



Terra Latinoamericana

E-ISSN: 2395-8030

terra@correo.chapingo.mx

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo,  
A.C.  
México

López-A., Raúl; Villavicencio-Floriani, E.; Real-Rosas, M.A.; Ramírez-Barajas, J. L.; Murillo-Amador, B.  
Macronutrientes en suelos de desierto con potencial agrícola  
Terra Latinoamericana, vol. 21, núm. 3, julio-septiembre, 2003, pp. 333-340  
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.  
Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57321304>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# MACRONUTRIMENTOS EN SUELOS DE DESIERTO CON POTENCIAL AGRÍCOLA

## Macronutrients in Desert Soils with Agricultural Potential

Raúl López-A<sup>1</sup>, E. Villavicencio-Floriani<sup>1</sup>, M.A. Real-Rosas<sup>1</sup>, J. L. Ramírez-Barajas<sup>1</sup> y B. Murillo-Amador<sup>2,‡</sup>

### RESUMEN

La necesidad de producir una mayor cantidad de alimentos ha causado que la agricultura se extienda hacia regiones anteriormente consideradas sin potencial agrícola, como son las zonas desérticas. Sin embargo, la fragilidad natural de estos ecosistemas obliga a que las prácticas agronómicas que se utilicen en su explotación agrícola sean las adecuadas para estas zonas con el fin de evitar el deterioro de recursos naturales, como suelo y agua. Por esta razón, en el presente estudio, se evaluó la situación de los macronutrientes en terrenos áridos localizados en el desierto de Vizcaíno, Baja California Sur, México, con la finalidad de generar información que ayude en la recomendación de tipos de fertilizantes y cantidades de nutrientes. Los resultados indican que las concentraciones de fósforo, potasio, calcio y magnesio pueden considerarse altas para obtener respuesta por parte de los cultivos. El elemento que limita el crecimiento adecuado de las plantas es el nitrógeno, por lo cual, la fertilización de los cultivos debe ser realizada con base en este nutriente. Sin embargo, para la adecuada interpretación de estos análisis químicos es fundamental realizar calibraciones a través de experimentos de invernadero o de campo, en los cuales se incluyan distintos suelos y cultivos de interés para la zona. Por otro lado, el alto contenido de sales ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y  $\text{NaHCO}_3$ ) del agua de riego ( $\text{CE} > 2.5 \text{ dS m}^{-1}$ ) está ocasionando un incremento gradual en el pH de los suelos, y cada vez es más común encontrar suelos afectados por sales. Este fenómeno provoca que en algunos sitios se presenten

síntomas visibles de daños por sales y coloraciones típicas de deficiencias de potasio, calcio y magnesio en los cultivos.

**Palabras clave:** Zonas áridas, respuesta de cultivos, desierto de Vizcaíno, Baja California Sur.

### SUMMARY

The need to produce more food has caused the expansion of agriculture into areas previously considered unsuitable for agricultural use, such as dry lands. However, the natural fragility of the arid ecosystems oblige the use of suitable agricultural methods in arid areas to prevent chemical degradation of natural resources, such as soil and irrigation water. For this reason, in the present study the macronutrient status in arid lands of the Vizcaino desert in Baja California, Mexico, was evaluated. The purpose was to obtain information in order to help in the recommendation of fertilizer types and nutrient supply for crops in these areas. The results obtained through conventional methods for soil analysis indicate high extractable levels of phosphorus, potassium, calcium and magnesium, which, until now, can be considered high enough to obtain plant response when crops are supplied with these nutrients. On the other hand, nitrogen is considered the nutrient that would restrict plant growth and, consequently, crop nutrition in these areas should be done mainly with nitrogen fertilizer. However, to interpret this analysis adequately, it is necessary have calibrations, which are obtained through the execution of greenhouse or field experiments using different agriculturally important soils and crops within the zone. Furthermore, the high salt contents ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , and  $\text{NaHCO}_3$ ) in the irrigation water are increasing soil pH, and recently salt-affected lands are commonly found. In some sites, it seems that the high soil pH and  $\text{Na}^+$  content cause crops to exhibit typical symptoms of salt damage and potassium, calcium, and magnesium deficiencies.

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Independencia y Paseo de Eucalipto s/n, Col. Centro, 23940 Guerrero Negro, Baja California Sur, México.

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Mar Bermejo 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, 23090 La Paz, Baja California Sur, México. ‡ ([bmurillo@cibnor.mx](mailto:bmurillo@cibnor.mx)) y Autor responsable.

**Index words:** *Arid zones, crop response, Vizcaíno Desert, Baja California Sur.*

## INTRODUCCIÓN

En México, existen alrededor de 10 millones de hectáreas agrícolas consideradas como improductivas por su grado extremo de aridez (Molina-Galán, 1991). Sin embargo, la necesidad creciente de producir alimentos para una población en constante aumento ha provocado la expansión de la agricultura hacia diversas regiones áridas y semiáridas del noroeste del país. En éstas, se requiere hacer uso de fertilizantes inorgánicos si se desea obtener rendimientos económicamente atractivos. Sin embargo, el conocimiento de las relaciones suelo-planta en estas áreas es aún escaso, por lo que es preciso conocer la fertilidad de los suelos para establecer un manejo racional de los fertilizantes, tanto desde el punto de vista económico, como ambiental. El uso racional de estos productos permite ahorrar fertilizantes, evitar desórdenes nutricionales en los cultivos y prevenir la contaminación de los mantos acuíferos y la salinización de los suelos.

La vegetación raquílica existente en la zona, producto de la escasa precipitación, es la causa de la reducida cantidad de materia orgánica en esos suelos; la mayoría de los suelos de las zonas áridas y semiáridas contienen de 1 a 3% de materia orgánica (Hagin y Tucker, 1982). Por esta razón, el elemento que principalmente limita a los cultivos es el nitrógeno. En estudios realizados con betabel y repollo en los suelos de Guerrero Negro, Baja California Sur, México, se ha mostrado que éstos poseen un alto contenido de P y K<sup>+</sup> extractables, pero el contenido de N total es muy bajo (Yamanouchi, 1991; Fujiyama *et al.*, 1993a).

Los suelos del desierto de Vizcaíno, Baja California Sur, México, en su mayoría son calcáreos y ricos en Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>, sin embargo, el pH elevado de los suelos limita su disponibilidad para los cultivos (Endo *et al.*, 2000b). Además, el contenido alto de Na<sup>+</sup> inhibe la absorción de Ca<sup>2+</sup> por los cultivos (Grieve y Fujiyama, 1987).

Para recomendar fertilizaciones, es indispensable conocer las concentraciones y formas en que se encuentran los nutrientes en los suelos. Sin embargo, en muchas zonas áridas y semiáridas incorporadas a la actividad agrícola, los estudios que permitan un mejor manejo agronómico de los suelos son escasos. Por lo tanto, en el presente trabajo se

planteó como objetivo evaluar la situación de los macronutrientes en diversos sitios localizados dentro del Desierto de Vizcaíno, Baja California Sur, México, zona que recientemente ha alcanzado gran importancia agrícola en el noroeste de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en diversos sitios ubicados dentro del desierto de Vizcaíno, Baja California Sur, México, el cual se ubica en la parte central de la península de Baja California, región que pertenece al desierto sonorense. Es un desierto neblinoso cuya formación se debe al surgimiento de aguas frías del fondo del mar y a la corriente marina fría de California que se desplaza de norte a sur paralelamente a la costa del Océano Pacífico, con la consiguiente formación de una capa de inversión de temperatura de 700 m de espesor, sobre la cual se forman nubes estratificadas de las que no se desprende ninguna precipitación (García y Mosiño, 1968). Los suelos del Desierto de Vizcaíno se clasifican en su mayoría como Aridosoles (Endo *et al.*, 2000a), pero también existen áreas con rocas de granito erosionadas, dunas de arena, y terrenos de aluvión. En los dos primeros se limita la vegetación, pero en las áreas de suelos de aluvión hay poblaciones de cactáceas, leguminosas, compositas y quenopodiáceas, características de los desiertos y que, a pesar de la poca lluvia anual, se mantienen con vida. La característica principal de esta zona es la escasez de agua, presentándose una precipitación baja (promedio anual de 80 mm) y un potencial alto de evaporación. En una escala global, se considera que diversas áreas del desierto de Vizcaíno poseen suelos sin potencial agrícola. Sin embargo, a la fecha no existen estudios que puedan sustentar esto último.

Se colectaron muestras de suelo en seis sitios: área de Guerrero Negro y los ejidos Morelos, Jesús María, Benito Juárez, Gustavo Díaz Ordáz y Emiliano Zapata (Figura 1). El muestreo fue sistemático en zig-zag y se obtuvieron muestras compuestas (10 submuestras/muestra compuesta) representativas a una profundidad de 0 a 40 cm. Las muestras se secaron al aire y se tamizaron con una malla de 2 mm de diámetro para remover los fragmentos gruesos y, posteriormente, se almacenaron hasta el momento de su análisis químico.

La materia orgánica se determinó por el método de Walkley y Black (Walkley y Black, 1934). El N en forma de amonio se estimó por el método azul de indofenol y el N en forma de nitrato se midió por



Figura 1. Localización de los sitios evaluados dentro del desierto de Vizcaíno, Baja California Sur, México.

cromatografía de iones después del extracto con agua en proporción 1:5 (p/v). El P disponible se determinó por el método propuesto por Olsen *et al.* (1954), el cual utiliza como solución extractora el bicarbonato de sodio 0.5 M ajustada a un pH de 8.5. Los cationes solubles en agua se extrajeron con una solución suelo:agua en proporción 1:5, mientras que para la determinación de los cationes intercambiables primeramente se eliminaron los cationes solubles y posteriormente las muestras se extrajeron con una solución de acetato de sodio con pH de 8.2 (Bower *et al.*, 1952). Los cationes se determinaron por espectroscopía de absorción atómica. También se determinaron el pH y la conductividad eléctrica del suelo en extractos acuosos en proporciones 1:2.5 y 1:5, respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pH de los suelos se ubicó en el rango de 7.82 a 9.18, observándose el valor más alto en el suelo del ejido Morelos y el más bajo en el ejido Benito Juárez.

La capacidad de intercambio catiónico de los suelos se incrementó conforme aumentó el contenido de arcilla. Los suelos del desierto de Vizcaíno Baja California Sur, México, presentaron acumulación de sales sobre la superficie, principalmente en sitios donde el riego se ha utilizado por un período prolongado de años. El fenómeno de salinización gradual que está ocurriendo se atribuye a la baja calidad del agua de riego (Endo *et al.*, 2000b). Aunque el agua de riego que se aplica contiene concentraciones elevadas de sal, el rendimiento que se obtiene es económicamente atractivo en cultivos de hortalizas (tomate, chile, fresa, nopal, col y lechuga), granos (maíz y sorgo), forraje (alfalfa), frutales (naranja, limón e higuera). El desarrollo de las plantas y la obtención de un alto rendimiento posiblemente se han favorecido por la textura arenosa que presentan la mayoría de los sitios, la cual permite que las sales se lixivien a capas inferiores impidiendo su acumulación en la zona radicular. Sin embargo, debido a la mala calidad del agua, el volumen de riego aportado debe ser sólo lo suficiente para satisfacer los requerimientos de los cultivos sin ocasionar la acumulación de sales (Endo *et al.*, 2000b). Los resultados de algunas propiedades físicas y químicas de los suelos de los sitios evaluados se muestran en el Cuadro 1.

En el Cuadro 2, se muestra el contenido de materia orgánica (MO) y las dos formas de N inorgánico más importantes desde el punto de vista de nutrición vegetal. El contenido de MO en todos los sitios evaluados, se clasificó como muy bajo, lo cual es característico de zonas áridas y semiáridas, siendo la precipitación uno de los factores fundamentales que condicionan de manera natural el contenido de MO de estos suelos (Hagin y Tucker, 1982). En el desierto de Vizcaíno, México, el promedio de precipitación anual es de 80 mm (datos no publicados, registrados en la estación climatológica CIBNOR-Guerrero Negro, B.C.S.), lo que ocasiona que no se satisfagan los requerimientos de los vegetales para su desarrollo, impidiendo la finalización de su ciclo de vida y su incorporación natural al sistema del suelo para pasar a ser la fuente principal de MO.

Los suelos se consideran ricos en N cuando contienen más de 0.22% y pobres cuando su contenido está por debajo de 0.032% de N total (Vázquez, 1997). En este sentido y debido a que los suelos áridos son extremadamente pobres en MO y las tasas de mineralización (Hagin y Tucker, 1982) y nitrificación son muy bajas, la suma de N-NO<sub>3</sub> y N-NH<sub>4</sub> podrían considerarse como índices de

**Cuadro 1. Algunas propiedades físicas y químicas de los suelos de los sitios evaluados.**

Sitio	Muestra	Textura	Arcilla	CIC <sup>†</sup>	pH	CE <sup>‡</sup>	CaCO <sub>3</sub>
			%	cmol kg <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O	dS m <sup>-1</sup>	%
Guerrero Negro	36	Arenosa	4	2.1	8.9	1.32	4.1
Ejido Morelos	32	Franco-Limosa	29	25.1	9.1	4.78	2.9
Ejido Jesús María	32	Franco-Limosa	32	32.1	8.6	1.47	2.6
Ejido Benito Juárez	36	Franco-Arenosa	18	9.8	7.8	2.26	3.2
Ejido G. Díaz Ordaz	28	Franco-Arenosa	16	8.9	8.2	2.47	2.8

<sup>†</sup> CIC = capacidad de intercambio catiónico; <sup>‡</sup> CE = conductividad eléctrica.

disponibilidad de N, ya que son las formas dominantes de N inorgánico en los suelos del desierto de Vizcaíno al igual que otros diversos ecosistemas áridos y semiáridos (Schimel y Parton, 1986; Hook *et al.*, 1991). Sumando las concentraciones de N-NO<sub>3</sub> y N-NH<sub>4</sub> y de acuerdo con los criterios de Vázquez (1997), los suelos del desierto de Vizcaíno se consideran muy pobres en N, ya que se encuentran en un intervalo de 0.002% a 0.007%. Sin embargo, los análisis de suelo son índices de disponibilidad y no las verdaderas cantidades disponibles de un elemento (Westerman, 1990). Por consiguiente, para la interpretación adecuada de estos análisis, es fundamental realizar calibraciones a través de experimentos de campo que, de manera rigurosa, deberán realizarse para cada cultivo y tipo de suelo, sin embargo, éstos son escasos en México (Etchevers, 1999). Yamanouchi (1991) y Fujiyama *et al.* (1993a), empleando la técnica del elemento faltante, encontraron que el N en los suelos de la zona de Guerrero Negro, es el nutriente que limita el desarrollo adecuado de melón, betabel y repollo.

Considerando todos los sitios evaluados, el contenido de N-NO<sub>3</sub> se encontró en un intervalo de 3.4 a 74.6 mg kg<sup>-1</sup> y el N-NH<sub>4</sub> de 3.7 a 32.4 mg kg<sup>-1</sup>, siendo el sitio de Guerrero Negro, B.C.S. donde se determinó el promedio más bajo y en el ejido Jesús María donde se registraron los valores más altos en

ambas formas de N. Se ha establecido que a través de la mineralización de la MO se libera el N que las plantas pueden utilizar (Meisinger, 1984; Schepers y Mosier, 1991). En este estudio, se observó una correlación significativa entre el carbono orgánico y las dos formas determinadas de N para todos los sitios evaluados, con excepción del suelo del ejido Emiliano Zapata (Figura 2).

En muchas zonas, las recomendaciones de fertilizantes nitrogenados para diversos cultivos se basan en análisis de suelo para N inorgánico (Schimel y Parton, 1986; Smith, 1988; Hook *et al.*, 1991). En los suelos de los sitios estudiados se encontró que el contenido de MO es muy bajo (Cuadro 2) y la relación entre carbono orgánico y las dos formas de N fue significativa (Figura 2). Por consiguiente, en estos suelos, la estimación de estas dos formas de N podría utilizarse para la recomendación de aplicaciones de N, sin embargo, debe completarse mediante experimentos de calibración en invernadero o campo y comprender las posibilidades y limitaciones y de la forma cómo ciertos factores pueden afectar la calidad del análisis químico (Etchevers, 1985).

En los suelos de las regiones áridas y semiáridas, el carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) es un componente abundante, como se determinó en el presente estudio (Cuadro 1). En estos suelos, los fosfatos son adsorbidos sobre la superficie de los carbonatos de

**Cuadro 2. Materia orgánica y formas de nitrógeno inorgánico en suelos de sitios localizados en el desierto de Vizcaíno, Baja California Sur, México.**

Sitio	Muestra	Materia orgánica		N-NO <sub>3</sub>		N-NH <sub>4</sub>	
		Media	Intervalo	Media	Intervalo	Media	Intervalo
	(n)	----- % -----		----- mg kg <sup>-1</sup> -----		----- mg kg <sup>-1</sup> -----	
Guerrero Negro	36	0.22	0.10 – 0.31	12.4	3.42–18.2	8.1	3.71–14.8
Ejido Morelos	32	0.48	0.26 – 0.59	48.2	25.7–62.9	17.5	11.2–25.6
Ejido Jesús María	32	0.68	0.35 – 0.87	51.7	24.2–74.6	20.3	10.9–32.4
Ejido Benito Juárez	36	0.31	0.12 – 0.48	28.3	16.5–40.4	15.3	7.82–21.7
Ejido G. Díaz Ordaz	28	0.36	0.11 – 0.52	23.4	9.22–39.6	10.7	3.76–17.4
Ejido Emiliano Zapata	24	0.28	0.14 – 0.36	26.5	11.9–38.7	17.8	9.89–28.2

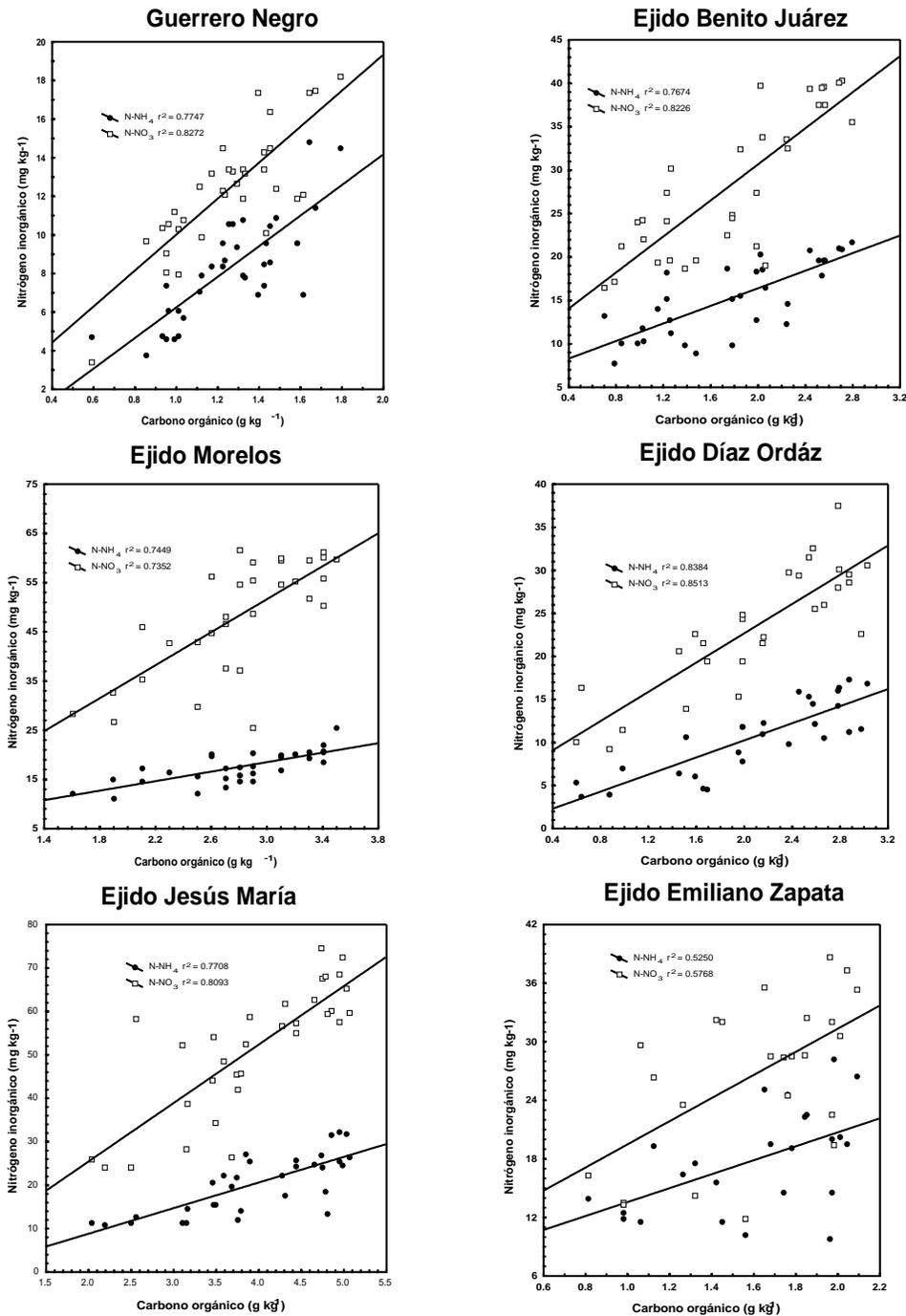


Figura 2. Relación entre carbono orgánico y dos principales formas de nitrógeno inorgánico en suelos del desierto de Vizcaíno.

calcio (Endo *et al.*, 2000a), por lo que en el momento de hacer recomendaciones de fertilizaciones fosfóricas debe considerarse este factor, ya que estos suelos, de modo general, presentan cantidades altas de P extractable Olsen. Se establece que por valores superiores a 30 mg P kg<sup>-1</sup> de suelo extractado con el

método Olsen no existen probabilidades de respuesta a la fertilización fosfatada por parte de los cultivos (Mehlich, 1972), aunque esto puede variar en sistemas de producción intensivos donde se utilice la fertigación (Fujiyama *et al.*, 1993a). La media general de los suelos en el presente estudio fue de

**Cuadro 3. Número de muestras, valor medio y rango de valores de P Olsen en suelos del desierto de Vizcaíno, Baja California Sur, México, a una profundidad de 0 a 40 cm.**

Sitio	Muestra	Media	Intervalo
		mg g <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>
Guerrero Negro	36	84.7	42.1 – 118.2
Ejido Morelos	32	52.4	31.1 – 85.8
Ejido Jesús María	32	43.1	11.6 – 78.6
Ejido Benito Juárez	36	48.2	22.4 – 81.6
Ejido G. Díaz Ordaz	28	32.9	8.9 – 67.2
Ejido Emiliano Zapata	24	27.3	10.1 – 59.7

48.1 mg kg<sup>-1</sup> y su intervalo de variación de 8.9 a 118.2 mg kg<sup>-1</sup> (Cuadro 3), lo cual indica que, en la actualidad, las posibilidades de obtener una respuesta por parte de los cultivos a la fertilización fosfatada son mínimas. Por lo tanto, para sistemas de producción intensivos con altas densidades de población de plantas se sugiere aplicarlo en cantidades reducidas únicamente con el propósito de mantener el P lábil en la solución del suelo. En caso de aplicaciones excesivas de P, pueden provocarse desequilibrios nutricionales que repercutirán en la reducción del rendimiento (Marschner, 1995).

La cantidad de cationes solubles en agua y la fracción intercambiable de los suelos estudiados se presentan en el Cuadro 4. En todos los sitios, se encontró que la fracción intercambiable fue mayor que la soluble. Asimismo, se determinó que la fracción intercambiable de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y K<sup>+</sup> fue, en

general, mayor que la soluble. En los suelos del ejido Morelos y del ejido Benito Juárez se encontraron diferencias significativas entre la fracción soluble y la intercambiable de Na<sup>+</sup>, pero en los suelos de Guerrero Negro, ejido Jesús María y ejido Díaz Ordaz, la cantidad de Na<sup>+</sup> en la fracción soluble y en la intercambiable fue similar. Las variaciones en el clima, así como también los regímenes de humedad del suelo influyen en la transformación de los nutrientes nativos y los aplicados a los suelos y, por lo tanto, afectan la disponibilidad para los cultivos. Por ejemplo, la liberación de K<sup>+</sup> fijado a la fase de intercambio es determinada por la humedad del suelo (Bates y Scott, 1964). Los suelos del desierto de Vizcaíno, permanecen secos la mayor parte del año, además, el contenido de arcilla y la capacidad de intercambio catiónico de la mayoría de los sitios evaluados se consideran bajos (Cuadro 1), por lo que la cantidad de cationes disponibles para los cultivos podría ser la suma de la fracción soluble y la fracción intercambiable. En los suelos de Guerrero Negro, se encontraron las cantidades más bajas de cationes, tanto en la fracción soluble, como en la fracción intercambiable. Aunque esta diferencia fue estadísticamente significativa, fue la menos contrastante, por lo que las recomendaciones de aportación de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y K<sup>+</sup> se realizan con base únicamente en la fracción soluble con buenos resultados (Fujiyama *et al.*, 1993b). Sin embargo, el pH elevado de los suelos (Cuadro 1) ocasiona la

**Cuadro 4. Cantidad de cationes solubles en agua e intercambiables en suelos de sitios localizados en el desierto de Vizcaíno, Baja California Sur, México, a una profundidad de 0 a 40 cm.**

Sitio	Forma	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
		cmol(+) kg <sup>-1</sup>			
Guerrero Negro	Soluble	0.27 a <sup>†</sup>	0.11 a	0.09 a	0.37 a
	Intercambiable	3.18 b	0.72 b	0.31 b	0.43 a
	Total	3.45	0.83	0.40	0.80
Ejido Morelos	Soluble	0.83 a	1.07 a	0.72 a	3.93 a
	Intercambiable	14.16 b	9.75 b	4.03 b	8.02 b
	Total	14.99	10.82	4.75	11.95
Ejido Jesús María	Soluble	0.96 a	0.73 a	0.16 a	1.98 a
	Intercambiable	17.22 b	8.44 b	3.17 b	2.35 b
	Total	18.18	9.17	3.33	4.33
Ejido Benito Juárez	Soluble	0.64 a	0.46 a	0.52 a	1.83 a
	Intercambiable	4.02 b	4.08 b	1.88 b	5.21 b
	Total	4.66	4.54	2.40	7.04
Ejido G. Díaz Ordaz	Soluble	0.43 a	0.67 a	0.51 a	0.67 a
	Intercambiable	3.57 b	2.72 b	0.87 a	1.06 a
	Total	4.00	3.39	1.38	1.73

<sup>†</sup> Diferentes letras indican diferencias significativas entre la fracción soluble y la intercambiable para cada catión y cada sitio (P < 0.05, prueba de Duncan de rango múltiple).

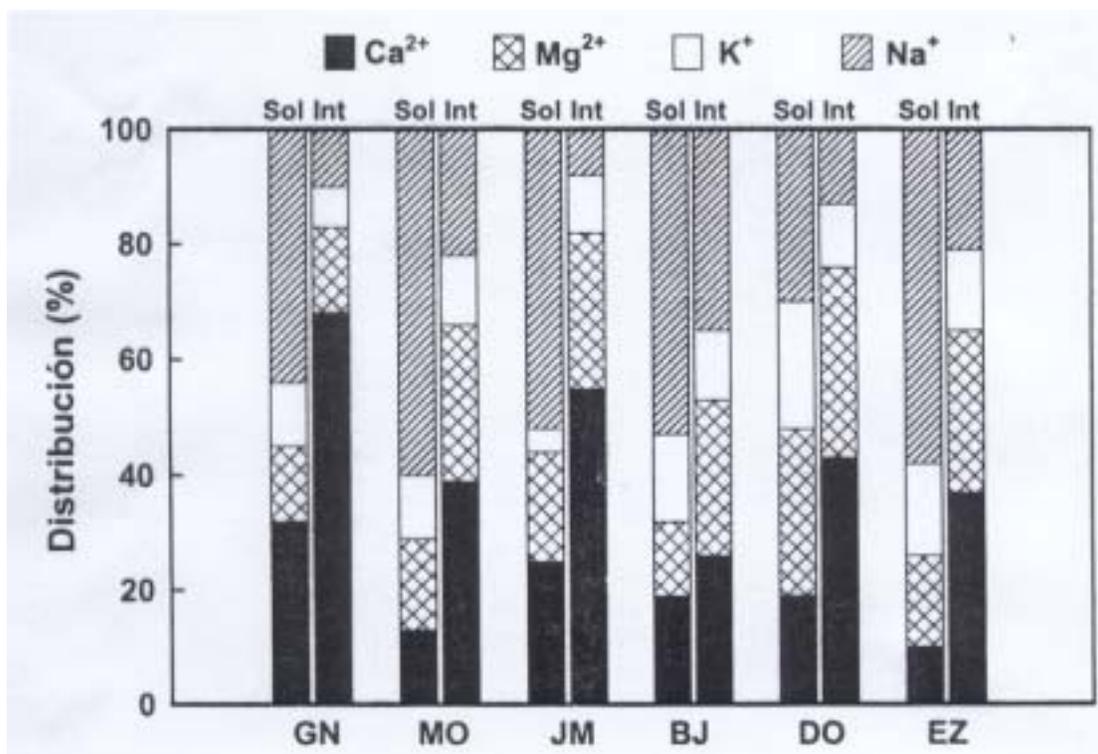


Figura 3. Distribución de cationes solubles (Sol) e intercambiables (Int) en suelos de Guerrero Negro (GN) y los ejidos Morelos (MO), Jesús María (JM), Benito Juárez (BJ), G. Días Ordáz (DO) y Emiliano Zapata (EZ), localizados en el desierto de Vizcaíno, Baja California Sur, México.

precipitación de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  a compuestos insolubles y esta reacción influye de manera notable en la disponibilidad de estos elementos para los cultivos. Endo *et al.* (2000a) encontraron una correlación significativa entre  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  y la distribución de sulfato en algunos sitios del desierto de Vizcaíno, lo que sugiere la formación de yeso y dolomita que son compuestos de baja solubilidad.

La distribución de cationes solubles e intercambiables se muestra en la Figura 3. En todos los suelos se encontró que el  $\text{Ca}^{2+}$  y el  $\text{Mg}^{2+}$  fueron los cationes dominantes, tanto en la fracción soluble como en la intercambiable, mientras que el  $\text{Na}^{+}$  lo fue en la fracción soluble y no en la fracción intercambiable. El  $\text{K}^{+}$  intercambiable fue mayor que el  $\text{K}^{+}$  soluble sólo en los ejidos Morelos y Jesús María. Probablemente, esto sea resultado de un contenido mayor de arcilla, mientras que en el suelo de Guerrero Negro, se observó una cantidad menor de  $\text{K}^{+}$  intercambiable y también de arcilla (Cuadro 1). Para la interpretación adecuada del análisis químico de

estos suelos, se requiere realizar experimentos de calibración para determinar la respuesta de los principales cultivos de interés en la zona a los diferentes nutrientes.

### CONCLUSIONES

- Para los suelos estudiados, el N presentó los índices de disponibilidad más bajos, lo cual podría estar limitando el crecimiento adecuado de los cultivos en los sitios evaluados.
- Aunque se determinaron índices de disponibilidad altos en P, K, Ca y Mg, algunas características, como la alcalinidad y las concentraciones altas de  $\text{Na}^{+}$  soluble, podrían inhibir la capacidad de absorción de los cultivos para estos nutrientes.
- Los resultados del análisis químico de los suelos sugieren que la nutrición de los cultivos en estos sitios debe realizarse con base en fertilizantes nitrogenados con reacción acidificante, pero para la interpretación adecuada de los análisis es necesario realizar

calibraciones a través de experimentos de invernadero o campo, en los cuales se incluyan distintos suelos y cultivos de interés para la zona.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Agencia Española de Cooperación Internacional-Comunidad Autónoma de Murcia, Agencia de Cooperación Internacional del Japón y a FUNDACIÓN PRODUCE, B.C.S. por sus apoyos económicos y técnicos que permiten realizar investigación en el Noroeste de México.

### LITERATURA CITADA

- Bates, T.E. y A.D. Scott. 1964. Changes in exchangeable potassium observed on drying soils after treatment with organic compounds: I. Release. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28: 769-772.
- Bower, C.A., R.F. Reitemeyer y M. Fireman. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Sci.* 73: 251-262.
- Endo, T., S. Yamamoto, T. Honna, K. Iimura, R. López A. y M. Benson R. 2000a. Morphological and physico-chemical properties of soils in the middle of Baja California, Mexico. *Japan J. Soil Sci. Plant Nutr.* 71: 9-17.
- Endo, T., S. Yamamoto, T. Honna, M. Takashina, K. Iimura, R. López A. y M. Benson. 2000b. Behavior and distribution of salts under irrigated agriculture in the middle of Baja California, Mexico. *Japan J. Soil Sci. Plant Nutr.* 71: 18-26.
- Etchevers B., J.D. 1985. Análisis químico de suelos: El porqué de sus fallas. Serie Cuadernos de Edafología 4. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Etchevers B., J.D. 1999. Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. *Terra* 17: 209-219.
- Fujiyama, H., M. Benson y M. Yamanouchi. 1993a. Fertility of three major nutrients of field soil in Guerrero Negro. *J. Fac. Agric. Tottori Univ.* 29: 25-29.
- Fujiyama, H., M. Benson, R. López A. y M. Yamanouchi. 1993b. Is calcium application necessary for crop cultivation in Guerrero Negro? *J. Fac. Agric. Tottori Univ.* 29: 31-36.
- García, E. y P. Mosiño. 1968. Los climas de la Baja California. Memoria 1966-67. Comité Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional. Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Grieve, C.M. y H. Fujiyama. 1987. The response of two rice cultivars to external Na/Ca ratio. *Plant Soil* 103: 245-250.
- Hagin, J. y B. Tucker. 1982. Fertilization of dry land and irrigated soils. Springer Verlag. Berlin, Germany.
- Hook, P.B., I.C. Burke y W.K. Lauenroth. 1991. Heterogeneity of soil and plant N and C associated with individual plants and openings in North American shortgrass steppe. *Plant Soil* 138: 247-256.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2<sup>nd</sup> edition. Academic Press. San Diego, CA.
- Mehlich, A. 1972. Uniformity of expressing soil test results. A case for calculating results on a volume basis. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 61: 113-128.
- Meisinger, J.J. 1984. Evaluating plant available nitrogen in soil-crop systems. pp. 391-416. *In: Hauck, R.D. (ed.). Nitrogen in crop production. American Society of Agronomy-Crop Science Society of America-Soil Science Society of America. Madison, WI.*
- Molina-Galán, J. 1991. Recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México. Talleres Gráficos de la Nación. México, D.F.
- Olsen, S.R., C.V. Cole, F. Watanabe y L.A. Dean. 1954. Estimation of availability phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Circ. 939. US Department of Agriculture. Washington, D.C.
- Schepers, J.S. y A.R. Mosier. 1991. Accounting for nitrogen in nonequilibrium soil-crop systems. pp. 125-138. *In: Follet, R.F. (ed.). Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability. Soil Science Society of America. Madison, WI.*
- Schimel, D.S. y W.J. Parton. 1986. Microclimatic controls of nitrogen mineralization and nitrification in shortgrass steppe soils. *Plant Soil* 93: 347-357.
- Smith, C.M. 1988. Scope and possibilities of soil testing for nitrogen. pp. 122-133. *In: Soil and Plant Testing and Analysis. Soil Bulletin 38/1. Food and Agricultural Organization. Roma, Italy.*
- Vázquez A., A. 1997. Guía para interpretar el análisis químico del agua y suelo. Segunda edición Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Walkley, A. y T.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
- Westerman, R.L. 1990. Soil testing and plant analysis. Third ed. Soil Science Society of America. Madison, WI.
- Yamanouchi, M. 1991. Present situation and some technical problems of vegetable cultivation on sand soil in Guerrero Negro, B.C.S., México. *Sand Dune Res.* 38: 10-35.