

Caracterización hidrogeológica de las salinas de Saelices de la Sal (Guadalajara, España)

Hydrogeological characterization of the salt ponds environment in Saelices de la Sal (Guadalajara, Spain)

Juan Antonio Calvo Bonacho¹, Irene Díaz Quero² y Javier Temiño Vela¹

¹ Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Campus Universitario, Ctra. A-2 km 33,600, 28871 Alcalá de Henares (Madrid), España.

juanantonio.calvo@uah.es, javier.temino@uah.es

² Calle Manuela Malasaña, 5. Rivas-Vaciamadrid (Madrid), España. idique101@hotmail.com

ABSTRACT

The salt evaporation ponds in Saelices are a site of Cultural and Ecological Interest Site inside the Alto Tajo Natural Park. Time ago the salty groundwater was pumped out from two wells. It has been proved that this salinity is due to the discharge of groundwater from Keuper facies. This salty water flows up into the alluvial sediments of the Arroyo de la Vega. It is a Na-Cl type water with a high electric conductivity (higher than 25 mS/cm). This salty water gets mixed with fresh water (coming from rain and from adjacent quaternary sediments) inside the alluvial sediments and flows into the Arroyo de la Vega channel

Key-words: Salt pond, groundwater, Saelices, discharge zone.

RESUMEN

Las Salinas de Saelices son un lugar de interés cultural y ecológico dentro del Parque Natural del Alto Tajo. Antiguamente el agua salada se extraía de dos pozos. Se ha verificado que la salinidad se debe a la descarga de aguas subterráneas del Keuper en los sedimentos fluviales del Arroyo de la Vega. Este es un agua de tipo Na-Cl con conductividad eléctrica muy alta (mayor de 25 mS/cm). En el aluvial, el agua salada del Keuper se mezcla con agua dulce (de infiltración de lluvia y de esporádicos aportes de los depósitos de piedemonte) y drena por el cauce del Arroyo de la Vega.

Palabras clave: Salina, agua subterránea, Saelices, zona de descarga.

Geogaceta, 55 (2014), 55-58.

ISSN (versión impresa): 0213-683X

ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 15 de julio de 2013

Fecha de revisión: 22 de octubre de 2013

Fecha de aceptación: 29 de noviembre de 2013

Introducción

La zona de estudio se encuentra en el Término Municipal de Saelices de la Sal, pequeña localidad situada entre las altiplanicies de la Alta Alcarria y las del Señorío de Molina de Aragón, en la provincia de Guadalajara (Fig. 1).

El nombre y la historia del municipio guardan una estrecha relación con sus salinas, al Oeste del casco urbano y llamadas "Salinas de San Juan" o "Salinas de Saelices". Forman parte del Parque Natural del Alto Tajo (BOE de 4 de julio de 2000) y están declaradas monumento de interés cultural (BOE de 11 de octubre de 2005). Además, constituyen un humedal de notable interés ecológico y que conviene conservar, ya que son un oasis de vegetación y fauna adaptadas a unas condiciones salobres, que son muy raras en su entorno (Cejudo Bracamonte *et al.*, 2003).

Los primeros documentos que refieren la extracción de sal en estas salinas se remonta a 1203, aunque su aspecto actual se atribuye al siglo XVIII. La explotación de sal terminó a comienzos de los años 70 del siglo pasado, mientras que el agua salada de sus pozos se siguió explotando para otros fines industriales hasta 1981.

Estas salinas se sitúan en el valle del Arroyo de la Vega, formando un conjunto de inmuebles compuesto por un almacén de sal, una pequeña ermita y dos explotaciones salineras con sus respectivos pozos, canalizaciones, balsas, vallados y canales perimetrales de drenaje. La salina situada más al Oeste ha sido restaurada, mientras que la más próxima al casco urbano mantiene un lamentable estado de deterioro.

El objetivo de este trabajo es aportar datos sobre el comportamiento hidrogeológico del entorno de las salinas y también de las características físico-químicas de su

agua subterránea. Se recopiló la información existente, el 27 de mayo de 2013 se perforó un sondeo de investigación de 14 m de profundidad y el 3 de julio se hizo una campaña de nivelación topográfica de detalle, con medida in situ de niveles y conductividades eléctricas de agua y se enviaron muestras para su análisis a un laboratorio homologado.

Geología

El municipio de Saelices de la Sal y su entorno, están situados en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica. Su estructura geológica se caracteriza por el afloramiento de rocas sedimentarias del Triásico superior y Jurásico inferior, que fueron plegadas durante el ciclo orogénico alpino (Paleógeno y principios del Mioceno) (Fig. 1).

El relieve está dominado por valles fluviales profundos y, entre ellos, amplias

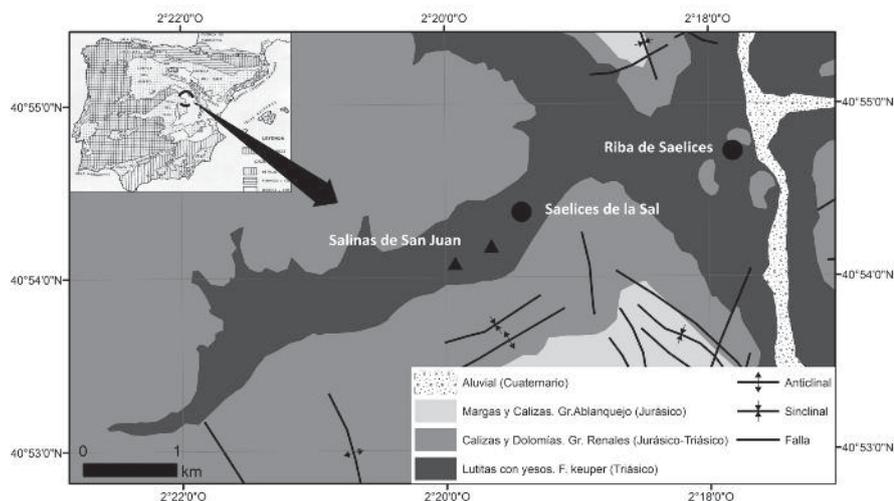


Fig. 1.- Localización y cartografía geológica (adaptado de Adell Argiles et al., 1978)

Fig. 1.- Map showing the location and the geological cartography (adapted from Adell Argiles et al., 1978).

zonas de páramo; es el resultado del desarrollo de amplios pedimentos desde finales del Mioceno hasta el Pleistoceno y el posterior encajamiento de la red fluvial actual. En el fondo de los valles existen acumulaciones holocenas de poca entidad, de origen fluvial y de depósitos piedemonte.

El sustrato geológico en el entorno de las salinas (Figs. 1 y 2) está constituido por un conjunto versicolor de lutitas triásicas con intercalaciones de yesos y algún nivel de dolomías oquerosas (Facies Keuper). Se han identificado espesores importantes de intercalaciones de halita en sondeos profundos de la región (Muñoz Recio, 1993), en el de Santa Bárbara a unos 2900 m de profundidad y en el de Baides en torno a 700 m, pero la halita ha desaparecido de las zonas más superficiales debido a su disolución.

La potencia del Keuper, descontado el espesor de halita, ronda los 200 m en la zona de estudio (de Torres Pérez-Hidalgo y Sánchez Jiménez, 1990). Esta unidad aflora en las laderas del valle del Arroyo de la Vega, afectada por diversos fenómenos de ladera.

Sobre el Keuper existe una potente sucesión carbonatada del tránsito Triásico-Jurásico y del Jurásico inferior. Son calizas y dolomías del Grupo Renales y sobre ellas las margas y calizas del Grupo Ablanquejo (Goy et al., 1976). Las calizas y dolomías del Grupo Renales tienen aquí unos 200 m de espesor, originan fuertes escarpes en las partes altas de las laderas y ocupan la mayor parte de los afloramientos de los páramos (Fig. 1).

Los depósitos de piedemonte y aluviales

del entorno de las salinas (Fig. 2) tienen una litología similar; ambos son lutitas arenosas con clastos dispersos de gravas de caliza y dolomía. Se desconoce el espesor de estos sedimentos holocenos en el entorno de las salinas, pero previsiblemente su potencia debe ser de pocos metros; el sondeo de investigación atravesó 1,7 m de depósitos de piedemonte.

Hidrogeología

Saelices de la Sal se localiza en el límite septentrional de la Unidad Hidrogeológica 03-02 "Tajuña – Montes Universales" perteneciente a la Cuenca Hidrográfica del Tajo. Aquí las calizas y dolomías jurásicas del Grupo Renales constituyen un acuífero apoyado sobre materiales con muy baja permeabilidad de lutitas con yesos del Keuper. La base de este acuífero carbonatado se sitúa a más de 100 m por encima de la cota de las salinas y, aparentemente, está desconectado hidráulicamente de ellas.

Hemos perforado un piezómetro puntual de 14 m de profundidad (S-1 en las Figs. 2 y 3). La perforación atravesó 1,7 m de lutitas arenosas blandas y húmedas, pero no saturadas (depósitos de piedemonte) y continuó hasta los 14 m en lutitas densas con yesos (Keuper), atravesando el nivel freático a unos 7,5 m de profundidad (NF en la Fig. 2). La zona de admisión de agua se dejó instalada en los 4 m inferiores, quedando el resto del sondeo entubado con tubería ciega y el anular impermeabilizado con un tapón de bentonita; por lo tanto, el sondeo solo capta agua subterránea del Keuper.

Dos días después de finalizar el son-

deo, el nivel estático del agua estaba a 4,26 m de profundidad (NPK en la Fig. 2). Esto evidencia que el nivel del agua asciende según se profundiza la perforación, lo que corresponde a una zona de descarga. El análisis físico-químico (Tabla II), indica que el agua del Keuper captada en este sondeo es clorurada sódica y de alta mineralización (conductividad eléctrica de 28,4 mS/cm).

El pozo de la salina restaurada (P-1 en las Figs. 2 y 3) está dentro de una caseta, cuya solera ha sido elevada artificialmente 1 m sobre el terreno circundante. Es un pozo excavado de 6 m de profundidad, que previsiblemente atraviesa los sedimentos aluviales y penetra unos pocos metros en las facies Keuper (Fig. 2). El nivel estático del agua se ha medido en varios momentos, estando siempre entre 0,7 m y 1 m por debajo de la solera de la caseta, es decir, a la misma cota del terreno circundante o pocos decímetros más alto. Su agua es clorurada sódica y de mineralización altísima, con una conductividad eléctrica superior a 160 mS/cm (Tabla II).

El pozo de la otra salina (P-2 en la Fig. 3), cuya solera también ha sido elevada artificialmente, está en muy mal estado de conservación y aparentemente solo tiene 3,7 m de profundidad. Los niveles estáticos medidos en él quedan entre 1 y 2 m por encima de las explanadas circundantes. Su agua también tiene una conductividad eléctrica que es extremadamente alta, de 119,2 mS/cm (Tabla I).

Los sedimentos aluviales y los depósitos de piedemonte (lutitas arenosas con cantos) constituyen un acuífero conectado con el Arroyo de la Vega y apoyado sobre las facies Keuper; sus isopiezas se muestran en la Figura 3.

Punto	Tipo	Cota agua (m)	C.E. (mS/cm)
S-1	Sondeo	992,8	24,2
P-1	Pozo	992,5	Error
P-2	Pozo	989,3	119,2
M-1	Manantial	988,5	72,4
M-2	Manantial	987,8	-
H-1	Humedal	990,3	14,1
H-2	Humedal	987,8	94,4
R-1	Arroyo	1000,0	0,8
R-2	Arroyo	988,8	1,0
R-3	Arroyo	987,3	1,0

Tabla I.- Puntos acuíferos, cota topográfica y conductividad eléctrica (C.E.) in situ de los puntos de agua (3/7/2013).

Table I.- Water points, topographic height and in situ electrical conductivity (3/7/2013).

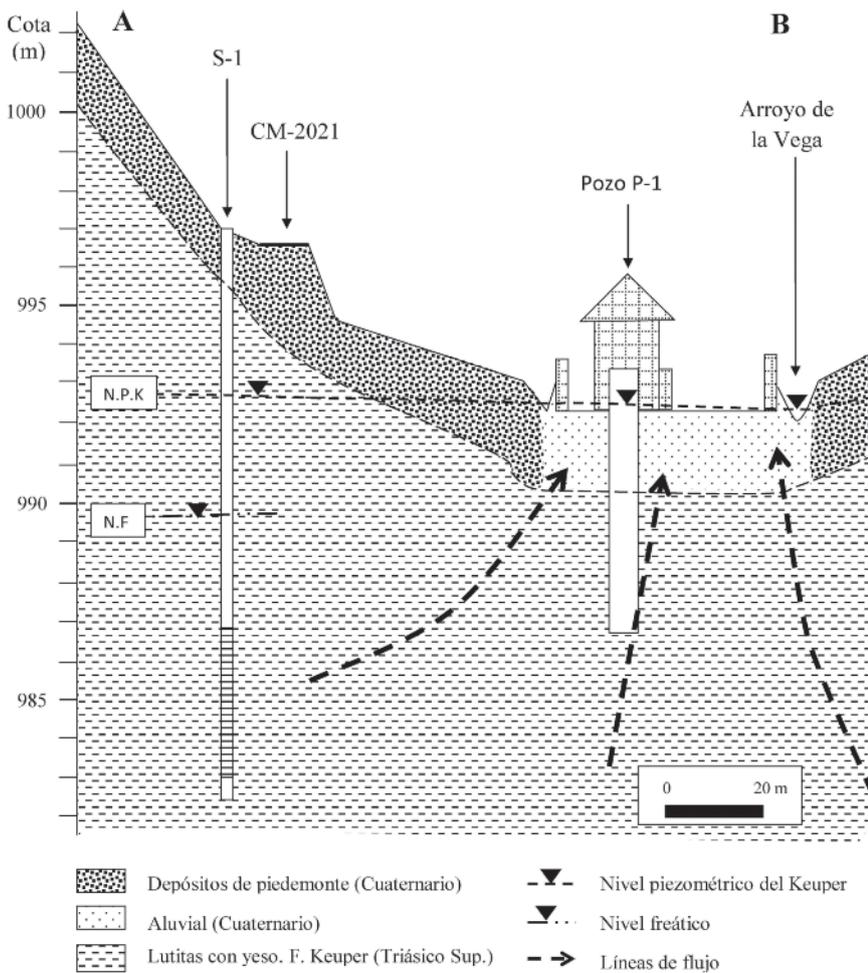


Fig. 2.- Corte hidrogeológico de las Salinas de Saelices (A - B en la figura 3).

Fig. 2.- Salinas de Saelices hydrogeological cross-section (A - B in the figure 3).

El mapa de isopiezas se ha elaborado a partir de una nivelación topográfica de detalle realizada el 3 de julio de 2013. Se han nivelado puntos significativos, entre ellos los referidos en la Tabla I. Las isopiezas (Fig.

3) y las observaciones de campo ponen de manifiesto que:

- Los humedales y los manantiales aparecen en las zonas deprimidas de la llanura aluvial, donde el nivel freático intercepta

con la superficie topográfica. Su agua se evacua por canales artificiales de drenaje.

- Los pozos P-1 y P-2, generalmente con su nivel estático de agua por encima del terreno circundante, recargan al acuífero aluvial con agua de altísima mineralización.

- El Arroyo de la Vega es ganador (o "efluente") entre los puntos R-1 y R-2, hecho que se confirma por el aumento de los tres iones analizados en el laboratorio (especialmente de Cl⁻ y Na⁺) y de la conductividad eléctrica del agua del arroyo entre ambos puntos (Tablas I y II).

- No existe una clara interacción del arroyo con el acuífero aluvial entre los puntos R-2 y R-3, ni se modifica la conductividad eléctrica del agua entre ellos (Tabla I).

Discusión

La posición de los niveles piezométricos del agua del Keuper (NPK en la figura 2) por encima del nivel freático en el sondeo y por encima de la superficie topográfica en los pozos de las salinas, así como la elevada salinidad del agua captada por todos ellos (Tablas I y II), confirman que ésta es una zona en la que se descarga agua salada desde el Keuper hacia los sedimentos aluviales, según los clásicos modelos de flujo propuestos por Hubbert (1940) y Tóth (1963). Los pozos de las salinas, seguramente, captan agua de flujos más profundos que el sondeo, tal como muestra la Figura 2.

La recarga hídrica del aluvial se produce por el ascenso de agua salada procedente del Keuper y también por la infiltración de lluvia y de los ocasionales flujos subsuperficiales de los depósitos de piedemonte. Esta mezcla hace que el agua subterránea del acuífero reduzca su mineralización respecto de la de los pozos, como lo indica la conductividad eléctrica de los puntos M-1, H-1 y H-2 (Tabla I).

El agua subterránea del acuífero aluvial se descarga de tres maneras. La más importante, que ya fue comentada anteriormente, es a través del cauce del Arroyo de la Vega a su paso junto a la salina de aguas-arriba. Otra es la descarga por los humedales y los manantiales (H-1, H-2, M-1 y M-2 en la Fig. 3). La tercera forma de descarga es por ascenso capilar y evaporación en las amplias áreas en que el nivel freático es muy somero.

Las características físico-químicas de las aguas analizadas en Saelices de la Sal

PUNTO FECHA	S-1 3/7/2013	P-1 9/10/2009	P-1 3/7/2013	H-1 3/7/2013	R-1 3/7/2013	R-3 3/7/2013
CE (mS/cm)	28,4	165,1	184,6	14,6	0,89	1,19
pH	7,4	6,9	6,9	7,9	-	-
Cl ⁻ (mg/l)	9943,8	109774,4	118479,0	4791,0	17,97	86,88
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	3094,0	4367,3	4251,9	1545,4	238,30	291,70
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	169,6	192,8	179,6	270,6	-	-
Na ⁺ (mg/l)	5266,2	69186,8	71326,8	2699,7	9,01	48,51
K ⁺ (mg/l)	105,2	611,3	649,5	41,1	-	-
Ca ²⁺ (mg/l)	1106,8	1039,7	985,1	478,8	-	-
Mg ²⁺ (mg/l)	554,6	1886,7	1939,8	230,9	-	-
NO ₃ ⁻ (mg/l)	< 2,0	< 10,0	< 5,0	< 0,5	-	-
Error (%)	4,4	3,5	3,1	6,1	-	-

Tabla II.- Análisis de las aguas del entorno de las salinas.

Table II.- Analysis of the waters in the salt ponds environment.

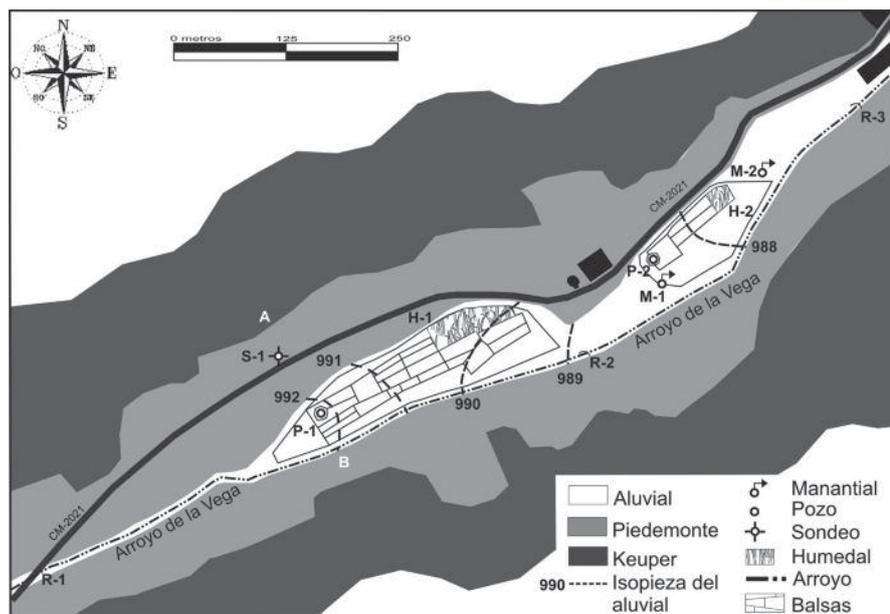


Fig. 3.- Mapa hidrogeológico de las Salinas de Saelices.

Fig. 3.- Hydrogeological map of the Salinas de Saelices.

(Tabla III), son muy similares a las citadas por Velasco *et al.* (2002) para otras lagunas salinas de la provincia de Guadalajara situadas en el Keuper.

El modelo hidrogeológico propuesto en párrafos anteriores para las Salinas de Saelices es coherente con las investigaciones de Plata Bedmar y Pérez Zabaleta (1999) en el entorno de la presa El Atance; ésta se localiza en el río Salado (Guadalajara), en un contexto geológico e hidrogeológico idéntico al de Saelices de la Sal. Plata Bedmar y Pérez Zabaleta (1999) estudiaron el contenido isotópico de tritio, deuterio y oxígeno-18, así como la mineralización del río Salado y de algunos pozos y salinas próximas (Imón, El Cercadillo y El Atance), concluyendo que allí la alta salinidad también se debe al agua del Keuper. El agua de los pozos con mayor salinidad (conductividad ≥ 200 mS/cm) procede de aguas antiguas (anteriores al año 1953) infiltradas 200m por encima de la cota del río, en el acuífero carbonatado; un pozo de la salina de La Olmeda, cuya agua ronda los 30 mS/cm de conductividad, fue infiltrada 10 a 20 años antes del análisis isotópico y no ha sufrido mezcla con aguas recientes; los demás

pozos salados del aluvial y el agua salobre del río presentan evidencias isotópicas de mezcla de aguas antiguas del Keuper y otras más modernas (fundamentalmente de lluvia y fluviales), variando estacionalmente su conductividad.

Muchos autores, como Velasco *et al.* (2002) y Sopeña y Sanchez-Moya (2008), atribuyen la salinidad en estas y otras zonas próximas del keuper a la disolución de niveles de halita, pero no aportan datos concluyentes que justifiquen esta hipótesis. No obstante, debido a que las dataciones isotópicas de Plata, Bedmar y Pérez Zabaleta (1999) ponen de manifiesto que el flujo de agua es muy lento en las facies Keuper, queda abierta la puerta a considerar que una parte importante de dicha salinidad pueda proceder de la interacción del agua subterránea con las lutitas del Keuper durante largos periodos de tiempo, según la secuencia de evolución hidrogeoquímica que propuso Chebotarev (1955).

Conclusiones

La salinidad del agua tiene su origen en flujos de descarga del agua subterránea de

las lutitas con yesos del Keuper (Triásico superior), tal como muestra la figura 2. Los flujos del agua subterránea en el Keuper son muy lentos, por lo que el agua es capaz de llegar a alcanzar gran salinidad en las zonas de descarga. No debe descartarse la posible contribución de algún nivel de halita del Keuper a elevar aún más la salinidad de los flujos más profundos, que son los captados en los pozos de las salinas (Fig. 2).

Agradecimientos

Agradecemos los comentarios de los revisores anónimos, que han ayudado a mejorar este artículo.

Referencias

Adell Argiles, F., Martínez Álvarez, F., Bascones Alvira, L., Martín Herrero, D. y Lamóneda González, E. (1978). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 488 (Ablanque) y memoria*. IGME, Madrid, 45 p

Cirujano Bracamonte, S., Morales Valverde, R. y Moreno Pérez, M. (2003). *Estudio botánico de las Salinas de Saelices de la Sal y su entorno*. Informe inédito.

de Torres Pérez-Hidalgo, T. y Sánchez Jiménez, A. (1990). En *Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y cadenas periféricas y de la zona de levante* (F. Ortí y J. M. Salvany, Eds). ENRESA – Univ. de Barcelona, 212-218.

Chebotarev, I. I. (1955) *Geochimica et Cosmochimica Acta* 8, 137 – 170.

Goy, A., Gómez, J.J. y Yébenes, A. (1976). *Estudios Geológicos*, 32, 391-423.

Hubbert M.K. (1940) *Journal of Geology* 48, 8, 785-944.

Muñoz Recio, A. (1993). *Análisis del Pérmico y Triásico en el subsuelo del tercio noroccidental de la Cordillera Ibérica y áreas adyacentes*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid, 368 p.

Plata Bedmar, A. y Pérez Zabaleta, E. (1999). *Ingeniería Civil (CEDEX)* 113, 17-25.

Sopeña, A. y Sánchez Moya, Y. (2008). En *Geología de Guadalajara* (A. Calonge y M. Rodríguez, Eds.). Obras colectivas Ciencias 03, Univ. de Alcalá, 95-107.

Tóth, J. (1963). *Journal of Geophysical Research* 68, 16, 4795-4811.

Velasco, J.L., Soriano, O., Fernández, J. y Rubio, A. (2002). *Ecología* 16, 27-35.