

Impactos del bombeo eólico en el riego por aspersión para el cultivo del ajo

Impacts of Wind Pumping on Sprinkler Irrigation for Garlic Cultivation



<https://cu-id.com/2177/v32n1e05>

✉ Néstor Méndez Jurjo^{1*}, ✉ Oscar Brown Manrique¹, ✉ Manuel Peña Casadevall¹, ✉ Yaily Beltrán Pérez¹

¹Universidad de Ciego de Ávila (UNICA), Ciego de Ávila, Cuba.

¹Empresa Agroindustrial Azucarera Primero de Enero, Ciego de Ávila, Cuba.

RESUMEN: Con el objetivo de determinar impactos económicos-productivos, energéticos y ambientales del bombeo eólico en el riego por aspersión para el cultivo del ajo se realizó la investigación en la Finca "La Cuchilla". La masa de los bulbos fue de 27,47 g; 27,81 g y 27,70 g respectivamente para promediar 27,66 g, el diámetro de los bulbos alcanzó valores de 3,92 g; 4,01 g y 3,85 g durante los ciclos 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019, el volumen de producción fue 231400,00 pesos por hectárea, Los costos anuales ascendieron a 18929,77 pesos por hectárea, el beneficio neto es de 212470,23 pesos por hectárea, el costo por peso de producción favorable de 0,08 centavos, se obtuvo un valor de 11,22 en la relación Beneficio - Costo, muy superior a la unidad. La utilización del molino multipala para el bombeo de agua en lugar de una motobomba de marca LEPONO, utilizada por campesinos de la región, con caudal de 60 L min⁻¹, carga máxima 70 m, velocidad de giro 3400 rpm, intensidad de la corriente que consume el motor 11 A, permitió un ahorro energético de 27,66 kWh, esto representa 146,77 kg de CO₂ equivalente por hectárea que se dejó de emitir a la atmósfera.

Palabras clave: energético, bombeo eólico, atmósfera, aspersión, beneficio.

ABSTRACT: In order to determine the economic-productive, energy and environmental impacts of wind pumping in sprinkler irrigation for garlic cultivation, the investigation was carried out at "La Cuchilla" farm during 2016-2017, 2017-2018 and 2018-2019 cycles. The mass of the bulbs was 27.47 g, 27.81 g and 27.70 g, respectively, to average 27.66 g and the diameter of the bulbs reached values of 3.92 g, 4.01 g and 3.85 g, respectively. The production volume was 231,400.00 pesos per hectare, the annual costs amounted to 18,929.77 pesos per hectare and the net benefit was 212470.23 pesos per hectare. The favorable production cost per peso of 0.08 cents with a value of 11.22 obtained in the Benefit-Cost ratio was much higher than the unit was. A multi-blade mill was utilized for pumping water instead of a LEPONO brand motorized pump, used by farmers in the region. It has a flow rate of 60 L min⁻¹, maximum head 70 m, turning speed 3400 rpm and current intensity consumed by the 11 A motor and allowed an energy saving of 27.66 kWh corresponding to 146.77 kg of CO₂ equivalent per hectare no longer emitted into the atmosphere.

Keywords: energy, wind pumping, atmosphere, sprinkling, benefit.

INTRODUCCIÓN

La energía eólica ha demostrado cierta superioridad en comparación con las fuentes de energía tradicionales, por lo que se considera una energía renovable de las más preciadas, limpia, abundante, barata, inagotable y que además es parte del medio ambiente (Chang, 2011).

Se pronostica que debido a las emisiones de gases de efecto invernadero se alcance al final del siglo un aumento en el calentamiento global entre 1,4 y 5,8 °C, por lo cual todas las economías y los ecosistemas del mundo sufrirán graves consecuencias de no tomarse las medidas necesarias para mitigar esta problemática (World Bank, 2013; Chou et al., 2017).

*Author for correspondence: Néstor Méndez Jurjo, e-mail: nestormj@unica.cu

Recibido: 02/02/2022

Aceptado: 09/12/2022

Existe un interés mundial por la protección del medio ambiente, la mitigación del impacto que ha generado el hombre sobre él y el uso racional de los recursos naturales; también existe un beneficio global por incentivar el uso de las energías renovables como medio de disminución de la dependencia por los combustibles fósiles, atenuando los riegos adicionales, como la progresiva contaminación y el incremento de gases de invernadero, que estos provocan (Tsai y Kuo, 2010; Gallego *et al.*, 2018). El sector energético es clave para el desarrollo sostenible, así como en la lucha contra el cambio climático (Correa *et al.*, 2016; Chou *et al.*, 2017). A partir de lo antes expresado, el objetivo del trabajo consiste en determinar los impactos económico-productivos, energéticos y ambientales del bombeo eólico en el riego por aspersión para el cultivo del ajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Investigación se desarrolló en la finca "La Cuchilla", localizada en la comunidad de Sabicú en el municipio Primero de Enero de la provincia Ciego de Ávila, entre las coordenadas 21°52' de Latitud Norte y 78°18' de Longitud Oeste, con una superficie de 7,5 hectáreas (Figura 1); donde se desarrollan diferentes cultivos como tomate, ajo, frijoles, maíz, yuca, plátano, limón, mango.

La evaluación económica del sistema de riego se realizó a partir del análisis de los costos incurridos en la producción del cultivo y los beneficios obtenidos. Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

$$B_n = (V_p - C_a) \quad (1)$$

$$V_p = R \cdot P_v \quad (2)$$

$$C_a = G_{sal} + G_{amor} + G_{agua} + G_{fert} + G_{cult} + G_{prep-suelo} \quad (3)$$

$$G_{amor} = C_s \cdot K_a \quad (4)$$

$$K_a = \frac{r}{(1+r)^T - 1} \quad (5)$$

$$G_{agua} = \frac{(V_{agua} \cdot P_{agua}) \cdot 10^3}{A_p} \quad (6)$$

$$C_{pp} = \frac{C_a}{V_p} \quad (7)$$

$$B/C = \frac{B_n}{C_a} \quad (8)$$

donde:

B_n : es el beneficio neto (\$ ha⁻¹)

V_p : el volumen de producción(\$ ha⁻¹)

C_a : Costo anual de explotación (\$ ha⁻¹)

A_c : Área de cultivo (ha)

R : Rendimiento del cultivo (t ha⁻¹)

P_v : Precio de venta del cultivo (\$ t⁻¹)

P_{agua} : Precio del agua aplicada (\$ m⁻³)

G_{sal} : Gasto de salario de los obreros (\$ ha⁻¹)

G_{amor} : Gasto de amortización (\$ ha⁻¹)

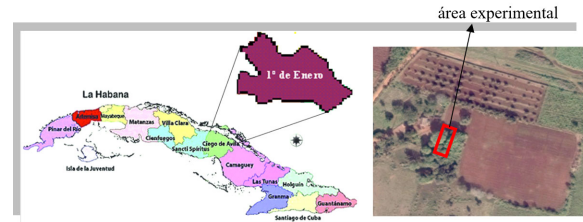


FIGURA 1. Localización del área experimental.

C_s : Costo total del sistema (\$ ha⁻¹)

K_a : Coeficiente de amortización (adim.)

r : Tasa de interés bancaria (adim.)

T : Tiempo de vida útil de la instalación (años)

V_{agua} : Volumen de agua (m⁻³)

G_{agua} : Gasto de consumo de agua (\$ ha⁻¹)

G_{fert} : Gasto de fertilizantes (\$ ha⁻¹)

G_{cult} : Gasto de actividades culturales (\$ ha⁻¹)

$G_{prep-suelo}$: Gasto de preparación del suelo (\$ ha⁻¹)

C_{pp} : Costo por peso de producción (\$ ha⁻¹)

B/C : Relación beneficio costo (adim.)

Una relación Beneficio - Costo mayor que la unidad indica que la variante objeto de estudio es económicamente ventajosa. El cálculo del ahorro de energía por el uso del molino multipala se estimó a partir del consumo de energía si se utilizara un motor eléctrico, la potencia de la bomba y el tiempo de bombeo según procedimiento utilizado por Charpentier (2017). Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

$$C_{eB} = P_B \cdot T_B \quad (9)$$

$$P_B = \left(\frac{I \cdot V}{1000} \right) \quad (10)$$

$$T_B = T_r \cdot N_r \quad (11)$$

donde:

C_{eB} : Consumo de energía de la bomba (kWh)

P_B : Potencia de la bomba (kW)

T_B : Tiempo de bombeo (h)

I : Intensidad de la corriente que consume el motor (A)

V : Tensión del motor que alimenta la bomba (V)

T_r : Tiempo de riego (h)

N_r : Número de riego (h)

El cálculo de las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero por consumo de electricidad, se determinó mediante un factor de emisión eléctrico que considera la generación de las centrales eléctricas que entregan energía a la red eléctrica nacional (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-México, 2021). La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$CO_2e = \left(\frac{F_{ee} \cdot C_{eB}}{1000kWh} \right) \quad (12)$$

donde:

CO_2e : Cantidad de CO₂ equivalente que se deja de emitir a la atmosfera (t).

F_{ee} : Factor de emisión eléctrico (0,494 tCO₂e MWh⁻¹).

C_{eB} : Consumo de energía de la bomba (kWh).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis agroproductivos del cultivo

El análisis de la masa de los bulbos durante las campañas 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019 se muestra en la (Figura 2), con resultados de 27,47 g; 27,81 g y 27,70 g respectivamente para un promedio de 27,66 g. Este resultado es similar al encontrado por Pupo-Feria *et al.* (2016) en una parcela experimental en áreas de la finca “Los Pérez” de la Cooperativa de Créditos y Servicios Fortalecida “Niceto Pérez García”, del municipio Las Tunas, entre los años 2011 y 2014 donde encontraron valores de masa de los bulbos de 21,78 g y 22,80 con la aplicación de FitoMas E® y FitoMas E®+EcoMic® respectivamente.

El diámetro de los bulbos manifestó valores de 3,92 g; 4,01 g y 3,85 g durante los ciclos 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019 respectivamente (Figura 3), respectivamente para un promedio de 3,93 g. Valores del diámetro de los bulbos de 4,0 cm o superior fue encontrado por Muñoz *et al.* (2010) en el 55% de las muestras evaluadas en estudios realizados en Cuba con clones Criollos.

Respecto al diámetro del bulbo, es necesario considerar que es un indicador que influye directamente en la calidad del producto para la comercialización, el consumo alimento y la utilización como material de propagación (Castellanos *et al.*, 2004; Diriba *et al.*, 2014).

En la (Figura 4) se observa que en las tres campañas evaluadas el rendimiento del cultivo alcanzó valores de 4,38 t ha⁻¹; 4,51 t ha⁻¹ y 4,46 t ha⁻¹ respectivamente, con un promedio de 4,45 t ha⁻¹. Estos rendimientos fueron superiores a la media informada en Cuba por Izquierdo y Gómez (2005); así como Izquierdo y Gómez (2007), que es de 2,0 t ha⁻¹.

Otros autores como García *et al.* (2014) informaron rendimientos superiores de 6,41 t ha⁻¹, con el tratamiento combinado de FitoMas E® + 300 kg de N ha⁻¹. En la zona sur de Las Tunas se lograron rendimientos superiores a las 5 t ha⁻¹ con el uso de diferentes estimulantes del crecimiento vegetal y en Sancti Spiritus se llegó alcanzar 6,81 t ha⁻¹ con la aplicación de *Azospirillum brasilense* (González y Rodríguez, 2003).

El efecto combinado del tamaño de los bulbos, la época de plantación (temperatura y fotoperíodo) y la humedad del suelo, la cual debe mantenerse en el rango de humedad productiva durante todo el ciclo, son factores que favorecen los rendimientos en el cultivo del ajo (Muñoz *et al.*, 2010).

Análisis de los índices técnico económico

En la Tabla 1 se muestran los resultados fundamentales de los índices técnicos económicos calculados para el sistema eólico con molino multipala

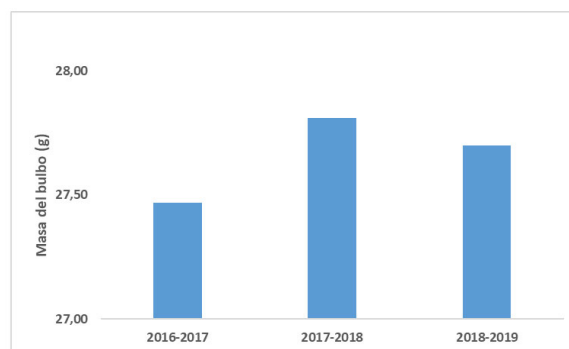


FIGURA 2. Masa de los bulbos.

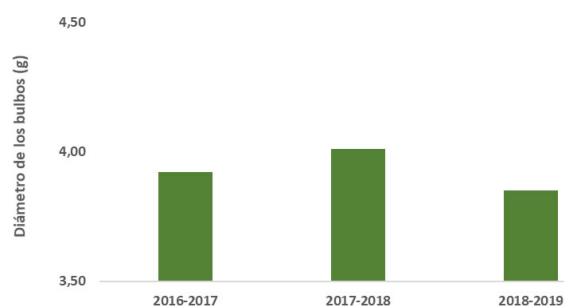


FIGURA 3. Diámetro de los bulbos.

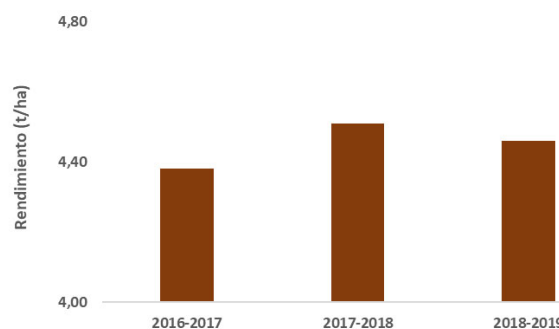


FIGURA 4. Rendimiento agrícola del cultivo.

TABLA 1. Índices técnicos económicos

| Índices técnicos económicos | Valor |
|-----------------------------|-----------|
| V _p (\$/ha) | 231400,00 |
| C _a (\$/ha) | 18929,77 |
| B _n (\$/ha) | 212470,23 |
| C _{pp} | 0,08 |
| B/C > 1 | 11,22 |

para el riego por aspersión en el cultivo de ajo. En la misma se observa que el volumen de producción es de 231400,00 pesos por hectárea, condicionado por el precio de venta del ajo con un valor de 52,00 pesos por kilogramo según el Ministerio de Finanzas y Precios MFP-Cuba (2021).

Los costos anuales incurridos ascendieron a 18929,77 pesos por hectárea debido a los gastos de salario de los obreros, amortización del sistema, consumo de agua, fertilizantes, actividades culturales

y preparación del suelo entre otras; por lo que se logró un beneficio neto de 212470,23 pesos por hectárea con un costo por peso de producción muy favorable de 0,08; lo que indica que para obtener un peso de producto se debe gastar ocho centavos a nivel de una hectárea.

Lo anteriormente explicado demuestra que el sistema eólico con molino multipala para el riego por aspersión en el cultivo de ajo es económicamente ventajoso al lograrse un valor de 11,22 en la relación Beneficio-Costo, que es muy superior a la unidad.

La utilización del molino multipala para el bombeo de agua en lugar de una motobomba de la marca LEPONO, muy utilizada por los campesinos de la región, con un caudal de 60 L min⁻¹, carga máxima de 70 m, velocidad de giro de 3400 rpm, intensidad de la corriente que consume el motor de 11 A y tensión del motor que alimenta la bomba de 110 V, permitió un ahorro energético de 27,66 kWh, lo que representa una cantidad de 146,77 kg de CO₂ equivalente por hectárea que se dejó de emitir a la atmósfera como se muestra en la (Figura 5).

CONCLUSIONES

El mejoramiento de la eficiencia energética en la agricultura, requiere de una transformación de la matriz energética sobre la base de la aceptación de las energías renovables como alternativa, en especial de la energía eólica por ser una de las más ventajosas para el bombeo eólico.

Se alcanzaron índices económicos favorables en cuanto a rendimiento del cultivo, volumen de producción, beneficio neto, costo por peso de producción y relación beneficio costo, que validan la efectividad de la investigación. Los criterios de satisfacción ofrecidos por diferentes empresas e instituciones demuestran la pertinencia científica, tecnológica y económica de los resultados.

Se ahorró energético con la utilización de este sistema de bombeo eólico es de 27,66 kWh, esto representa 146,77kg de CO₂ equivalentes por hectáreas dejadas de emitir a la atmósfera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTELLANOS, J.; VARGAS-TAPIA, P.; OJODEAGUA, J.; HOYOS, G.; ALCANTAR-GONZALEZ, G.; MÉNDEZ, F.; ALVAREZ-SÁNCHEZ, E.; GARDEA, A.: "Garlic productivity and profitability as affected by seed clove size, planting density and plantin method", *HortScience*, 39(6): 1272-1277, 2004, ISSN: 0018-5345.

CHANG, T.P.: "Estimation of wind energy potential using different probability density functions", *Applied Energy*, 88(5): 1848-1856, 2011, ISSN: 0306-2619.

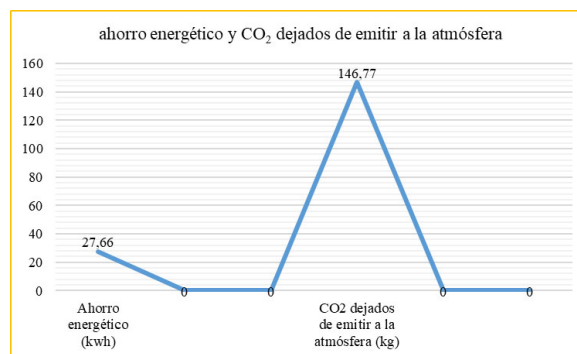


FIGURA 5. Relación de ahorro energético y CO₂ dejados de emitir a la atmósfera.

CHARPENTIER, W.: *Cómo calcular el consumo eléctrico de una bomba de una piscina*, [en línea], Puromotores, 2017, Disponible en: <https://www.puromotores.com/13074289/>.

CHOU, R.R.; MARTÍNEZ, S.K.E.; RAMÍREZ, R.R.: "Energía eólica y aerogeneradores: estudio comparativo de diferentes variantes para el perfeccionamiento de las multiplicadoras", *Revista Universidad y Sociedad*, 9(4): 120-127, 2017, ISSN: 2218-3620.

CORREA, A.P.F.; GONZÁLEZ, G.D.; PACHECO, A.J.G.: "Energías renovables y medio ambiente: su regulación jurídica en Ecuador", *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3): 179-183, 2016, ISSN: 2218-3620.

DIRIBA, S.G.; NIGUSSIE, D.R.; KEBEDE, W.; GETACHEW, T.: "Bulb quality of garlic (*Allium sativum* L.) as influenced by the application of inorganic fertilizers", *African Journal of Agricultural Research*, 9(8): 784-796, 2014, ISSN: 1991-637X.

GALLEGO, L.Y.A.; ARIAS, G.R.; CASAS, F.F.; SOSA, P.R.: "Análisis de la implementación de un parque fotovoltaico en la Universidad Central de las Villas", *Ingeniería Energética*, 39(2): 82-90, 2018, ISSN: 1815-5901.

GARCÍA, A.M.; MONTOYA, R.C.A.; BARROSO, F.C.L.; PÉREZ, D.C.A.; REYES, M.B.: "Reducción de la fertilización nitrogenada en el cultivo del ajo.", *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 18(1): 58-67, 2014, ISSN: 1028-0871.

GONZÁLEZ, R.L.; RODRÍGUEZ, N.I.: "Influencia de la aplicación de Azospirillum en el crecimiento y desarrollo del cultivo del ajo (*Allium sativum* L.)", *Revista Centro Agrícola*, 30(2): 111-117, 2003.

IZQUIERDO, H.; GÓMEZ, O.: "«Martínez» un clon de ajo (*Allium sativum*, L.) de alta calidad fitosanitaria y buen potencial de rendimiento", *Cultivos Tropicales*, 26(2): 53, 2005.

IZQUIERDO, H.; GÓMEZ, O.: "«Vietnamita», un clon de ajo (*Allium sativum* l.) de alta calidad

- fitosanitaria y buen potencial de rendimiento”, *Cultivos Tropicales*, 28(1): 75, 2007, ISSN: 1819-4087.
- MFP-CUBA: *Resolución 84. Precios máximos de acopio centralizados y de compra de productos agropecuarios, [en línea]*, no. GOC-2021-356-EX29, Inst. Ministerio de Finanzas y precios (MFP), La Habana, Cuba, 2021, Disponible en: <https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/resolucion-84-de-2021-de-ministerio-de-finanzas-y-precios>.
- MUÑOZ, L.; ALMAGUEL, L.; BENÍTEZ, M.; BRITO, G.; CÁCERES, I.; CASTELLANOS, J.; FRAGA, S.; GIL, J.; LÓPEZ, M.; PRATS, A.: “El cultivo y mejoramiento de la producción de ajo en Cuba”, *Agricultura Orgánica*, 1: 18-21, 2010.
- PUPO-FERIA, C.; GONZÁLEZ-RAMÍREZ, G.; CARMENATE-FIGUEREDO, O.; PEÑAMOLINA, L.; PÉREZ-LEMES, V.; RODRÍGUEZ-OBRADOR, E.: “Respuesta del cultivo del ajo (*Allium sativum* L.) a la aplicación de dos bioproductos en las condiciones edafoclimáticas del centro este de la provincia Las Tunas, Cuba”, *Cultivos Tropicales*, 37(4): 57-66, 2016, ISSN: 0258-5936.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES-MÉXICO: *Aviso. Factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2020. Registro Nacional de Emisiones, [en línea]*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2021, Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat>.
- TSAI, W.T.; KUO, K.C.: “An analysis of power generation from municipal solid waste (MSW) incineration plants in Taiwan”, *Energy*, 35(12): 4824-4830, 2010, ISSN: 0360-5442, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.005>.
- WORLD BANK: “Atlas of Global Development: A Visual Guide to the World’s Greatest Challenges. Washington DC: Collins energías alternativas”, *Geoenseñanza*, 7(1-2): 54-73, 2013.

Néstor Méndez Jurjo. Dr C., Departamento de Ingeniería Hidráulica. Universidad de Ciego de Ávila. UNICA, Ciego de Ávila, Cuba, e-mail: nestormj@unica.cu.

Oscar Brown Manrique. Dr C., Centro de Estudios Hidrotécnicos (CEH). Universidad de Ciego de Ávila. UNICA, Ciego de Ávila, Cuba, e-mail: obrown@unica.cu.

Manuel Peña Casadevall. Dr C., Centro de Estudios Hidrotécnicos (CEH). Universidad de Ciego de Ávila, Ciego de Ávila, Cuba, UNICA, e-mail: casadevall@unica.cu.

Yaily Beltrán Pérez. MSc., Especialista de Producción. Empresa Agroindustrial Azucarera Primero de Enero, Ciego de Ávila, Cuba, e-mail: yailybeltran@gmail.com.

The authors of this work declare no conflict of interests.

AUTHOR CONTRIBUTIONS: **Conceptualization:** N. Méndez. **Data Curation:** N.Méndez, O.Brown. **Formal Analysis:** N.Méndez, O.Brown, Y.Beltrán, M.Peña. **Investigation:** N.Méndez, O.Brown, Y.Beltrán, M.Peña. **Methodology:** N.Méndez, O.Brown, M.Peña. **Supervision:** N. Méndez. **Validation:** N.Méndez, O.Brown, M.Peña, Y.Beltrán. **Roles/Writing, original draft:** N. Méndez. **Writing, review & editing:** N.Méndez, O.Brown, Y.Beltrán, M.Peña,

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

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.