

## IMPACTOS DE TECNOLOGÍAS AGRARIAS

### ARTÍCULO ORIGINAL

# Mejoramiento de un suelo degradado utilizando el multiarado

## *Improvement of soil degradation using multiplow*

Ing. Luis M. Herrera Sardiñas<sup>1</sup>; Dr.C. Raimundo Oliva Collazo<sup>1</sup>; M.Sc. Inalvis Sánchez Arce<sup>11</sup>;  
Esp. Thomas Carbonell Mestre<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Guantánamo, Cuba.

<sup>11</sup> Estación de Suelos, Guantánamo, Cuba.

**RESUMEN.** Para el mejoramiento de un suelo con degradación física perteneciente a la Empresa de Semillas de Guantánamo, se montaron experimentos con diferentes cultivos durante cuatro años (2006-2010), utilizando dos tecnologías de labranza del suelo: tradicional con inversión del prisma, empleando arados y gradas de discos; horizontal sin inversión del prisma, con el uso del multiarado, gradas de discos o tiller de brazos flexibles. El uso del multiarado redujo la densidad aparente de la capa arable del suelo, con el consiguiente aumento de la infiltración del agua y disminución del consumo de combustible (36-41%) y los costos totales (38-42%) con respecto a la labranza tradicional.

**Palabras clave:** Degradación física, labranza horizontal, densidad aparente, infiltración.

**ABSTRACT.** For the soil improvement with physical degradation belonging to Guantánamo Seeds Enterprise, experiments were mounted with different crops during four years (2006-2010), using two farms technology of the soil: traditional with investment of the prism, using ploughs and harrow' discs; horizontal without investment of the prism with the use of the multiplow, harrow' discs or tiller of flexible arms. The use of the multiplow reduced the apparent density of the arable layer of the soil, with the increase of the water infiltration and diminution of fuel consumption (36-41%) and the total costs (38-42%) in respect to the traditional farm.

**Keywords:** Physical degradation, farm without investment of the prism, apparent density, infiltration.

## INTRODUCCIÓN

La carta mundial de los suelos (FAO, 1982) en el uso de la tierra plantea que entre los principales recursos de que dispone el hombre están los sistemas de tierra y agua, así como el reino vegetal asociado con ellos; el uso de estos recursos no debería provocar su degradación o destrucción, porque la existencia del hombre depende de su constante productividad.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha identificado que una de las principales causas de degradación de las tierras agrícolas es la aplicación de técnicas de labranza inadecuadas, lo cual está conduciendo a un rápido deterioro físico, químico y biológico de una gran proporción de suelos, con el consecuente descenso en la productividad de los cultivos y el deterioro del medio ambiente. Los sistemas tradicionales de labranza basados en el volteo con arados de discos y de vertederas y mullición con gradas, están cuestionados por ser degradantes del suelo y muy costosos (Alfonso *et al.*, 1994).

La degradación de los suelos en Cuba es un problema medioambiental que se encuentra presente en extensas áreas agrícolas, afectadas por (en millones de hectáreas): erosión fuerte a media (2,9); compactación (1,6); mal drenaje (2,7); salinización secundaria (1) y suelos con bajo contenido de materia orgánica (4,66); se pronostica que estas cifras seguirán aumentando a ritmo acelerado si no se toman las medidas necesarias para eliminar las causas que las originan (Cuba, Instituto de Suelos, 2001).

En Cuba existe un gran reto: se aspira lograr establecer un sistema agrícola sostenible, capaz de solventar la demanda alimentaria de la población y detener los procesos que degradan los suelos, creando las condiciones para su rehabilitación. Con este propósito se está introduciendo el multiarado para la labranza de los suelos, implemento desarrollado en Cuba a inicios de los años 80, cuyo principio de trabajo se basa en el corte horizontal de la capa arable sin invertir el prisma.

El multiarado descompacta el suelo y, por sus características constructivas y de trabajo, prácticamente no provoca compactación de la capa arable, facilitando el movimiento vertical del agua, el aumento de las reservas hídricas en el suelo y la porosidad de aireación, muy importantes para la vida de las plantas; el mismo se caracteriza por su sencillez constructiva y robustez, con bajos índices de roturas y costos de explotación; el sistema de corte horizontal-vertical le permite reducir la superficie de contacto suelo-metal, aprovechar mejor la potencia del tractor, incrementar el ancho de trabajo y con ello la productividad de la agregación.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la introducción de una nueva tecnología de labranza del suelo basada en la labranza horizontal, con la finalidad eliminar capas compactas y mejorar la infiltración del agua, acortando el periodo de laboreo; además, aumentar la productividad de los implementos y disminuir los gastos de combustibles, con un efecto positivo en la economía y el medio ambiente.

## MÉTODOS

En un área de 1,7 ha de la Empresa de Semillas de Guanátamo, en el periodo Junio 2006 a Julio 2010, se sembraron diferentes cultivos (fruta bomba, habichuela; calabaza y frijol caupí), utilizando la labranza mínima (3 labores), con una duración de 20-25 días y dos tecnologías: tradicional con inversión del prisma del suelo, utilizando arados y gradas de discos (Tabla 1) y horizontal sin inversión del prisma, con el uso del multiarado M-160, gradas de discos o tiller de brazos flexibles (Tabla 2). Estos implementos fueron agregados a fuentes energéticas de 14 kN, acorde a las pruebas de agregación realizadas, concluyéndose que los requerimientos de tracción son satisfechas con tales agregaciones; los datos de productividad de las diferentes agregaciones y los gastos de combustible para cada labor, están en correspondencia con los parámetros establecidos por Brizuela *et al.* (2006).

**TABLA 1. Labranza tradicional**

No.	Labor	Fuente energética (kN)	Implemento	Productividad efectiva (ha·h <sup>-1</sup> )	Profundidad de trabajo (cm)	Velocidad de trabajo (km·h <sup>-1</sup> )	Combustible (L·h <sup>-1</sup> )
1	Rotura	14	ADI 3	0,22	15-20	3,2	25,10
2	Mullición	14	Grada 965 kg	0,79	15-20	5,2	8,20
3	Surcado	14	SA-3	1,06	10-15	6,0	6,35
Total de combustible gastado en la labranza de suelos							39,63

**TABLA 2. Labranza horizontal**

No.	Labor	Fuente energética (kN)	Implemento	Productividad efectiva (ha·h <sup>-1</sup> )	Profundidad de trabajo (cm)	Velocidad de trabajo (km·h <sup>-1</sup> )	Combustible (L·h <sup>-1</sup> )
1	Rotura	14	Multiarado M-160	0,68	20-30	4,0	10,92
2	Mullición	14	- Grada 965 kg	0,79	15-20	5,2	8,20
			- Tiller flexible	0,99	20-30	5,9	6,26
3	Surcado	14	SA-3	1,06	10-15	6,0	6,35
Total de combustible gastado en la labranza de suelos					Mullido con grada ligera		25,47
					Mullido con tiller flexible		23,53

Antes de la labranza del suelo para la siembra, se realizó un muestreo para la caracterización del suelo hasta un metro de profundidad, para la determinación de la fertilidad, salinidad, pH y contenido de materia orgánica, donde el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y el K<sub>2</sub>O fueron determinados por el Método de Machiguin (NC 52: 1999) por tratarse de suelos carbonatados; para la determinación de materia orgánica se utilizó la NC 51: 1999 y para la determinación del pH y la Conductividad Eléctrica en el extracto de saturación se empleó la NC 32: 2008. Además, se caracterizó la vegetación natural, evaluando el tipo y cantidad de malas hierbas y peso total de las mismas.

En un perfil de caracterización se determinó el tipo de suelo y se tomaron muestras para la determinación de potasio y fósforo asimilables, Capacidad de Cambio de Bases (CCB) y Capacidad de Cambio Catiónico (CCC); además, se realizaron determinaciones de campo de densidad aparente (DA), por el método de los cilindros (NC ISO 10272: 2003), a una humedad

del 85-95% de la capacidad de campo y velocidad de infiltración (Vi) por el método de los cilindros concéntricos (NRAG XX: 2009) en el horizonte arable. Al finalizar la fase experimental, en las dos variantes investigadas (labranza tradicional y horizontal), se realizaron determinaciones de campo de densidad aparente (0-45 cm) y velocidad de infiltración (Vi).

Las determinaciones de densidad aparente se evaluaron estadísticamente según el análisis de varianza, clasificación simple para una probabilidad de error de 5%, utilizando el programa estadístico Statgraphics\_Plus-5.1\_Pro\_Esp.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización inicial del área experimental

El suelo a mejorar se clasifica como Aluvial poco diferenciado sobre materiales carbonatados, profundo y textura loam

arcillosa; debido a la textura y al bajo contenido de materia orgánica del suelo (menor del 3%), el horizonte superficial (Ap: 0-17 cm) está débilmente estructurado, mientras que los horizontes siguientes (C<sub>1</sub>: 17-38 y C<sub>2</sub>: 38-53 cm) presentan una estructura masiva y una consistencia dura, coincidiendo con la zona de mayor densidad aparente (Tabla 3), con bloques densos y de baja porosidad de aireación, indicando una deficiente infiltración del agua; otra evidencia del estado físico del suelo lo constituye las raíces del Don Carlos (*Sorghum halepense* L. pers), las cuales solo penetran hasta los 30-35 cm y a esta profundidad se presentan en número reducido, aplanadas y con entrenudos cortos, mientras que en los primeros 20 cm son abundantes y gruesas.

Según Rivero *et al.* (2006) este tipo de suelo, en estado natural, presenta una DA entre 1,1-1,2 g·cm<sup>-3</sup> a la profundidad de 0-20 cm, alcanzado valores de 1,21-1,30 g·cm<sup>-3</sup> de 20-50 cm. Al comparar estos índices con el suelo del área experimental

(Tabla 3), se observa que en la capa superior (0-17 cm) este índice no ha sufrido variaciones, pero de 17-53 cm se ha elevado en un 18-14%, indicando que existe una influencia antrópica negativa, relacionada con el sistema tradicional de labranza utilizado; al respecto Campos *et al.*, (2004), plantean que los arados y gradas de discos crean un piso de aradura por debajo de la profundidad de penetración, dado por el efecto de la componente del peso del apero, el sector de corte al que se enfrenta y el arrastre de los discos, a profundidades de 15-30 cm y más.

En el horizonte C<sub>1</sub> del suelo del área experimental la densidad es significativamente superior al resto del perfil (Tabla 3), lo cual coincide con la zona de mayor influencia de los arados y gradas de discos, mientras que el horizonte Ap, es el menos denso, determinado por el efecto de la labranza, las labores de cultivo y la influencia del sistema radical de los cultivos y las malezas.

**TABLA 3. Determinación inicial de densidad aparente (DA) en el campo (g·cm<sup>-3</sup>)**

Profundidad (cm)	Horizonte	Muestras por horizonte genético					Media
0-17	A <sub>p</sub>	1,07	1,14	1,14	1,15	1,05	1,11 <sup>d</sup>
17-38	C <sub>1</sub>	1,46	1,50	1,48	-	-	1,48 <sup>a</sup>
38-53	C <sub>2</sub>	1,38	1,45	1,42	-	-	1,42 <sup>b</sup>
53-74	C <sub>3</sub>	1,26	1,31	1,32	-	-	1,30 <sup>c</sup>
74-100+	C <sub>4</sub>	1,27	1,27	1,28	-	-	1,27 <sup>c</sup>

(ES  $\bar{x}$ ) = 0,144

\* a, b, letras iguales no difieren significativamente, para un 5% de error.

La velocidad de infiltración (Vi) se determinó en la capa de 0-15 cm (Figura 1); la misma, según la clasificación del MINAG (1984) se considera moderada; no obstante, para los suelos con problemas de salinidad de Guantánamo, Rivero *et al.*, (2006) la clasifican como alta y que este valor está dado por el contenido de materia orgánica a esa profundidad, que le confiere al suelo un determinado grado de estructuración (IE = 0,70), presencia de muchas raíces aportadas por la vegetación natural y una alta porosidad (55,6%); es de presumir que, a partir de los 17 cm el movimiento vertical del agua sea mucho más lenta, debido a su estructura masiva, consistencia dura, alta densidad aparente y baja porosidad (40,8%).

### Velocidad de infiltración inicial y final

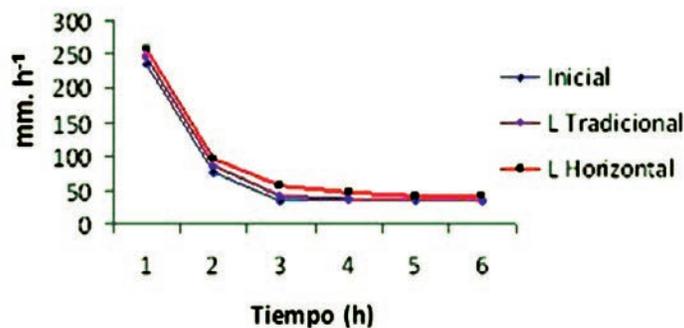


FIGURA 1. Velocidad de infiltración (mm·h<sup>-1</sup>) de la capa 0-15 cm del suelo.

Teniendo en cuenta estas características desfavorables del suelo y el tipo de vegetación predominante, se propuso introducir la labranza horizontal del suelo con el multiarado, implemento que ha demostrado disminuir la compactación del suelo, aumentar la infiltración y por tanto las reservas hídricas del suelo (Ronzoni *et al.*, 1999).

### Caracterización final del área experimental

Al finalizar la fase experimental de campo se realizaron determinaciones de densidad aparente y velocidad de infiltración en las variantes con labranza tradicional y labranza horizontal; en ambas la DA se determinó hasta los 45 cm de profundidad

y considerando que la influencia de los tratamientos solo alcanzó hasta los 30 cm, en el horizonte C<sub>1</sub> se tomaron muestras a las profundidades de 18-25 y 26-31 cm. Los resultados muestran una influencia diferente de ambos sistemas de labranza sobre la densidad aparente (Tabla 4); mientras que en la variante tradicional la DA se mantuvo alta, para la labranza horizontal disminuyó significativamente, determinado principalmente por el uso del multirado, el cual se caracteriza por reducir la compactación del suelo (Brizuela et al., 2006).

**TABLA 4. Densidad aparente en las variantes con labranza tradicional y horizontal (g·cm<sup>-3</sup>)**

Profundidad de muestreo (cm)	$\bar{X}$ (ES)	Caracterización inicial (3/2006)	Labranza tradicional (9/2010)	Labranza horizontal (9/2010)
0-17	0,036	1,11 <sup>a</sup>	1,10 <sup>ab</sup>	1,06 <sup>b</sup>
18-25	0,122	1,48 <sup>a</sup>	1,46 <sup>a</sup>	1,23 <sup>b</sup>
26-31	0,040	1,48 <sup>a</sup>	1,45 <sup>a</sup>	1,40 <sup>b</sup>
40-45	0,023 n.s.	1,42	1,41	1,40

\* a, b, letras iguales en una misma fila no difieren significativamente, para un 5% de error.

La velocidad de infiltración final (Vif) en el campo se determinó en la capa superior del suelo (0-15 cm) en los tratamientos con labranza tradicional y labranza horizontal, utilizando el método de los cilindros concéntricos.

En la variante tradicional la velocidad de infiltración se mantuvo muy similar a la determinación inicial (Figura 2), considerando que no sufrió cambios perceptibles en la densidad aparente. No sucedió igual con la variante con labranza horizontal, en la cual,

en correspondencia con el mejoramiento de la densidad aparente del suelo en la capa de 0-30 cm, se incrementó la velocidad de infiltración del agua en la capa superior y presumiblemente a más profundidad, ya que en el campo se observó que las variantes tratadas con el corte horizontal en la labranza, no presentaron problemas de encharcamiento durante la época de lluvias, no así en la variante con labranza tradicional, indicando un mejoramiento del drenaje interno del suelo con la labranza horizontal.

### Velocidad de infiltración inicial y final

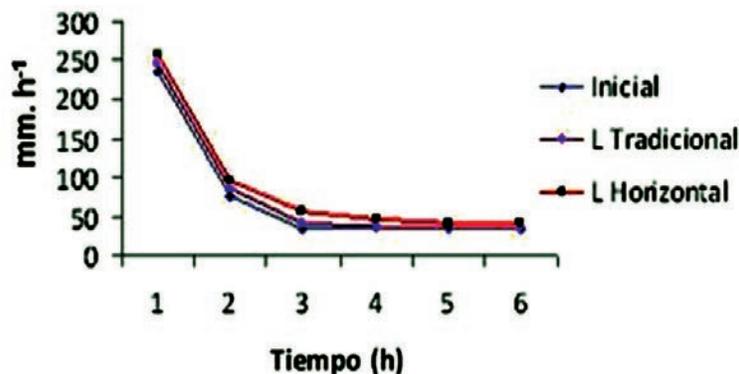


FIGURA 2. Velocidad de infiltración en la capa de 0-15 cm del suelo, inicial y final bajo dos sistemas de labranza.

### Evaluación económica de las tecnologías de labranza

Para la evaluación económica se partió de diferentes Metodologías para la investigación de los procesos agropecuarios mecanizados (Cuba, 1984; NC-34-37:2003; NC-34-38:2003; NC 34-47:2003, NC 34-49:2003; NC 34-55:2003) que establecen las consideraciones a aplicar a los equipos e implementos y que incluyen elementos tales como: precio actual, amortización, personal de servicio, productividad, consumo de combustible, grasas y lubricantes, fuerza de trabajo, etc. con el fin de determinar los indicadores económicos.

En todas las variantes experimentales se utilizó la labranza mínima (rotura, mullido y surcado), tendencia actual en la agricultura cubana, con lo que se logra disminuir la acción compactante de la maquinaria sobre las capas superficiales y profundas del suelo, problema que solo se resuelve con gran gasto de energía (Brizuela

et al., 2006) y por consiguiente con un elevado costo económico.

Las diferencias de costos entre la variante con labranza tradicional (I), donde se utiliza el arado de discos y la labranza horizontal (II), está determinada por la inclusión del multirado, el cual posee características constructivas, configuración y forma de trabajo que le proporcionan un ancho de labor y velocidad de trabajo mayor, incrementando su productividad, disminuyendo el consumo de combustible (36-41%) y los costos totales (38-42%; Tabla 5).

Además de las ventajas económicas de la labranza horizontal, hay que tener en cuenta que los arados de discos incrementan la compactación del suelo, mientras que el multirado la reduce (Brizuela et al., 2006). El uso del tiller (labranza horizontal III), combinado con el multirado, además de reducir en un 8% el consumo de combustible y un 7% el costo de la tecnología de labranza del suelo con respecto a la tecnología de labranza horizontal II, tiene mucha importancia para evitar la compactación del terreno (Brizuela et al., 2006).

**TABLA 5. Indicadores económicos de las diferentes tecnologías de labranza del suelo utilizadas**

Variantes tecnológicas	Consumo combustible (L·ha <sup>-1</sup> )	Consumo grasas y lubricantes (L·ha <sup>-1</sup> )	Gastos de trabajo (peso·ha <sup>-1</sup> )	Gasto salario unitario (peso·ha <sup>-1</sup> )	Gastos explotación (peso·ha <sup>-1</sup> )	Gastos combustibles y lubricantes (peso·ha <sup>-1</sup> )	Gastos directos (peso·ha <sup>-1</sup> )	Gastos indirectos (peso·ha <sup>-1</sup> )	Gastos totales (peso·ha <sup>-1</sup> )
Labranza tradicional I	39,90	2,92	20,90	8,88	31,96	29,97	91,71	9,17	100,88
Labranza horizontal II	25,47	1,52	14,44	4,77	17,90	19,93	57,04	5,70	62,74
Labranza horizontal III	23,53	1,64	13,47	4,39	16,48	18,73	53,08	5,731	58,39

II – Se utilizó la grada ligera para el mullido del suelo. III – Se utilizó el tiller flexible para el mullido del suelo.

## CONCLUSIONES

La labranza horizontal de suelos con degradación física, utilizando el multiarado, disminuye significativamente la densidad aparente en la capa arable del suelo, principalmente en la franja compactada de 18-30 cm, favoreciendo sus propiedades hidrofísicas, sobre todo la infiltración, favoreciendo el movimiento del agua en el perfil.

Las tecnologías de labranza utilizando el multiarado, disminuyeron los consumos de combustible (36-41%) y el costo económico de esta actividad (38-42%) con respecto a la labranza tradicional, lo cual hace más sustentable estas tecnologías, a la vez que, por el número de labores que se realizan, se disminuye la acción de la maquinaria sobre el suelo, contribuyendo a su conservación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSO, C. A.; N. FEDOROFF; M. RIVEROL; L. RIVERO; L. MOREJÓN; N. CASTRO; S. HERNÁNDEZ ET P. PORRAS: "Impacte de l'Agriculture Intensive sur la dégradation du sol», *Transaction 13 I.S.S.S. Congress*, 2: 267-268, 1994.
- BRIZUELA, M.; A. RÍOS; L. VILLARINO; J. A. CAÑIZARES y R. RAMOS: *Tecnologías para las producciones agrícolas en Cuba*, 148pp., Ed. Ministerio de la Agricultura, Ed. AGRINFOR, La Habana, Cuba, 2006.
- CAMPOS, B.; J. MTNEZ.; V. GUILBEAUX y N. ROMERO. "Nueva tecnología para el cultivo del tabaco con el uso de la tracción animal" *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(4): 59-62, 2004.
- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA: *Metodología para la investigación de los procesos agropecuarios mecanizados*, Ed. IIMA, 1984.
- FAO. *Carta mundial de los suelos*, Ed. FAO, Roma, 1982.
- INSTITUTO DE SUELOS, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA. *Programa Nacional de Conservación y Mejoramiento de Suelos*. Instituto de Suelos, 35 pp., Ministerio de la Agricultura, Ed. AGRINFOR, La Habana, Cuba, 2001.
- NC 32: *Calidad del suelo. Determinación del pH y la conductividad eléctrica en el extracto de saturación*, Vig. 2008.
- NC-34-37: *Metodología para la evaluación de los parámetros tecnológicos y de explotación de las máquinas*, Vig. 2003.
- NC 34-38: *Metodología para la determinación de los indicadores que caracterizan la efectividad económica*, Vig. 2003.
- NC 34-47: *Metodología para la caracterización agrotécnica de la parcela y del cultivo forrajero*, Vig. 2003.
- NC 34-49: *Metodología para la realización de las pruebas de máquinas e implementos agrícolas*, Vig. 2003.
- NC 34-55: *Metodología para la determinación experimental de los indicadores de calidad de trabajo*, Vig. 2003.
- NC 51: *Calidad del suelo. Análisis químico. Determinación del porcentaje de materia orgánica*, Vig. 1999.
- NC 52: *Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio*, Vig. 1999.
- NC ISO 10272: *Calidad del Suelo. Determinación de la Densidad Aparente*, Vig. 2003.
- NRAG XX: *Calidad del suelo. Velocidad de Infiltración. Determinación*, Vig. 2009.
- RIVERO, L.; I. SANCHEZ; V. GALVEZ; M. VALDES; N. NAVARRO y L. OTERO. *Mapa de distribución de los suelos del Valle de Guantánamo de acuerdo a su comportamiento físico*, (Escala 1:10000), Guantánamo, Cuba, 2006.
- RIVERO, L.; V. GALVEZ; N. NAVARRO e I. SANCHEZ: *Sistema de información, sistema de monitoreo y soluciones tecnológicas para preservar a los suelos de la salinidad y posible impacto de los cambios climáticos en agroecosistemas con problemas actuales y potenciales de salinización*, 125pp., Informe final del proyecto 013050005, Ed. Instituto de Suelos, La Habana, Cuba, 2001.
- RONZONI, C.; H. BOUZA; P. FAGUNDO; G. SERPA; R. DELGADO y E. VALDIVIA: "Multiarado: un sistema ecológico de labranza", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 8(2): 1-3, 1999.

**Recibido:** 10 de febrero de 2013.

**Aprobado:** 27 de diciembre de 2013.

Luis M. Herrera Sardiñas, Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Guantánamo, Cuba, Correo electrónico:

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.