

Panorama general del problema de sanilidad del suelo de Oaxaca

Martínez-Rosales
Andrés Francisco
(1), Hernández-
Rodríguez Ofelia
Adriana (2)

Facultad de
Zootecnia y Ecología
(1)
Facultad de Ciencias
Agrotecnológicas (2)
Universidad
Autónoma de
Chihuahua

Recibido:
29 de mayo 2023
Aceptado:
8 de junio 2023

RESUMEN

Todo tipo de vida depende de la calidad del suelo para su supervivencia. Actualmente, la salinidad de los suelos es un problema que restringe las actividades agrícolas, sin importar si son grandes o pequeñas extensiones, ya que provoca la disminución de la capacidad productiva de los suelos y rendimiento de los cultivos, afectando la calidad ecológica del ambiente y degradando con frecuencia las condiciones estructurales y químicas de los suelos. La afectación por sales de suelos productivos y la pérdida de su fertilidad ponen en peligro la seguridad alimentaria y nutricional, ya sea antropológicamente o naturalmente como en 1997, cuando impactó el huracán Paulina, categoría 4 -extremadamente peligroso- según la escala de Saffir-Simpson, en el sudeste de Salina Cruz, Oaxaca, provocando daños en suelos agrícolas por la introducción del mar en ellos. El conocimiento del origen, dinámica y las consecuencias de la salinidad, abre las puertas a las nuevas generaciones para abordar esta problemática que impone la necesidad de dar soluciones, para que con base a ello, se puedan instrumentar planes, para la posible recuperación o rehabilitación de los suelos salinos. El objetivo de este trabajo es dar a conocer un panorama general de la problemática causada por la salinidad en los suelos para uso agrícola, esto ayudará a generar información para proponer enmiendas en la zona costera de Oaxaca.

Palabras clave: sódico, biorremediación, huracán.

ABSTRACT

All kinds of life depend on the quality of the soil for their survival. Currently, soil salinity is a problem that restricts agricultural activities, regardless of whether they are large or small extensions, since it causes a decrease in the productive capacity of soils and crop yields, affecting the ecological quality of the environment and frequently degrading the structural and chemical conditions of the soils. The affectation of productive soils by salts and the loss of their fertility endanger food and nutritional security, either anthropologically or naturally, as in 1997, when Hurricane Paulina hit, category 4 -extremely

dangerous- according to the Saffir-Simpson scale. , in the southeast of Salina Cruz, Oaxaca, causing damage to agricultural soils due to the introduction of the sea into them. Knowledge of the origin, dynamics, and consequences of salinity opens the doors to the new generations to address this problem that imposes the need to provide solutions so that based on this, plans can be implemented for possible recovery or rehabilitation of saline soils. The objective of this work is to present a general panorama of the problems caused by salinity in soils for agricultural use, this will help generate information to propose amendments in the coastal zone of Oaxaca.

Keywords: sodic, bioremediation, hurricane.

INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo por la salinidad, sodicidad o la combinación de ambos, es uno de los principales impedimentos para la utilización óptima del recurso suelo. La aceleración de estos procesos se debe a la intensificación global de la desertificación (IUSS, 2007; Terrazas, 2019). Los suelos afectados por sales existen principalmente bajo climas áridos o semi áridos, en más de 100 países, y en todos los continentes excepto la Antártica (Qadir y Oster, 2002). Se ha indicado que la salinización y la sodificación de los suelos agrícolas son quizás los problemas más serios que enfrenta la agricultura en nuestros días (Mata-Fernández et al., 2014), siendo la mala calidad del agua de riego la causa más común de la degradación del suelo en todo el mundo (Hoffman y Shanno, 2007).

Kitamura et al. (2006) indicaron que la acumulación de sales en suelos cultivables ha incrementado el abandono y la degradación ambiental en el mundo (Escalona-Domenech et al., 2022). Por lo que el objetivo de esta revisión es dar a conocer un panorama general de la problemática causada por la salinidad en los suelos para uso agrícola en el estado de Oaxaca, México.

DESARROLLO

La salinidad y sodicidad de los suelos son las principales restricciones para la producción agrícola (Taleisnik et al., 2008; Galindo et al., 2020). El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1954) define a los suelos salinos y sódicos como aquellos que presentan concentraciones excesivas de sales solubles, sodio intercambiable o ambos, de tal mane-

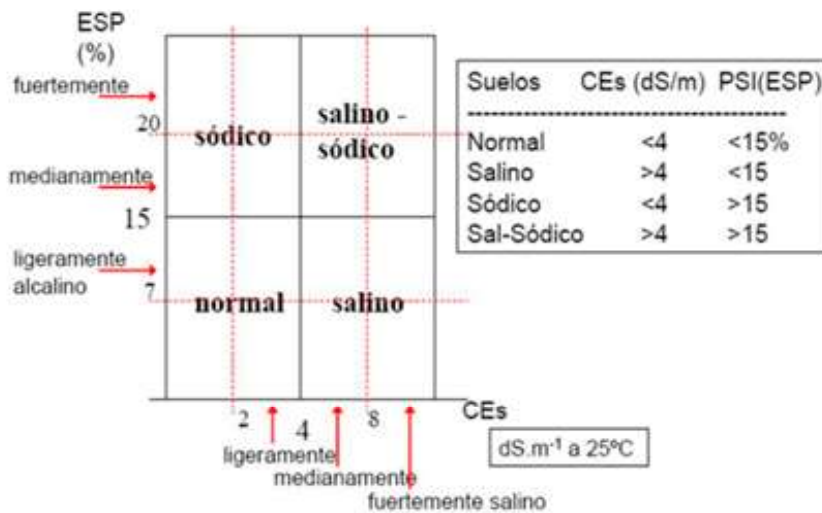


Figura 1. Clasificación de salinidad en suelos (INIA, 1964).

ra que afectan o alteran la productividad. Tomando como criterios evaluativos, el valor de conductividad eléctrica (CE) de 4 dS m⁻¹ para la salinidad y el de 15% para el porcentaje de sodio intercambiable (PSI), los suelos afectados por sales se clasifican en cuatro clases: normal, salino, sódico y salino-sódico (Figura 1).

Los efectos de la elevada concentración de sales en los suelos sobre las plantas se expresan de varias formas. El principal efecto del estrés salino es una reducción del crecimiento foliar. Estos procesos provocan una disminución en el desarrollo y la producción de cultivos sensibles (Tabla 1), mientras que, dentro de los rangos normales de salinidad, la sensibilidad de la planta está determinada sobre todo por la composición de las sales y no por la concentración total de éstas (López-Clement et al., 2008).

Tabla 1. Tolerancia de algunos cultivos a la salinidad expresada en conductividad eléctrica (CE)

Cultivo	Límite de CE (dS m ⁻¹)	% pérdida de producción al aumentar una unidad la CE
Alfalfa	2.0	7.3
Almendra	1.5	18
Manzana	1.0	15
Durazno	1.6	23
Aguacate	1.0	24

Fuente: Traducido de Havlin, 2013.

La mayoría de las plantas de importancia agrícola en México son sensibles a la salinidad, y su producción se ve significativamente reducida cuando se cultivan en suelos salinos (Barkla et al., 2007).

La salinización ha sido identificada como un factor muy importante en la degradación de los suelos agrícolas. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), de las 230 millones

de hectáreas que se encuentran bajo irrigación, 45 millones están afectadas por la salinidad. Se estima que se pierden al año cerca de 1.5 millones de hectáreas de suelos irrigados, lo cual resulta en una reducción de aproximadamente 11 mil millones de dólares en la productividad agrícola. En México, 30% de los 5.5 millones de hectáreas que son irrigadas están afectadas por la salinidad (Barkla et al., 2007) (Figura 2).



Figura 2. Mapa de México de tipos de degradación química (SEMARNAT, 2019).

Impacto del huracán Paulina en el sudeste de Salina Cruz, Oaxaca

Oaxaca es un estado que se encuentra en el Sur de México y se divide desde el punto de vista fisiográfico en la Sierra Madre del Sur, Sierra Madre de Oaxaca, Planicie Costera del Pacífico, Planicie Costera del Istmo y Portillo Ístmico. La zona costera en particular se localiza en las estribaciones de la Planicie Costera del Pacífico y la Sierra Madre del Sur, tiene una plataforma continental angosta y se ubica en una región con muy alta sismicidad. La estructura lítica y tectónica de la región está vinculada al metamorfismo regional, causado por la convergencia de la placa de Cocos que penetra por debajo de la norteamericana. Las temperaturas, presiones y deformación de las porciones profundas de la corteza terrestre causada por la subducción, dieron lugar a un metamorfismo regional que abarca miles de kilómetros, por estar asociado con deformaciones mecánicas, recristalización química y foliación distintiva, (Wicader et al., 2000). El clima predominante es cálido con lluvias en verano (INEGI, 2010).

El 7 de octubre de 1997 el huracán Paulina impactó al sudeste de Salina Cruz, Oaxaca, con categoría 4 en la escala de Saffir-Simpson, clasificado como extremadamente peligroso, provocó daños en suelos agrícolas por la introducción del mar en ellos (Matías, 1998). Sin embargo, en la base de datos a nivel nacional, la degradación del suelo por salinidad no está representada en el estado de Oaxaca ni en la zona costera, y no se tienen datos del grado del aumento en la concentración de salinidad en los suelos costeros de Oaxaca por algún mecanismo de salinización, siendo fundamental la revisión histórica del efec-

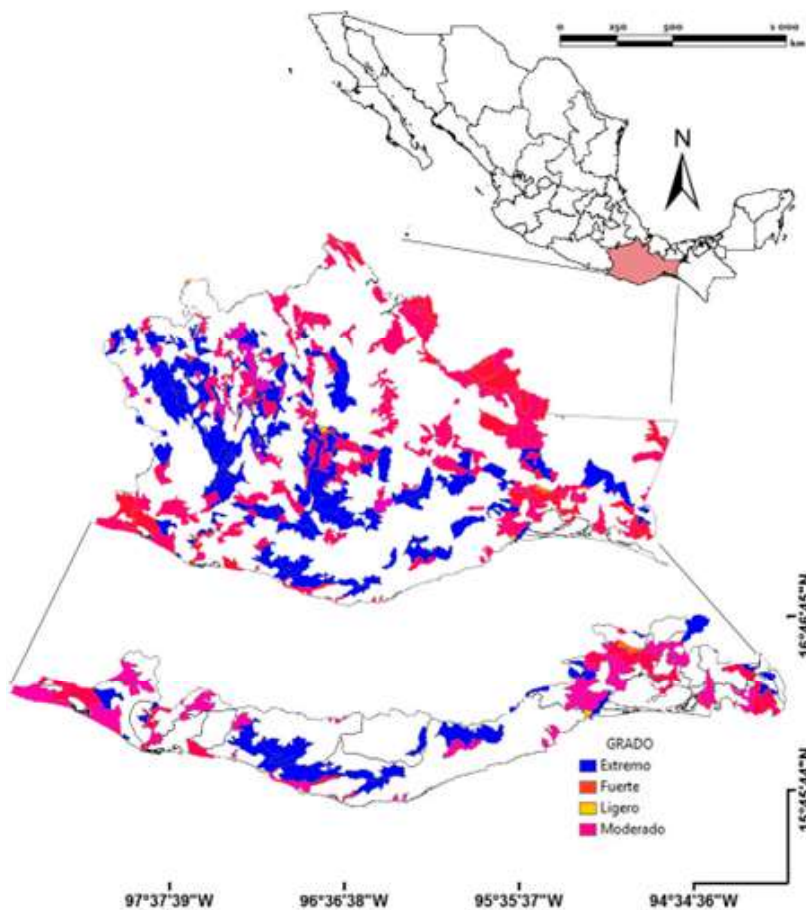


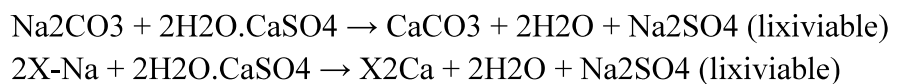
Figura 3. Clasificación de la zona costera de Oaxaca por tipo de degradación del suelo con datos.

to del paso de los huracanes en los suelos agrícolas de los litorales mexicanos y la actualización de la información de los suelos salinos de la zona costera de Oaxaca para establecer el grado y porcentaje de daño, haciéndose necesario el uso de herramientas geoestadísticas y muestreos sistemáticos del territorio, esto para que se proponga enmiendas para la recuperación de los suelos. En este trabajo se representa el grado de degradación del suelo cultivable en la costa oaxaqueña, con un 50% de daño extremo y fuerte, solo un 10% con daño ligero y moderado (Figura 3).

Métodos de rehabilitación de suelos afectados por sales y sodio.

La incorporación de yeso (SO₄Ca.2H₂O) es el método más difundido en el mundo para recuperar suelos sódicos y salino sódicos; su uso ha sido una de las formas como se ha mejorado la productividad agrícola a nivel mundial en suelos con estrés de sales (Makoi et al., 2010; Araujo, 2014) por más de 250 años Ali (2001).

La reacción que ocurre en el suelo cuando se aplica yeso, en donde el Ca+2 sustituye al Na+ en los sitios de intercambio, es la siguiente:



Ali (2001) indicó que se puede utilizar el yeso como medida preventiva contra la sodicidad y que la eficacia del yeso depende del grado de finura, de la forma en la que se incorporan en el suelo y de la eficiencia del sistema de drenaje. Su estudio concluye que el uso del yeso aumenta la infiltración del suelo, que su efecto permanece vigente por un período de unos tres años y que la aplicación de yeso del 50% del requerimiento de los suelos parece ser más económico que la aplicación del

100%. Además, el yeso es una fuente moderadamente soluble de los nutrientes esenciales, calcio y azufre, y puede mejorar el crecimiento de las plantas en general (Beltrán et al., 2021). Sin embargo, el uso de yeso implica la aplicación de altos volúmenes cuyo costo económico es elevado.

La biorremediación es una estrategia de recuperación biológica, basada en los cambios generados en el suelo a través del crecimiento de especies vegetales tolerantes a la sodicidad (Torres et al., 2015). Los mecanismos principales por los cuales se produce la biorremediación están relacionados con el incremento de la presión parcial de dióxido de carbono en la proximidad de las raíces, incrementándose de esta forma la solubilidad del carbonato de calcio nativo y promoviendo la recuperación en la zona radical.

Otro mecanismo asociado a la recuperación de suelos salinos y sódicos consiste en el mejoramiento de las condiciones físicas del suelo como la estructura, mediante el uso de compost (Lopez-Clemente et al., 2015) y vermicompost. Una proporción de 1.5% podrían ser utilizadas para la biorecuperación de suelos salino-sódicos como resultado del crecimiento y actividad radical (Florida et al., 2019).

La generación de productos orgánicos, como residuo de una serie de procesos industriales, ha sido vista con sumo interés por parte de investigadores para la recuperación de suelos sódicos. Se han hallado respuestas altamente positivas a la aplicación de biosólidos procedentes del tratamiento de aguas residuales, que presentan un uso potencial para la agricultura; su aplicación como fuente de materia orgánica y aporte de nutrientes es importante para mejorar las condiciones del suelo (Torres, 2005). Esta técnica no es nueva en el mundo, y ofrece opciones ambientales a partir de su transformación en biofertilizante. Se han realizado diversos estudios sobre la aplicación de biosólidos en agricultura, algunos han demostrado sus beneficios al utilizarlos como fuente de nutrientes (Wang et al., 2004; Kelty et al., 2004; Speir et al., 2004; Sigua et al., 2005; Cheng et al., 2007); por el contrario, varios estudios han demostrado el efecto negativo de los metales pesados presentes en los biosólidos, en los microorganismos del suelo (Chander and Brookes, 1991; Kelly et al., 1999; Cuevas et al., 2006); otros investigadores han estudiado el uso de biosólido desde el punto de vista microbiológico, para evaluar que su aplicación no genere amenazas para la salud y el ambiente (Manjarrés-Hernández et al., 2021).

CONCLUSIONES

El problema de la salinidad en los suelos para uso agrícola es un problema grave que se intensifica en México, con graves daños al incrementar las concentraciones de sales en los suelos provocando su degradación, además de influir en la presión osmótica que interfiere en el crecimiento óptimo de los cultivos, provocando nula o baja producción. Es importante actualizar la información de suelos salinos de la zona costera de Oaxaca para establecer el grado y porcentaje de daño, por medio de herramientas geoestadísticas y muestreos sistemáticos del territorio, esto para que se proponga enmiendas óptimas para la recuperación de los suelos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ali, T. 2001. Role of gypsum in amelioration of saline-sodic and sodic soil. *International Journal of Agriculture and Biology*, Vol. 3, No. 3, (pp. 326-332).
- Araujo, J. H., Guerrero, G. G., Paolini, J., Polo, V., Bárcenas, J., y Mármol, L. (2014). Biorrecuperación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos. I. Evolución de CO. *Rev. Fac. Agron*, (Supl 1), 515-525.
- Barkla, B. J., Vera-Estrella, R., Balderas, E., and Pantoja, O. (2007). Mecanismos de tolerancia a la salinidad en plantas. *Biotecnología*, 14, 263-272.
- Beltrán, M., Herrmann, C., Romaniuk, R. I., Fernandez, A., Jecke, F. y Mousegne, F. (2021). Rendimiento del maíz ante el agregado de zeolita y yeso a la fertilización nitrogenada en un Argiudol típico de San Antonio de Areco. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 47(1), 53-60.
- Chander, K. y Brookes, P. C. (1991). Effects of heavy metals from past applications of sewage sludge on microbial biomass and organic matter accumulation in a sandy loam and silty loam U. K. soil. *Soil Biology y Biochemistry*, 23, 927-932.
- Cheng, H., Xub, W., Liuc, J., Zhaod, Q., Heb, Y., Chen, Y. (2007). Application of composted sewage sludge (CSS) as a soil amendment for turfgrass growth. *Ecological Engineering*. 29:96-104.
- Cuevas, J., Seguel, O., Ellies Sch, A., y Dörner, J. (2006). Efectos de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades físicas del suelo con especial referencias a la adición de lodos urbanos. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 6(2), 1-12.
- Escalona-Domenech, R. Y., Infante-Mata, D., García-Alfaro, J. R., Ramírez-Marcial, N., Ortiz-Arrona, C. I., y Macías, E. B. (2022). Evaluación de la calidad del agua y de la ribera en la cuenca del río Margaritas, Chiapas, México. *Revista interna-*

- cional de contaminación ambiental, 38.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2022). Global network on integrated soil management for sustainable use of salt affected soils. FAO. Land and Plant Nutrition Management. Rome, Italy.
- Florida Rofner, N., Paucar García, H. J., Jacobo Salinas, S. S., Escobar Mamani, F., y Torres García, J. (2019). Efecto de compost y NPK sobre los niveles de microorganismos y cadmio en suelo y almendra de cacao. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(4), 264-273
- Galindo Pardo, F. V., Jacobo-Salcedo, M. D. R., Cueto-Wong, J. A., Reta Sánchez, D. G., García Hernández, J. L., y Vázquez-Vázquez, C. (2020). Caracterización de aguas residuales tratadas de la comarca lagunera y su viabilidad en el riego agrícola. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(1), 189-201.
- Havlin J., J. Beaton, S. Tisdale, W. Nelson, (2013). Soil fertility and fertilizers, 8th edition Pearson Education Inc. New Jersey USA.
- Hoffman, G. y Shanno, M. (2007). Salinity. In *Microirrigation for Crop Production* F.R. Lamm, J.E. Ayars and F.S. Nakayama (Editors). Elsevier. (pp. 131-160).
- INIA. Instituto Nacional de investigaciones agrícolas. (1962). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Secretaría de agricultura y ganadería. México.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB (2007). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.
- Kelty, M.J., Menalled, F.D. y Carlton, M.M. (2004). Nitrogen dynamics and red pine growth following application of pelletized biosolids in Massachusetts, USA. *Canadian Journal of Forest Research* 34, 1477–1487.
- Kitamura, Y., Yano, T., Honna, T., Yamamoto, S. y Inosako, K. (2006). Causes of farmland salinization and remedial measures in the Aral Sea basin - Research on water management to prevent secondary salinization in rice-based cropping system in arid land. *Agricultural Water Management*, Vol. 85, No. 1-2, (pp. 1 – 14).
- López-Clemente, X. A., Robles-Pérez, C., Velasco-Velasco, V. A., Ruiz-Luna, J., Enríquez-del Valle, J. R., y Rodríguez-Ortiz, G. (2015). Propiedades físicas, químicas y biológicas de tres residuos agrícolas compostados. *CIENCIA ergo-sum*, 22(2), 145-152.
- López-Climent, M.F., Arbona, V., Pérez-Clemente, R.M., Gómez-Cadenas, A. (2008). Relationship between salt tolerance and photosynthetic machinery performance in citrus. *Environmental and Experimental Botany*. Vol. 62(2): 176–184.
- Makoi, J. and Verplancke, H. (2010). Effect of gypsum placement on the physical chemical properties of a saline sandy loam soil. *Australian Journal of Crop Science*, 4(7) 556-563. ISSN: 1835-2707.
- Mata-Fernández, I., Rodríguez-Gamiño, M. L., López-Blanco, J.,

- and Vela-Correa, G. (2014). Dinámica de la salinidad en los suelos. *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente*, 1(5), 26-35.
- Matías G. (1998). Algunos efectos de la precipitación del huracán Paulina en Acapulco, Guerrero, *Investigaciones Geográficas*, boletín 37, pp. 7-21; Instituto de Geografía, UNAM, 1998, p. 10.
- Manjarrés-Hernández, E. H., Castellanos-Rozo, J. M., Galvis-López, J. A., y Merchán-Castellanos, N. A. (2021). Uso de biosólidos en Colombia: métodos de estabilización y aplicaciones a nivel agrícola. *I3+*, 4(1) 9-27
- Qadir, M. and Oster, J. (2002). Vegetative bioremediation of calcareous sodic soils: history, mechanisms, and evaluation. *Irrig Sci*, 21(3) 91–101.
- SEMARNAT. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2019). *El Medio Ambiente en México: En Resumen 2019*. México. Gobierno Federal. (www.semarnat.gob.mx) pp. 20-23.
- Sigua, G., Adjei, M. y Rechcigl, J. (2005). Cumulative and Residual Effects of Repeated Sewage Sludge Applications: Forage Productivity and Soil Quality Implications in South Florida, USA (9 pp). *Environmental Science and Pollution Research*, 12, 80-88.
- Speir, T., Horswell, J., van Schaik, A., McLaren, R., Fietje, G. (2004). Composted biosolids enhance fertility of a sandy loam soil under dairy pasture. *Biology and Fertility of Soils*. 40, 349–358.
- Taleisnik, E, Grunberg, K, Santa María, G. (2008) *La salinización de suelos en la argentina: Su impacto en la producción agropecuaria*. Editorial Universitaria de Córdoba, Córdoba. 118 p.
- Terrazas Rueda, J. M. (2019). Aprovechamiento del suelo salino: agricultura salina y recuperación de suelos. *Apthapi*, 5, 1539.
- Torres Lozada, P., Escobar, J. C., Pérez Vidal, A., Imery, V., Nates, P., Sánchez, G. y Bermúdez, A. (2005). The influence of amendment material on biosolid composting of sludge from a waste-water treatment plant. *Ingeniería e Investigación*, 25(2), 53-61.
- Torres, D., Mogollón, J. P., Lázaro, Y., González, M., López, M., y Yendís, H. (2015). Uso de acondicionadores orgánicos y biopolímeros para biorremediación de suelos salinos-sódicos de la llanura de coro, Falcón, Venezuela. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, 33.
- Wang, H.; Magesan, G.; Kimberley, M.; Payn, T.; Wilks, P. y Fisher, C. (2004). Environmental and nutritional responses of a *Pinus radiata* plantation to biosolids application. *Plant and Soil*, 267, 255-262.
- Wicader R.; J. S. Monroe (2000). *Fundamentos de geología*, International Thomson Editores, México. p. 445.