, comprendido varias *operaciones*, como gradeo, nivelado o rulado.

El objetivo del laboreo, como de la agricultura misma, es mantener y aumentar la fertilidad, o capacidad productiva del suelo *rompiendo* los horizontes endurecidos, *mezclando* los diversos materiales, como en la incorporación de abonos y enmiendas, *dando* forma a la superficie para aprovechar mejor la radiación solar, evitar el anegamiento parcial, o la acumulación de sales en las proximidades de las raíces, y *eliminar* la competición de las malas hierbas

con las plantas cultivadas por el agua y otros nutrientes.

Esta multiplicidad de fines depende de las circunstancias de cada sistema de cultivo. Ante el avance de los efectos de la erosión en algunas zonas de los Estados Unidos, Edward Faulkner escribió un libro a modo de manifiesto, con el llamativo título de "La locura del labrador" (1943). Los argumentos de Faulkner en su libro que tuvo gran repercusión y fué traducido al año siguiente a su publicación al español, y dos años después al francés, eran que la labor que se daba para limpiar el suelo de malas hierbas, resultaba excesiva pues dejaba un horizonte superficial muy poroso y suelto al que subyace una suela de labor de difícil penetración por raíces, agua y otros flúidos. Cuando el agua de lluvia se infiltra en el suelo, lo hace con gran velocidad al principio, pero, al encontrar la barrera de la suela de labor, se empieza a acumular con lo que al cabo de poco tiempo se satura la

capa de labor, produciéndose un exceso que escurre hacia cotas inferiores. Como, al mismo tiempo, la presión neutra del agua en el suelo aumenta, se reduce la resistencia del suelo al esfuerzo de corte de la escorrentía. Por ello, la erosión arrastra la capa de labor en su totalidad, lo que es aparente en los perfiles transversales de cárcavas y regueros en "U", observados en muchos suelos cultivados. Efectos similares ocurren en los fenómenos de erosión eólica. Consecuentemente, Faulkner abogaba por un control, que se pudiera denominar ecológico, de las malas hierbas para poder atajar de alguna forma la pérdida de suelo por la erosión, propiciada por el laboreo. En la década que precedió a la publicación del libro de Faulkner, y coincidiendo con el abandono de fincas que siguió a la depresión económica, se produjeron unas espectaculares tormentas de polvo cuya repercusión más inmediata fue la creación del Servicio de Conservación de Suelo en el Departamento de Agricultura norteamericano, (Hurt, 1985). El desarrollo de la industria química dió lugar a nuevos herbicidas capaces de matar hierbas sin dejar resíduo que afectase a las plantas cultivadas. De esta forma se pudo realizar la idea propuesta por Faulkner.

En la actualidad el control químico de malas hierbas dista de ser perfecto, aunque, dentro de unos límites razonables, permite substituir con éxito muchas labores. En nuestro país las técnicas de laboreo reducido comenzaron a aplicarse en plantaciones arbóreas, y especialmente en el olivar de secano en el que ha tenido una gran difusión (Pastor,

1990), por el aumento espectacular de producción conseguido en la mayoría de las fincas. En los cultivos de secano de plantas herbáceas nuestro grupo de investigación inició unos ensayos en 1980, (Giráldez y González, 1990). A raíz de los buenos resultados se ha ido extendiendo el sistema de laboreo reducido hasta el punto que en la actualidad hay más de 30000 ha de la campiña andaluza que lo practica. En el último año ha descendido apreciablemente el número de fincas que queman los rastrojos del cereal, lo que constituye una de las formas del laboreo reducido, (Valera, 1990).

Ante la gran diversidad de sistemas es difícil delimitar los diferentes tipos. A esta dificultad se une la imprecisión de algunas definiciones adoptadas en la literatura, tal como la de laboreo de conservación por Mannering y Fenster (1983), para los que se entiende por tal, aquél sistema de laboreo que dá lugar a menores pérdidas de suelo y agua que las que ocurrirían en el sistema de laboreo tradicional. Esta definición da lugar a preguntarse en qué consiste el sistema de laboreo tradicional, cuando en una misma zona agricultores vecinos usan diferentes métodos para cultivar la misma planta. Sin embargo, se pueden apuntar unos rasgos generales que dan origen a intergrados de difícil encuadramiento. Throckmorton (1986) siguiendo una idea también sugerida por Kuipers en su trabajo previamente mencionado, separa los sistemas de laboreo de acuerdo con el conjunto de aperos utilizados. Dentro de esta clasificación podemos proponer los sistemas siguientes:

Laboreo tradicional

Según las pautas indicadas por Columela, este sistema se inicia al quemar los rastrojos del cultivo precedente, que se alzan con un arado de vertedera a continuación. Posteriormente, cuando la lluvia facilita la rotura de los grandes terrones se dan pases de cohecho, que adoptan diversas formas según los aperos disponibles como gradas de discos o cultivadores. Cuando el cultivo siguiente se ha establecido, se dan pases sucesivos de cultivador para eliminar malas hierbas y romper las posibles costras que impedirían una buena infiltración del agua de lluvia. En plantaciones de olivar se substituye la vertedera por la grada de discos.

Laboreo reducido o de mejora

Empleado para mejorar el perfil de suelo, aireando los horizontes sin invertirlos. Una vez troceados los rastrojos con una grada de discos o similar apero, se subsola con subso-lador o con arados de cincel de profundidad variable y a veces combinados con asurcadores. Las labores posteriores no difieren mucho de las del sistema precedente, recomendándose en algunos casos el cultivador de cola de golondrina pero de mucha mayor extensión, hasta 2 m, o la cuchilla horizontal somera que utilizan en Extremadura para eliminar las malas hierbas sin alterar mucho el perfil del suelo. También el rulo puede ser aplicado para compactar

el suelo en torno a las semillas, para que no les falte humedad como ocurriría al caer en un poro de gran tamaño o grieta.

Laboreo en franjas

Con él se deja la superficie del suelo intacta excepto en la franja estrecha en la que se enterrará la semilla. Algunos autores distinguen la forma plana o asurcada de la superficie, e incluso en ésta la separación entre las franjas, la disposición de éstas en la ladera, o las zonas destinadas al paso de las ruedas. Algunas máquinas ejecutan diversas labores en la misma pasada por el suelo. La cubierta de los rastrojos beneficia al suelo conservando el agua, al reducir las pérdidas por evaporación, y protegiéndole contra los agentes erosivos.

Laboreo nulo o siembra directa

Consistente en dejar el rastrojo sobre la superficie del suelo, aplicando herbicida cuando el agua de las lluvias otoñales haya hecho germinar las malas hierbas, y sembrando directamente sobre el suelo en el que el rastrojo, a medio descomponer, ha de ser partido por la misma sembradora, quedando como protector del suelo hasta que es finalmente descompuesto, lo que sucede en el transcurso del año, por lo general, puesto que una de las ventajas del sistema es el mantenimiento de una nutrida población microbiana en el suelo.

PRINCIPIOS DE CONSERVACION DEL SUELO Y DEL AGUA

Desde la creación del Servicio de Conservación de Suelos de Esta-

dos Unidos hasta la actualidad se establecieron como prácticas de con-

servación una serie de métodos, tradicionalmente usados por los agricultores algunos, e innovadores otros. La erosión del suelo depende de una serie de factores similares a los factores formadores del suelo establecidos por Jenny: climáticos, edafológicos, topográficos y agronómicos. La intervención humana en el fenómeno se puede reducir a la agronomía y a la topografía. Las prácticas agronómicas están encaminadas a facilitar una rápida absorción del agua para que no escurra por la superficie del suelo, a mantener una cubierta para disipar la energía de la lluvia, escorrentía y viento, y a fortalecer el mismo suelo para resistir mejor la agresión de los agentes erosivos. Las prácticas topográficas tienden a modificar el recorrido del agua y del aire para que no se alcancen los umbrales de arranque de partículas, y para atajar su transporte disponiendo lugares de retención del suelo y del agua. La filosofía subyacente en la aplicación de ambos tipos de prácticas es bastante diferente. Las prácticas agronómicas son de aplicación más inmediata, aunque suponen la continuación del esfuerzo de modo permanente. Por el contrario, las prácticas topográficas suponen una inversión notable en el momento de su instalación y un menor mantenimiento posterior. Desde el punto de vista de la intervención estatal, las prácticas topográficas son preferibles, puesto que para la Administración no es difícil conseguir una partida presupuestaria cada año para aplicar medidas conservadoras en nuevas superficies. Sin embargo, la capacidad de uso agronómico del suelo es superior cuando se aplican medidas agronómicas. La

Sociedad Americana de Conservación del Suelo y del Agua en su glosario de 1982 introduce el término de capacidad de manejo (*'farmability'*) para caracterizar la facilidad de uso agronómico de una finca, especialmente cuando se ha adoptado un sistema de conservación. En un estudio de la capacidad de manejo de un sistema de terrazas paralelas Steichen y Powell (1985) destacaban la conveniencia para el agricultor de un sistema que permitiese una operación rápida y poco costosa.

Las principales prácticas de control de erosión pueden quedar resumidas en prácticas agronómicas como *laboreo en curvas de nivel*, método muy conveniente en regiones de precipitación escasa, y pendientes suaves; *rotaciones de cultivos*, alternando plantas de escarda con plantas de siembra densa temporal y espacialmente, en cuyo caso se denomina a la práctica *cultivo en franjas*; y *laboreo de conservación* en el que se incluye el manejo de cultivos de cubierta. La *implantación de terrazas* es junto con la construcción de desagües y presas de tierra la principal práctica topográfica u obra de conservación. En general, los agricultores han sido reacios a la adopción de medidas de conservación, debido a que, salvo casos aislados, sus efectos en la productividad del suelo no son apreciables a corto plazo, y a que, como se ha demostrado en numerosos estudios, (Mitchell *et al.*, 1980) y contrariamente al aforismo de que la conservación rinde al que la practica, en el sistema actual tributario, la implantación de estas medidas implica una reducción de beneficios. Puede que cuando se con-

tabilicen los efectos a plazo más largo, y, especialmente, las repercusiones en el entorno tales como la contaminación de las aguas y los daños a terceros, incluyendo la obstrucción de caminos y canales, el agricultor tenga un estímulo adicional para conservar el suelo y el agua. Por ello, la actuación reciente del Servicio de Conservación de Suelos de nuestro país ha ido descendiendo, como muestra la figura 1, al encon-

trar una escasa acogida por parte de los agricultores, motivada en algunas regiones, como en Andalucía, por la incapacidad de ofrecer soluciones eficaces para conservar manteniendo la capacidad de cultivo. De los miles de hectáreas en los que se implantó alguna obra de conservación, terrazas especialmente, apenas si quedan en la actualidad unas cuantas hectáreas, prácticamente abandonadas.

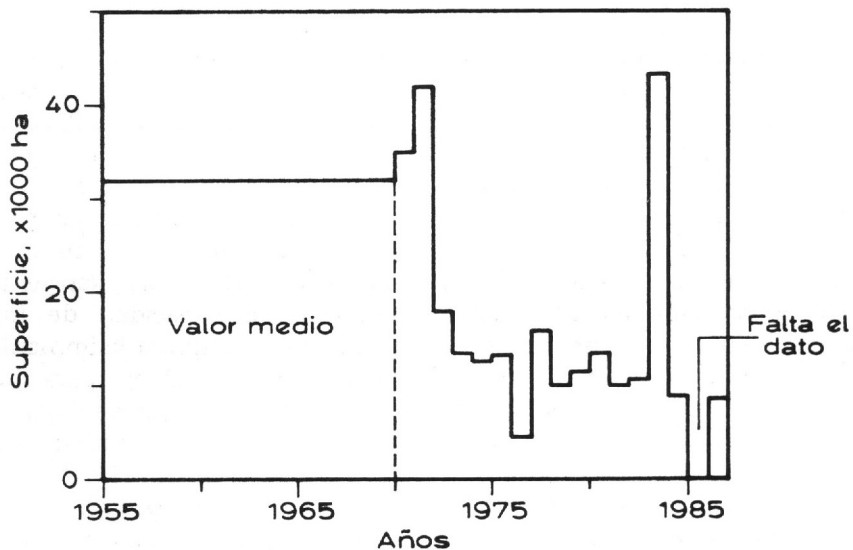


FIG. 1.—Evolución de la superficie de obras ejecutadas por el Servicio de Conservación de Suelos en sus diversas facetas administrativas.

PERSPECTIVAS DEL LABOREO DE CONSERVACION

El laboreo de conservación es una práctica agronómica que permite la conservación del suelo y del agua al tiempo que mantiene, si no mejora, la productividad. Pastor (1988) en el olivar, y nuestro trabajo en cultivos

herbáceos (Valera *et al.*, 1990) ha demostrado los buenos rendimientos obtenidos con la reducción del laboreo en la campiña andaluza, resumidos en la Tabla 1. Entre las diferentes razones que justifican

TABLA 1

Comparación de producciones en diversos cultivos de secano bajo sistemas de laboreo tradicional (LT) y nulo (NL).

Cultivo	LT	NL	
Girasol	1166	1146	kg ha ⁻¹
Trigo	5933	5880	”
Garbanzos	565	611	”
Habas	2333	2717	”
Ovovo	25	30	kg arbol ⁻¹

estos resultados se puede destacar la modificación del régimen térmico del olivar, y la mayor infiltración del agua, y menores pérdidas por evaporación que suponen el mantener la cubierta de rastrojos, a modo de malhojo. En numerosos casos, por otro lado, la capacidad de expansión-contracción del suelo ha sido suficiente para contrarrestar el efecto compactante del propio peso del suelo, aliviado al circular menos maquinaria pesada sobre la superficie del mismo.

Un beneficio adicional de la reducción del laboreo es la mejor conservación del suelo. En una serie de ensayos en suelos de olivar sin

labrar, Giráldez *et al.* (1990) han observado como el desarrollo de una costra superficial reduce la susceptibilidad del suelo a la erosión. La Tabla 2 refleja parte de sus resultados. El posible riesgo que puede suponer la concentración de mayores caudales de escorrentía, al reducirse la capacidad de infiltración, podría requerir la implantación de cultivos de cubierta para facilitar la retención del agua de lluvia, como se practica en otros cultivos leñosos, (como ejemplo en viñedo, Richter, 1989). En cultivos herbáceos los residuos proporcionan una cubierta, que aunque se descompone a lo largo del año, dependiendo del tratamien-

TABLA 2

Resultados comparativos de pérdidas de suelo en olivar por salpicadura de lluvia y corte por escorrentía bajo sistemas de laboreo tradicional (LT) y nulo (NL).

Pérdidas de suelo por:	NL	LT
Salpicadura	5.7	18.9
Escorrentía	14.9	100. *

(Los resultados se expresan como porcentajes con respecto al valor índice, *).

to, como muestran entre otros Salla-way *et al.* (1988), puede ser eficaz sobre todo en el otoño en los que la lluvia suele ser más intensa, y en los que no existe otro tipo de protección para el suelo. Una vez establecido el cultivo, el rastrojo puede seguir proporcionando una defensa al suelo ante la concentración de gotas en el dosel vegetal, que en plantas de cierto porte aumentan la energía de la lluvia con respecto a la que tendría en su ausencia (Armstrong y Mitchell, 1987). El esfuerzo cortante de la escorrentía es mitigado por los residuos, incorporados o sobre la superficie del suelo. La acción conjunta del suelo y del rastrojo contribuyen a este efecto siendo posible, como Foster *et al.* (1982 a, b) mostraron, estimar la longitud crítica de una ladera por encima de la cual deja de ser efectiva la cubierta de residuos. Un efecto adicional es el filtro que supone para el material transportado por la escorrentía de los cultivos de siembra densa, de cuya eficacia da prueba el trabajo de Flanagan *et al.* (1989). Estas funciones de pro-

tección contra el impacto de las gotas de lluvia, y el esfuerzo cortante de la escorrentía, así como de filtro del material acarreado, justifican las estimaciones de Giráldez *et al.* (1989) según las cuales la reducción en las pérdidas de suelo por erosión en cultivos como el trigo y el girasol en la campiña cordobesa bajo sistemas de siembra directa pueden ser del 90% con respecto a las que tienen lugar bajo sistemas de laboreo tradicional.

En una estimación de costes de diversos sistemas de conservación, Barbarika (1987) ofrecía las cifras que se recogen en la Tabla 3, en el que destaca el elevado coste de implantación y mantenimiento de terrazas. Este autor indicaba que por su mayor efectividad como medida conservadora, el coste de la tonelada de suelo conservada no difiere mucho del resultante en el caso de la cubierta permanente, 150 frente a 125 ptas., pero si a este coste se añade el incremento de coste de producción, como indicaban Mitchell *et al.* resulta muy desventajoso.

TABLA 3

Coste de instalación y mantenimiento de algunas prácticas de conservación (Barbarika, 1987).

Prácticas de Conservación	Vida útil a	Instalación		Asistencia técnica	
		Inicial	Anual	Inicial	Anual
		Ptas ha ⁻¹			
Cultivo de cubierta	1	4000	4000	200	200
Cultivo en curvas de nivel . . .	10	5500	750	2500	350
Cubierta permanente.	8	12500	2500	1000	200
Terrazas.	15	24000	3000	12500	1000

CONCLUSIONES

Estas reflexiones no hacen sino señalar la importancia que tiene en la agricultura el aprovechamiento de todos los recursos disponibles, como es el caso de los residuos, en la mayoría de los casos desperdiciados, con el consiguiente aumento de la contaminación. Adecuadamente ma-

nejados los residuos pueden ser más efectivos conservando el suelo y el agua que obras más costosas. Cualquier práctica de conservación requiere un mantenimiento, sin el cual sus resultados pueden ser contraproducentes.

BIBLIOGRAFIA

- ARMSTRONG, C. L. and MITCHELL, J. K., 1987. Transformations of rainfall by plant canopy, *Trans. ASAE*, 30: 688-696.
- BARBARIKA, A., 1987. Cost of soil conservation practices. In: *Optimum erosion control at least cost*, Amer. Soc. Agr. Eng., St. Joseph, 187-195.
- FAULKNER, E. H., 1943. *Plowman's folly*, Univ. Oklahoma Press, Norman.
- FLANAGAN, D. C., FOSTER, G. R., NEIBLING, W. H. and BURT, J. P., 1989. Simplified equation for filter strip design, *Trans. ASAE*, 32: 2001-2007.
- FOSTER, G. R., JOHNSON, C. B. and MOLDENHAUER, W. C., 1982 a. Critical slope length for unanchored cornstalk and wheat straw mulches for erosion control, *Trans. ASAE*, 25: 935-939, 947.
- FOSTER, G. R., JOHNSON, C. B. and MOLDENHAUER, W. C., 1982 b. Hydraulics of unanchored cornstalk and wheat straw residue, *Trans. ASAE*, 25: 940-947.
- GIRALDEZ, J. V., CARRASCO, C., OTTEN, A., IETSWAART, H., LAGUNA, A. and PASTOR, M., 1990. The control of soil erosion in olive orchards under reduced tillage. Seminario sobre "Interaction between agricultural systems and soil conservation in the Mediterranean belt". Lisboa.
- GIRALDEZ, J. V. y GONZALEZ, P., 1990. Siembra directa de cereales en la campiña andaluza, IV Symp. Nac. Agroq., Sevilla: 53-67.
- GIRALDEZ, J. V., LAGUNA, A. y GONZALEZ, P., 1989. Soil conservation under minimum tillage techniques in mediterranean dry farming, *Soil Technol. Ser.*, 1: 139-147.
- HURT, R. D., 1985. The national grasslands: origin and development in the Dust Bowl, en la monografía editada por D. Helms y S. L. Flander, "The history of soil and water conservation", *Agric. Hist. Soc.*, Washington: 144-157.
- KUPERS, H., 1985. Tillage machinery systems as related to cropping systems. *Int. Conf. Soil Dynamics*, Auburn: 1055-1069.
- MANNERING, J. V. and FENSTER, C. R., 1983. What is conservation tillage?, *J. Soil Water Conserv.*, 38: 111-113.
- MITCHELL, J. K., BRACH, J. C. and SWANSON, E. R., 1980. Cost and benefits of terraces for erosion control. *J. Soil Water Conserv.*, 35: 233-236.
- PASTOR, M., 1988. Sistemas de manejo de suelo en el olivar. Tesis doctoral. Departamento de Agronomía, Univ. Córdoba.

- PASTOR, M., 1990. El no laboreo y otros sistemas de laboreo reducido en el cultivo del olivar. Direc. Gral. Invest. y Ext. Agraria, Junta de Andalucía, Sevilla, Comunicación núm. 8.
- RICHTER, G., 1989. Erosion control in vineyards of the Mosel Region, FRG, Soil Technol. Ser., 1: 149-156.
- SALLAWAY, M. M., LAWSON, D. and YULE, D. F., 1988. Ground cover during fallow from wheat, sorghum and sunflower stubble under three tillage practices in Central Queensland, Soil Till. Res., 12: 347-364.
- STEICHEN, J. M. and POWELL, G. M., 1985. Measuring Farmability of Terrace Systems. Trans. ASAE, 28: 1130-1134.
- THROCKMORTON, R. I., 1986. Tillage and planting equipment for reduced tillage, en el libro editado por M. A. Sprague y G. B. Triplett, "No-tillage and surface-tillage agriculture", J. Wiley, Nueva York, 59-92.
- VALERA, A., 1990. Aceptación de las nuevas técnicas de laboreo por los agricultores, Jornadas Técnicas sobre El agua y el suelo, laboreo de conservación, Sevilla.
- VALERA, A., COSTA, J., GONZALEZ, P., FERERES, E. y GIRALDEZ, J. V., 1990. Conservation tillage in South Spain for the wheat-sunflower rotation. Seminario sobre "Interaction between agricultural systems and soil conservation in the Mediterranean belt". Lisboa.

*Recibido de la Comisión: 21-5-91.
Aceptado para publicación: 9-10-91.*