

# Demanda de macro y micronutrientes por espinaca (*Spinacia oleracea* L.) cultivada en El Llano en Llamas de Jalisco, México

Anacleto Sosa<sup>1,3,\*</sup>, Jorge Muro<sup>1</sup>, Gerardo Gordillo<sup>1</sup>, Heather West<sup>2</sup>, Xiaozhong Liu<sup>2</sup>, Guadalupe Ruíz<sup>3</sup>, Jorge Etchevers<sup>4</sup> y Juliana Padilla<sup>4</sup>

## Introducción

La espinaca (*Spinacia oleracea* L.) es un cultivo anual de ciclo corto, el cual al aprovecharse por sus hojas requiere de altas cantidades de nutrientes para mantener su rápido crecimiento (Biemond et al., 1996) y adquirir el color verde oscuro que atrae a los consumidores (Branderberger et al., 2004). Al igual que otros vegetales de hoja, esta especie es poco eficiente en la recuperación de nutrientes, lo que conduce a que para lograr altos rendimientos se apliquen dosis de fertilización elevadas (Sajirani et al., 2012; Gutiérrez-Rodríguez et al., 2012). El hecho anterior, frecuentemente resulta en grandes pérdidas de los nutrientes aplicados al suelo por lixiviación, particularmente los de alta movilidad como nitrógeno (N), azufre (S) y boro (B) (Obreza y Morgan, 2011) y en la acumulación excesiva de nitratos y oxalatos en el órgano de interés económico los cuales son dañinos para el hombre (Libert y Franceschi, 1987). De acuerdo al SIAP (2015) en México se cultivan cerca de 55 hortalizas, las que al exhibir diferentes requerimientos nutrimentales (RNUTs) hacen difícil diseñar su programa de nutrición balanceada de forma sitio-específica. Una metodología que hoy día se utiliza ampliamente para generar normas de fertilización bajo un enfoque científico es el método racional simplificado (Sosa et al., 2012). Para usar esta herramienta agronómica, es indispensable previamente conocer los dos parámetros que se asocian con la demanda nutrimental del cultivo los cuales son el rendimiento máximo alcanzable (RMA) de la zona agrícola de interés y el requerimiento nutrimental (RNUT) de cada nutriente extraído. Para calcular la demanda nutrimental en hortalizas, en los últimos años en México se ha realizado mucho trabajo de investigación para determinar el RMA y los RNUTs expresados en kilos de nutriente por tonelada de producto comercial o de materia seca (MS) (Sosa et al., 2013b). Adicionalmente, mucha de la información relacionada con los RNUTs de las especies más importantes que se producen en todo el mundo ha sido recopilada (Ciampitti y García, 2007), e incluso en el internet ya existe una herramienta para calcular la demanda nutrimental de los cultivos, la cual se encuentra para su libre acceso en la página web del Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI) (García y Correndo, 2015). Con respecto a los RNUTs de espinaca, hasta la fecha en México no existe este tipo de información, de ahí que su fertilización todavía se realiza empíricamente lo que resulta en bajos rendimientos y/o en su sobre fertilización. Con base en lo anteriormente

expuesto, el objetivo de este estudio fue determinar el RMA y los RNUTs de 11 nutrientes para espinaca cultivada en la zona agrícola conocida como El Llano en Llamas de Jalisco, México.

## Materiales y métodos

### Localización del estudio

La presente investigación se realizó en el rancho El Petacal, propiedad de Nutrilite S. de R.L. de C.V. ubicado en el municipio de Tolimán, al noroeste del estado de Jalisco, México (19° 36' latitud Norte y 103° 48' longitud Oeste) a 1060 metros sobre el nivel del mar. Por su clima extremadamente seco, alta temperatura promedio durante el año (26 °C) y baja precipitación (menos de 400 mm), a esta región agrícola también se conoce como El Llano en Llamas (Rulfo, 1985). Durante las temporadas 2012-2013 y 2013-2014 se establecieron dos experimentos en donde se evaluaron 13 genotipos de espinaca los cuales presentan amplia variación en su potencial productivo (**Tabla 1**). El trabajo de campo se estableció en un suelo Luvisol alcalino (pH 8.4), el cual de acuerdo con el análisis químico realizado durante la temporada 2012-2013, presentó 2.1% de materia orgánica y una disponibilidad de P, K, Ca, Mg, S-SO<sub>4</sub>, B, Fe, Mn y Zn de 14, 292, 2109, 1085, 56, 0.7, 41, 147, y 1.0 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente determinada con el método Mehlich III.

### Manejo agronómico del cultivo

Los 13 híbridos de espinaca evaluados se establecieron bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de 4 surcos de 1 m de ancho por 5 m de largo. La siembra fue manual a doble hilera utilizando 80 semillas m<sup>2</sup>. La fertilización consistió de una aplicación basal de 10.6 t ha<sup>-1</sup> de composta (base seca) cuyo contenido nutrimental fue 2.4, 0.28, 0.45, 5.4, 0.6 y 0.08% para N, P, K, Ca, Mg y S; y 9480, 410, 129, 113 y 53 mg kg<sup>-1</sup> de Fe, Mn, Cu, Zn y B, respectivamente. El control de malezas se realizó mecánica y manualmente. Las plagas y enfermedades se controlaron mediante la aplicación oportuna de insecticidas y fungicidas autorizados para la producción orgánica, los cuales se caracterizaron por no aportar nutrientes al cultivo (OMRI, 2013). El riego se realizó tres veces por semana, programándolo cuando la tensión de la humedad presente en el suelo medida con tensiómetro fue igual o mayor a 20 centibares, utilizándose una lámina de 244 mm por temporada.

<sup>1</sup> Investigador de Amway-Nutrilite S. de R.L. Rancho el Petacal, Jalisco, México

<sup>2</sup> Investigador de Amway-Nutrilite. California, USA

<sup>3</sup> Profesor del Instituto Tecnológico Superior de Tamazula de Gordiano, Jalisco, México

<sup>4</sup> Profesor del Colegio de Postgraduados, Montecillos, México

\* Autor de contacto. Correo electrónico: anacleto.sosa@amway.com

**Tabla 1. Rendimientos, contenidos de materia seca y concentraciones nutrimentales en 13 genotipos de espinaca cultivados en El Petacal, Jalisco, México. Promedios de 3 repeticiones.**

Genotipo	Rendimiento		Materia seca		Concentración nutrimental																					
	t ha <sup>-1</sup>		%		kg nutriente t <sup>-1</sup> de materia seca																					
	T1	T2	T1	T2	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B											
Bison F1	10.5	20.2 B	8.7	8.9	31 AB	39	2.4	3.1	85	73	12	11	8	15	2	3	207	546	90	87	207	178	33	23	82	84
Panther F1	12.6	25.6 AB	8.6	8.8	28 B	37	2.2	3.5	80	88	12	11	10	12	2	3	255	381	55	120	255	175	21	16	98	66
Python	9.0	20.7 B	9.3	9.5	31 AB	37	2.6	3.0	71	81	11	12	9	14	2	3	193	502	48	87	193	245	20	12	99	71
Roadrunner	12.2	23.9 AB	7.5	7.7	33 AB	39	2.5	3.2	88	74	13	11	7	12	2	3	273	611	68	103	273	185	25	23	93	57
Walibi	11.8	28.4 B	8.6	8.1	29 AB	40	2.2	3.4	74	71	10	12	8	15	2	3	200	581	55	71	200	168	19	18	85	72
Whale	11.1	18.0 B	7.9	7.6	32 AB	36	2.2	3.7	91	81	10	13	8	13	2	3	188	515	90	82	188	209	21	18	96	63
51-132 RZ	11.1	18.7 B	7.8	8.1	33 AB	37	2.5	3.0	88	85	10	13	8	13	2	3	154	533	51	147	154	269	17	28	89	64
51-143	9.9	20.4 B	8.6	8.3	30 AB	41	2.5	2.7	77	84	11	10	8	13	2	3	245	589	61	91	245	195	21	17	95	73
C4-026	11.4	33.8 A	7.5	7.9	32 AB	37	2.3	3.2	82	72	12	12	10	15	2	3	311	419	64	124	319	193	22	14	99	56
Squirrel	10.7	25.3 AB	8.3	8.7	34 AB	35	2.4	2.9	87	73	12	11	9	13	2	3	203	477	50	85	203	247	20	17	92	74
Spiros	10.7	27.9 AB	8.6	8.4	32 AB	40	2.3	3.3	83	78	11	12	8	14	2	3	199	482	87	73	199	171	21	18	84	58
Bejo 2866	10.4	24.7 AB	8.0	8.2	36 A	39	2.8	3.3	83	77	10	11	7	13	2	3	166	540	84	54	166	210	19	15	75	73
Renegade	9.2	23.7 AB	8.4	8.5	36 A	36	2.6	3.0	82	84	12	10	11	12	2	3	159	573	81	91	159	151	33	11	67	63
Media	10.8	23.9	8.2	8.4	32.3	37.9	2.4	3.2	82	79	10	12	7.2	13.4	2	3.0	206	517	72	93	207	200	22	18	87	67
Tukey 0.05 p	NS	13.09	NS	NS	8.3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	9.3	18.6	5.7	6.0	7.3	4.5	7.5	8.2	6.8	7.2	9.9	7.6	16.6	8.1	0	7.0	22.3	13.3	24.9	17.8	22.8	23.5	20.9	25.4	11.7	12.0

C.V.= Coeficiente de variación.

NS = No significativa.

T1 y T2 son las temporadas 2012-2013 y 2013-2014, respectivamente.

## Parámetros evaluados

A la cosecha (65 días después de la emergencia), se determinó el peso fresco y se tomó una muestra de 1.0 kg, que se secó en un horno de circulación forzada de aire a 70 °C durante 48 h, se pesó y después de molida se determinó la concentración de macro y micronutrientes. El N se determinó por el método semimicro Kjeldahl modificado para incluir NO<sub>3</sub> (Bremner, 1965), en tanto que para determinar el resto de los nutrientes se realizó una digestión húmeda utilizando una mezcla de HNO<sub>3</sub> y HClO<sub>4</sub> (3:1) y un ICP para su cuantificación (A&L Western Laboratory, 2015). El RNUT de cada elemento se estimó dividiendo su cantidad total acumulada entre el rendimiento seco del cultivo. A todas las variables estudiadas se les realizó un análisis de varianza y a aquellas que presentaron diferencias estadísticas significativas se les realizó la prueba de separación de medias de Tukey. Finalmente, para estimar el efecto del potencial productivo del cultivo sobre los RNUTs se realizó un análisis de correlación entre el rendimiento de cada genotipo y el RNUT de cada nutriente.

## Resultados y discusión

### Rendimiento máximo alcanzable (RMA)

El rendimiento promedio en las dos temporadas de espinaca fue 17.4 t ha<sup>-1</sup> (**Tabla 1**), este valor es 18% mayor que la media nacional (11.9 t ha<sup>-1</sup>) (SIAP, 2015); pero 34% menor que el promedio mundial (26.3 t ha<sup>-1</sup>) (Simko et al., 2014). El potencial productivo de los genotipos evaluados fue más bajo en la primera temporada, esto a causa de que su siembra temprana (30 octubre del 2013) provocó que una fracción del crecimiento del cultivo coincidiera con temperaturas diurnas mayores a 32 °C que afectaron negativamente el rendimiento. Esto no ocurrió en la

temporada 2013-2014, ya que su establecimiento se hizo dentro de la fecha de siembra óptima (1-30 de diciembre). De los cultivares estudiados, el más productivo fue C4-026 que rindió 22.6 t ha<sup>-1</sup>, este rendimiento supera en 41% a las 16.0 t ha<sup>-1</sup> que obtuvieron Sajirani et al. (2012) en Shiraz, Iran; pero es 12% menor al obtenido con el híbrido F-380 en Oklahoma, EEUU (25.7 t ha<sup>-1</sup>) (Branderberger et al., 2004). Sin embargo es congruente con el RMA de la zona de estudio, en donde el promedio logrado en siembras de espinaca orgánica comercial es 21.5 t ha<sup>-1</sup> (Sosa, 2015).

### Rendimiento de materia seca (MS) vs. requerimientos nutrimentales (RNUTs)

Aun cuando el rendimiento de los genotipos evaluados exhibió diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.01$ ) (**Tabla 1**) en la temporada 2013-2014, de forma general, el RNUT de los once nutrientes estudiados no presentó asociación con esta variable (**Tabla 2**).

Una excepción fue el RNUT de N, el cual en el ciclo 2012-2013 además de presentar significancia estadística entre genotipos evaluados ( $p < 0.05$ ), también se asoció con el rendimiento (**Figura 1**). Estos resultados indican que la aplicación de 10.6 t ha<sup>-1</sup> de composta en una sola temporada no asegura que los suelos de la región estudiada puedan estar en condiciones de cubrir la demanda de nutrientes del cultivo de espinaca, especialmente la del N; por lo tanto, para mejorar la fertilidad de estos suelos y con ello su productividad se requiere aplicar esta enmienda por al menos dos temporadas. La correlación negativa encontrada entre los dos parámetros anteriormente mencionados ( $r = -0.80^{**}$ ) se asocia con el efecto de dilución (Bates, 1971) que presentan los cultivos que se cosechan en su etapa vegetativa (Greenwood et al., 1980). La escasa relación de los RNUTs de espinaca con su potencial

**Tabla 2. Asociación entre rendimiento (t ha<sup>-1</sup> MS) y los RNUTs (kg o g nutriente t<sup>-1</sup> MS) de 11 nutrientes en espinaca cultivada durante la temporada 2013-2014 en El Llano en Llamas de Jalisco, México.**

Nutriente	Ecuación de regresión	Coefficiente de determinación (R <sup>2</sup> )	Coefficiente de correlación (r)
N	N = 37.0 + 0.00004 Y	0.009	0.04 ns
P	P = 3.1 + 0.048 Y	0.0045	0.067 ns
K	K = 91.3 - 6.34 Y	0.164	-0.404 ns
Ca	Ca = 13.34 - 0.889 Y	0.132	-0.363 ns
Mg	Mg = 11.88 + 0.77 Y	0.066	0.256 ns
S	S = 3.03 - 0.082 Y	0.022	-0.147 ns
Cu	Cu = 29.8 - 5.99 Y	0.228	-0.477 ns
Mn	Mn = 269.2 - 34.82 Y	0.127	-0.356 ns
Fe	Fe = 715.1 - 99.12 Y	0.269	-0.518 ns
Zn	Zn = 103.34 - 4.98 Y	0.053	-0.073 ns
B	B = 77.5 - 5.13 Y	0.052	-0.23 ns

Y = Rendimiento expresado en base seca (kg ha<sup>-1</sup>).

productivo sugiere que independientemente de la cantidad de MS que esta especie produce, sus RNUTs de macro y micronutrientes (expresados en kg o g t<sup>-1</sup> de MS) no varían significativamente. Estos resultados son congruentes con los que han sido previamente reportados en maíz para grano (Heckman et al., 2003), maíz elotero (Heckman, 2007) y brócoli (Farnham et al., 2011). En relación con lo anterior, Rodríguez (1990) y Etchevers et al. (1991), desde hace más de 20 años sostienen que la variación de los RNUTs no es función del rendimiento sino de la capacidad del suelo para satisfacer la demanda nutrimental del cultivo y aseguran que la variación significativa de los RNUTs y su asociación con el rendimiento solo se manifiesta cuando los cultivos se establecen en suelos de baja fertilidad. Aun cuando existen varios trabajos de investigación que apoyan la conclusión anterior, a la fecha está todavía sigue siendo puesta en duda (Davis, 2013). A este respecto, en un trabajo realizado por investigadores del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos se determinó que en los últimos 38 años el potencial de rendimiento del brócoli incremento significativamente pero esto no sucedió con sus RNUTs (Farnham et al., 2013). Los resultados anteriores son congruentes con los obtenidos en este estudio y apoyan científicamente el supuesto de que cuando los cultivos crecen bajo condiciones edáficas no limitantes sus RNUTs son independientes del rendimiento (Rodríguez, 1990; Etchevers et al., 1991). En este contexto, el diseño de la fertilización de un cultivo con base en la demanda nutrimental es una herramienta apropiada para nutrir de forma balanceada los cultivos, particularmente

en hortalizas en las que es difícil obtener recursos para hacer investigación por su baja superficie cultivada.

### Remoción de macro y micronutrientes (RMA)

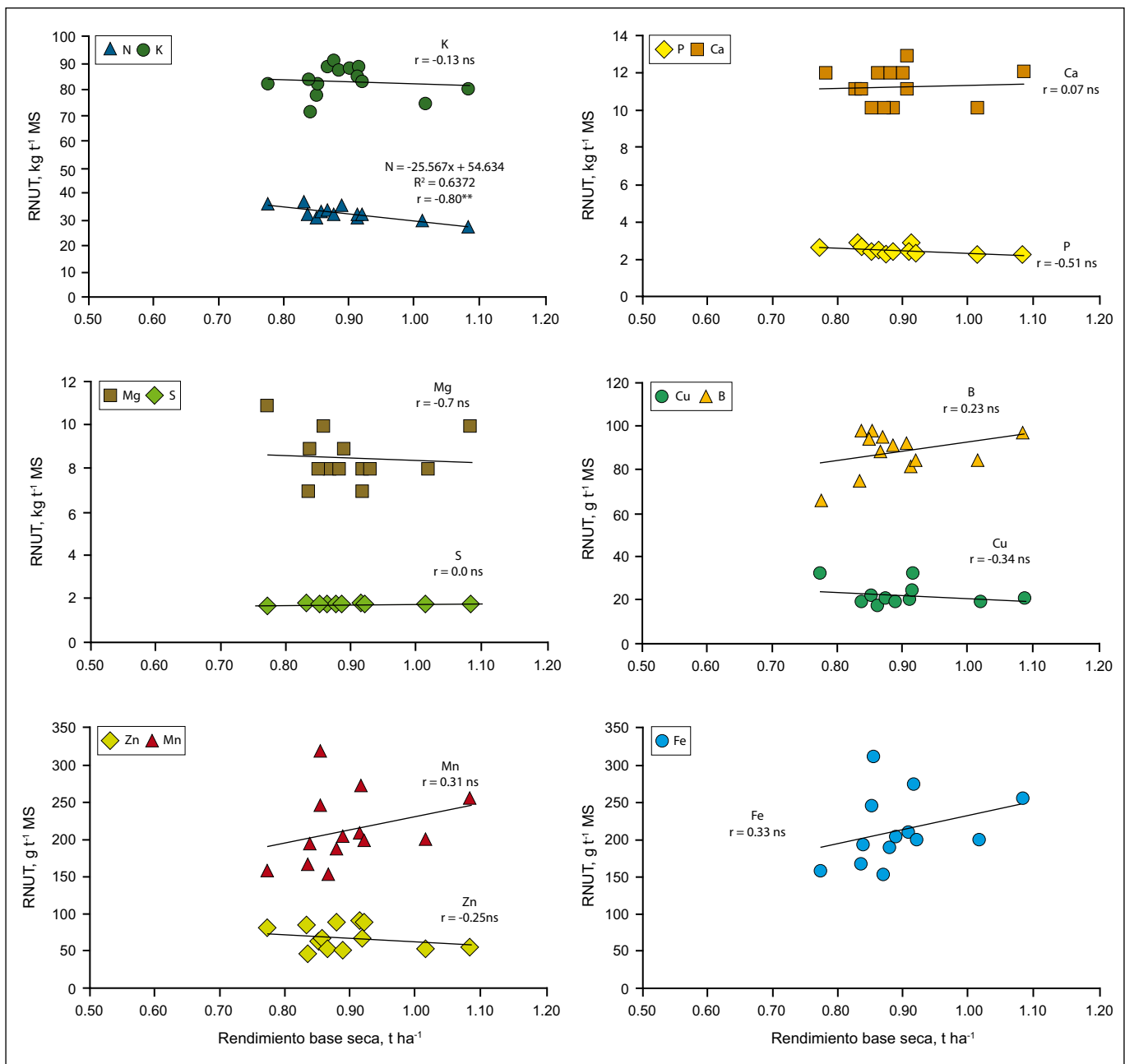
El RMA determinado con el cultivar más rendidor (C4-026) fue 22.6 t ha<sup>-1</sup>, equivalente a 1.74 t ha<sup>-1</sup> en base seca, lo que removió 60, 5, 134, 21, 22, 11, 7, 0.63, 0.16, 0.46, 0.03 y 0.14 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Zn, Mn, Cu y B, respectivamente (**Tabla 1**). Para el promedio de todas las variedades estudiadas, por cada tonelada de MS producida, la espinaca removió del suelo 35, 3, 80, 11, 10, y 3 kg de N, P, K, Ca, Mg y S; así como 362, 204, 20, 83 y 77 g de Fe, Mn, Cu, Zn y B, respectivamente (**Tabla 3**). De los 11 RNUTs determinados para espinaca, algunos difieren de los reportados en otras partes del mundo. El RNUT de N es menor que el publicado por Osmond y Kang (2008) en Carolina del Norte y el propuesto por el laboratorio A&L (2015) en California. No obstante es muy similar (36 kg N t<sup>-1</sup> MS) al propuesto por Ciampitti y García (2007). En contraparte, el RNUT generado para K es 167% y 90% mayor al propuesto para las regiones de Carolina del Norte y California, EEUU, respectivamente; pero 11% menor que el reportado por Castellanos et al. (2002) para Guanajuato, México (90.4 kg K t<sup>-1</sup> MS) y muy similar al recomendado por Campbell (2013) para el Sureste de los EEUU.

El alto requerimiento de K determinado podría deberse a que la espinaca es capaz de extraerlo en exceso cuando crece en suelos con alto suministro como los de la zona estudiada (Sosa et al., 2013a) y de varias regiones de

**Tabla 3. Requerimiento nutrimental (RNUT) de 11 nutrientes estudiados y su comparación con los reportados en otras regiones.**

Nutrientes	----- Requerimiento nutrimental (RNUT) -----				
	Presente Estudio	Osmond y Kang, 2008* Carolina del Norte, EEUU	A&L, 2015 California, EEUU	Campbell, 2013 Región Sureste, EEUU	Castellanos et al., 2002* Guanajuato, México
<b>kg t<sup>-1</sup> materia seca</b>					
N	35	50	40	50	68
P	3	4	3	4	8
K	80	30	42	80	90
Ca	11	12	11	15	
Mg	10	5	9	10	
S	3	4	3	3	
<b>g t<sup>-1</sup> materia seca</b>					
Cu	20	20	11	15	
Mn	204	99	130	200	
Fe	362	ND	120	200	
Zn	83	99	33	75	
B	77	ND	44	60	

\*RNUTs Estimados considerando un contenido de materia seca en espinaca de 8.3%.



**Figura 1. Rendimiento seco de espinaca y su relación con el RNUT de 11 elementos en 13 genotipos de espinaca cultivada durante la temporada 2012-2013 en el Llano en Llamas de Jalisco, México.**

México (Núñez y Gavi, 1991; Sillanpää, 1982). A excepción del RNUT de P que reporta Castellanos et al. (2002) para Guanajuato, México, el valor de este parámetro determinado en este trabajo es congruente con los que se reportan en otras regiones (Tabla 3); lo que indica su alta confiabilidad para estimar su demanda. Los RNUTs de Ca, Mg, S y micronutrientes presentaron algunas diferencias con respecto a los existentes en la literatura; sin embargo pueden usarse con confianza ya que están dentro del rango de los valores de suficiencia recomendados para monitorear la nutrición de la espinaca en pre-cosecha (Osmond y Kang, 2008; A&L, 2015). Los RNUTs generados en este trabajo permitirán que a futuro podamos diseñar con alto grado de precisión el programa de fertilización de la espinaca, utilizando el método racional simplificado o la fertilización con base en la cantidad de nutrientes que remueve el cultivo.

## Conclusiones

Bajo las condiciones de edafoclimáticas de El Llano en Llamas de Jalisco, México el RMA es de 22.6 t ha<sup>-1</sup> de espinaca fresca. Para lograr este potencial productivo, el cultivo removi6 del suelo 35, 3, 80, 11, 10, y 3 kg de N, P, K, Ca, Mg y S; así como 362, 204, 20, 83 y 77 g de Fe, Mn, Cu, Zn y B, por tonelada de MS producida, respectivamente. Con los RNUTs generados y el RMA de la regi6n de inter6s ser6 posible estimar la demanda de macro y micronutrientes en el cultivo de espinaca cultivada en M6xico y en otras zonas agr6colas del mundo.

## Bibliograf6a

A&L (Western Laboratory). 2015. Sufficiency ranges for spinach (whole, mature leaves at pre-harvest stage). Modesto, California, USA. [www.al-labs-west.com/](http://www.al-labs-west.com/) Consulta 4 febrero 2015.



- Bates, T.E. 1971. Factors affecting critical nutrient concentrations in plant and their evaluation: a review. *Soil Sci.* 112:116-130.
- Biemond, H., J. Vos, y P.C. Struik. 1996. Effects of nitrogen on accumulation and partitioning of dry matter and nitrogen vegetables. 3. Spinash. *Netherland J. of Agricultural Science.* 44:227-239.
- Brandenberger, L., L.K. Wells, y M.M. Haigh. 2004. Yield and quality of spinach cultivars for spring production in Oklahoma. *Hortechonology.* 14(4):602-605.
- Bremner, J.M. 1965. Nitrogen availability indexes. In: C.A. Black (Ed). *Methods of soil analysis, part 2- Agronomy 9.* ASA. Madison, Wisconsin, USA.
- Campbell, C.R. 2013. Reference sufficiency ranges for plant analysis in the Southern region of the United States. *Southern Cooperative Series Bulletin No 394.* Raleigh, North Carolina, USA.
- Castellanos, J.Z., J.X. Uvalle-Bueno, y A. Aguilar-Santelises. 2002. Curso de interpretación de suelos, aguas agrícolas, plantas y ECP. Celaya, Guanajuato, México.
- Ciampitti, I.A., y F.O. García. 2007. Requerimientos nutricionales absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. *Archivo Agronómico No 12.* IPNI: 1-4. Disponible en: <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1083>.
- Davis, R.D. 2013. Comments on "Mineral concentration of broccoli florets in relation to year of cultivar release" by Mark W. Farnham, A.P. Keinath, and M. Grusak in *Crop Science* 2011 51:2721-2727. *Crop Sci.* 53:1827-1829.
- Etchevers, B.J.D., J. Rodríguez, y A.S. Galvis. 1991. Generación de recomendaciones de fertilización mediante un enfoque sistémico racional. *Terra* 9:3-10.
- Farnham, W.M., A.P. Keinath, y M. Grusak. 2013. Response to the letter to the editor of *Crop Science* from Donald R. Davis regarding our research article entitled "Mineral concentration of broccoli florets in relation to year of cultivar release" published in *Crop Science* (2011 51:2721-2727). *Crop Sci.* 53:1830-1831.
- Farnham, W.M., A.P. Keinath, y M. Grusak. 2011. Mineral concentration of broccoli florets in relation to year of cultivar release. *Crop Sci.* 51:2721-2727.
- García, F.O., y A.A. Correndo. 2015. Planilla de cálculo para estimar la absorción y extracción de nutrientes en cereales, oleaginosas, industriales y forrajeras. IPNI Programa Latinoamérica Cono Sur. <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1024>. Consulta 5 marzo, 2015.
- Greenwood, D.J., T.J. Cleaver, M.K. Turner, J. Hunt, K.B. Niendorf, y M.S. Loquens. 1980. Comparison of the effects of nitrogen fertilizer on the yield, content and quality of 21 different vegetable an agricultural crops. *J. Agric. Sci. Cambridge.* 95:471-485.
- Gutierrez-Rodriguez, E., H.J. Lieth, J.A. Jernstedt, J.M. Labavitch, T.V. Suslow, y M.I. Cantwell. 2012. Texture, composition and anatomy of spinach leaves in relation to nitrogen fertilization. *J. Sci. Food Agric.* <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-2458.pdf>
- Heckman, J.R. 2007. Sweet corn nutrient uptake and removal. *Hortechonology.* 17(1):82-86.
- Heckman, J.R., J.T. Sims, D.B. Beegle, F.J. Coale, S.J. Herbert, T.W. Bruulsema, y W.J. Bamka. 2003. Nutrient removal by corn grain harvest. *Agron J.* 95:587-591.
- Libert, B., y R.V. Franceschi. 1987. Oxalate in crop plants. *J. Agric. Food Chem.* 35:926-938.
- Núñez, E.R., y F.R. Gavi. 1991. El potasio en la agricultura mexicana. Simposio del uso racional de los fertilizantes en América Latina. pp. 335-357. *Memorias. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS), Fertimex y Adifal.* Querétaro, Querétaro, México.
- Obreza, A.T., y K.T. Morgan. 2011. Nutrition of Florida citrus trees. *Soil and Water Science Department.* University of Florida. Gainesville, Florida, USA. 96 p.
- OMRI (Organic Materials Review Insitute). 2013. Products list a directory of products for organic use: crop, livestock, processing & handling. Oregon, USA.
- Osmond, L.D., y J. Kang. 2008. Nutrients removal by crops in North Carolina. *SoilFacts.* North Carolina Cooperative Extension Service. North Carolina State University. 4 pp.
- Rodríguez, S.J. 1990. La fertilización de los cultivos: un método racional. *Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica, Santiago, Chile.*
- Rulfo, J. 1985. *El Llano en Llamas.* Cátedra. Madrid, España. 181 p.
- Sajirani, E.B., M.J. Shakouri, y S. Mafakheri. 2012. Response of spinach (*Spinacia oleracea* L.) yield and nutrient uptake to urea and manure. *Indian J. Sci. and Technology.* 5(1):1953-1955.
- Sheikhi, J., y A. Rhonagui. 2012. Growth and macro and micronutrients concentration in spinash (*Spinacia oleracea* L.) as influenced by salinity and nitrogen rates. *Int. Res. J. of Appl. and Basic Sciences.* 3(4):770-777.
- SIAP (Servicio de Información Agrícola y Pecuaria). 2015. <http://www.siap.org,consulta:1> de febrero, 2015
- Sillanpää, M. 1982. Micronutrients, and the nutrient status of soils. *Soil Bulletin No. 48.* FAO, Rome, Italy.
- Simko, I., R.J. Hayes, B. Mou, y J.D. McCreight. 2014. Lettuce and spinach. In: S. Smith, B. Diers, J. Specht, and B. Carver (Editors). *Yield gains in majors U.S. field crops.* ASA, CSSA, and SSSA. Madison, WI, USA. 53-85 p.
- Sosa, A. 2015. Actual status of spinach crop production on GAO, México. *Technical Report for Nutrilite-Amway Corporative.* Rancho El Petacal, Jalisco, México. 38 p.
- Sosa, A., A. Novela, J. Muro, A. Vega, G. Gordillo, y B. Augustin. 2013a. Benchmarking soil health on GAO, México. *Technical Report for Amway Corporative.* Rancho El Petacal, Jalisco, México. 23 p.
- Sosa, A., G. Ruíz, I. Bazante, A. Mendoza, J.D. Etchevers, J. Padilla, y J. Castellanos. 2013b. Absorción de nitrógeno, fosforo y potasio en zanahoria cultivada en el Bajío de México. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica.* 27-30. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/929B4ED2E397A70D05257C12005ECC52/\\$FILE/Art%205.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/929B4ED2E397A70D05257C12005ECC52/$FILE/Art%205.pdf)
- Sosa, A., J. Padilla, J. Ortiz, y J.D. Etchevers. 2012. Biomass accumulation and its relationship with the demand and concentration of nitrogen, phosphorus, and potassium in lettuce, *Comm. Soil Sci. Plant Analysis.* 43(1-2):121-133.