

## Propiedades químicas que determinan la disponibilidad de boro en suelos cultivados con caña de azúcar

Yakelin Cobo Vidal<sup>1</sup>, Elio Angarica Baró<sup>2</sup>, George Martín Gutiérrez<sup>3</sup>, Adrián Serrano Gutierrez<sup>4</sup>, Juan Alejandro Villazón<sup>5</sup> & Alegna Rodríguez Fajardo<sup>6</sup>

<sup>1</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9377-2397>, Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Guaro, Holguín, Cuba, <sup>2</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7129-8372>, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Oriente Sur, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Palma Soriano, Santiago de Cuba, Cuba, <sup>3</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4631-3013>, Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Guaro, Holguín, Cuba, <sup>4</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3020-9396>, Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Guaro, Holguín, Cuba, <sup>5</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2436-0591>, Universidad de Holguín, Sede José de la Luz y Caballero, Facultad de Ciencias Naturales y Agropecuarias, Holguín, Cuba, <sup>6</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3209-4307>, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Oriente Sur, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Palma Soriano, Santiago de Cuba, Cuba.

Citación: Cobo Vidal, Y., Angarica Baró, E., Martín Gutiérrez, G., Serrano Gutierrez, A., Alejandro Villazón, J., & Rodríguez Fajardo, A. (2019). Propiedades químicas que determinan la disponibilidad de boro en suelos cultivados con caña de azúcar. *Agrisost*, 25(2), 1-5. Recuperado a partir de <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/agrisost/article/view/e2771>

Recibido: 29 abril 2019

Aceptado: 28 mayo 2019

Publicado: 10 junio 2019

Financiamiento: No se declara.

Conflictos de interés: No se declaran conflictos de interés.

Correo electrónico: [yakelin.cobo@inicahl.azcuba.cu](mailto:yakelin.cobo@inicahl.azcuba.cu)

### Resumen

**Contexto:** Varios factores limitan el comportamiento y la dinámica del boro (B) en el suelo y en Cuba existen escasos resultados sobre el contenido de B asimilable en el suelo y su relación con otras propiedades químicas.

**Objetivo:** Determinar el contenido de B asimilable y las propiedades químicas que condicionan su disponibilidad en tres de los principales agrupamientos de suelos donde se cultiva la caña de azúcar.

**Métodos:** Las muestras fueron tomadas al azar en el horizonte superficial (0-20 cm) de tres de los principales agrupamientos de suelos donde se cultiva la caña de azúcar en el país. El B asimilable en el suelo se determinó mediante extracción con agua caliente. Para clasificar la concentración de boro asimilable en suelo se utilizó los rangos de categorías establecidos por Agrolab, (2005): bajo (<0.5 mg kg<sup>-1</sup>), medio (0.5 a 2.0 mg kg<sup>-1</sup>) y alto (>2.0 mg kg<sup>-1</sup>).

**Resultados:** La concentración de B asimilable difiere por agrupamientos de suelo con una alta dependencia de las propiedades químicas.

**Conclusiones:** El contenido de B tuvo una alta dependencia de las variables K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Mg<sup>+</sup> y Na<sup>+</sup>. La concentración promedio de B se encontró dentro del rango medio de disponibilidad en Vertisoles y bajo en los Pardos y Ferralíticos, con una alta variabilidad. Se recomienda continuar estudiando el contenido de B asimilable y el efecto de los factores limitantes, químicos, físicos y biológicos sobre su comportamiento en el suelo.

**Palabras clave:** boro asimilable, suelos, propiedades químicas.

## Chemical Properties that Determine Boron Availability in Sugar Cane Soils

### Abstract

**Context:** Several factors are limiting the behavior and dynamics of boron (B) in the soil, though in Cuba, few results on available B contents in the soil and its relation to other chemical properties have been published.

**Objective:** To determine the contents of available B and the chemical properties that condition its availability in three of the main soil types where sugar cane is cultivated.

**Methods:** The samples were taken at random from the surface (0-20 cm) of three of the main soil types where sugar cane is cultivated in Cuba. The available B in the soil was determined by extraction with hot water. Classification of available boron concentration relied on category ranges set up by Agrolab, (2005): low ( $<0.5$  mg kg<sup>-1</sup>), mid (0.5 a 2.0 mg kg<sup>-1</sup>), and high ( $>2.0$  mg kg<sup>-1</sup>).

**Results:** The concentration of assimilable B varied according to the soil type, with a high dependence on chemical properties.

**Conclusions:** The B content was highly dependent on variables K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Mg<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup>. The average B concentration was within mid-range values in vertisols and low in brown and ferralitic soils, with high variability. The contents of available B should be further studied, along with the limiting effects of chemical, physical, and biological factors on the soil.

**Key words:** available boron, soils, chemical properties.

## Introducción

El boro (B) es muy escaso en la corteza terrestre no se encuentra uniformemente distribuido. Es considerado el elemento más móvil entre los microelementos y la fracción soluble es relativamente bajo. El contenido total de boro en el suelo varía de 2 a 200 mg kg<sup>-1</sup>, sin embargo, sólo una pequeña fracción (3 a 5%) está disponible para los cultivos. El boro asimilable por lo general es menor a 5 mg kg<sup>-1</sup> (Arunkumar et al., 2018).

Numerosos autores han señalado la importancia del B en la caña de azúcar, su influencia en el rendimiento agrícola y en la producción de azúcar. Es un nutriente involucrado en el transporte de azúcares, síntesis de proteínas y estructuración de las paredes celulares, resultados que se evidencian en la calidad del producto final, tanto, en la eficiencia de la conversión de azúcares, como en la calidad del jugo (Kirkby & Römheld, 2007).

La deficiencia de B se relaciona directamente con las funciones que cumplen y se evidencia en campo con la baja calidad de los tallos (menor diámetro, menor lignificación), entrenudos cortos, poco ahijamiento y baja conversión en azúcares por amarillamientos prematuros de cogollos y hojas nuevas (Fageria Baligar & Clark, 2002). Entre todos los micronutrientes, el B se reporta como uno de los nutrientes más deficitarios en los suelos de la mayoría de países (Mellis, Quaggio & Junqueira, 2008; Sainz Rozas et al., 2013; Torri, Urricariet & Lavado, 2015; Khadka et al., 2018).

Varios factores limitan el comportamiento y dinámica de este elemento en el suelo, entre ellos, el bajo contenido nativo, la reacción ligeramente ácida a básica del suelo, alta saturación de cationes cambiabiles, demanda creciente por el cultivo y el desbalance nutricional inducido por el uso excesivo de fertilizantes (Carmona, Díaz & Mira, 2007).

En Cuba existen escasos resultados sobre el contenido de B en el suelo y su relación con otras propiedades. La presencia de deficiencias en determinados cultivos y sobre diferentes tipos de

suelos ha potenciado el análisis de la disponibilidad y el estudio de este elemento por su importancia en el balance nutritivo de las plantas. El objetivo del presente trabajo es determinar el contenido de B asimilable y las propiedades químicas que condicionan su disponibilidad en tres de los principales agrupamientos de suelos donde se cultiva la caña de azúcar.

## Materiales y Métodos

El estudio fue conducido por la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Holguín. Las muestras fueron tomadas al azar en sitios georeferenciados en el horizonte superficial de tres de los principales agrupamientos de suelos donde se cultiva la caña de azúcar: Ferralíticos, Pardos y Vertisoles del país (Hernández et al. (2015); a los cuales se les evaluaron 42, 42 y 45 muestras (0-20 cm).

Las muestras fueron procesadas según Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE). Se determinaron las variables: pH en H<sub>2</sub>O y pH en KCl (método potenciométrico relación suelo-solución 1:2,5), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O asimilables (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 N), materia orgánica del suelo (MOS) por el método de Walkley-Black, cationes cambiabiles (cmol kg<sup>-1</sup>), calcio, magnesio, sodio y potasio (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>) y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), extracción con acetato de amonio 1N, tamponado a pH 7, según las Normas del INICA (1990). El B asimilable en el suelo se determinó mediante extracción con agua caliente en la Unidad de Proyectos Laboratorio (UPL) del Centro de Investigaciones del Níquel (CEDINIQU)- Moa. Para clasificar la concentración de boro asimilable en suelo se utilizó los rangos de categorías establecidos por Agrolab, (2005): bajo ( $<0.5$  mg kg<sup>-1</sup>), medio (0.5 a 2.0 mg kg<sup>-1</sup>) y alto ( $>2.0$  mg kg<sup>-1</sup>).

Los datos fueron estandarizados usando el valor Z de Gaus considerando los datos dentro de la población con desviación estándar  $\pm 1.96$ . Se determinaron las medias y errores estándar según cada caso. Se realizaron análisis de varianza y se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey

p<0,05. El procesamiento estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico STATISTICA 8 de StatSoft.

## Resultados y discusión

En la Tabla 1 se describen los parámetros estadísticos de las propiedades químicas que caracterizan a los suelos Ferralíticos, Pardos y Vertisoles estudiados. Los suelos Ferralíticos mostraron un pH ligeramente ácido, la CIC promedio fue 18.22 cmol kg<sup>-1</sup>, la MOS tuvo un contenido medio y los valores de Ca intercambiable fueron bajos. Los suelos Pardos y Vertisoles presentaron pH cercano a la neutralidad, la CIC > 50 cmol kg<sup>-1</sup>, la MOS se encontró en la categoría de medio y la concentración de Ca<sup>2+</sup> fue alta en el complejo de cambio.

La concentración de Na<sup>+</sup> es normal en suelos Ferralíticos y Pardos, mientras que en los Vertisoles resulta 3.79 veces superior al K<sup>+</sup>. Los tenores del P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O asimilable presentan abastecimientos importantes con una gran variabilidad en los tres agrupamientos, los Ferralíticos categorizan de medio a alto y los Pardos y Vertisoles de alto a muy alto según los índices establecidos por el SERFE.

**Tabla 1. Estadística descriptiva de las propiedades químicas de Ferralíticos, Pardos y Vertisoles plantados con caña de azúcar**

Variable	U/M	Ferralíticos			Pardos Sialíticos			Vertisol		
		n	X±Sx	CV	n	X±Sx	CV	n	X±Sx	CV
pH(H <sub>2</sub> O)	-log <sub>10</sub> (H <sup>+</sup> )	44	6.57±0.06	11.48	41	7.25±0.09	10.78	40	7.49±0.06	12.52
pH(KCl)		45	5.57±0.07	10.41	42	6.19±0.10	11.98	42	6.20±0.09	8.57
MOS	%	44	3.26±0.08	22.5	41	3.12±0.05	18.76	39	2.86±0.04	17.14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg 100g <sup>-1</sup>	42	4.76±3.26	98.32	40	7.75±6.35	101.1	41	12.20±10.36	67.15
K <sub>2</sub> O		42	17.25±5.27	53.76	42	19.81±10.87	42.62	41	26.05±17.33	40.68
Ca <sup>2+</sup>		44	13.36±2.15	28.45	41	39.87±24.18	42.69	41	40.89±28.53	33.26
Mg <sup>2+</sup>		39	3.78±0.17	28.44	40	7.17±2.53	57.6	42	14.79±8.88	51.29
Na <sup>+</sup>	cmol kg <sup>-1</sup>	34	0.34±0.02	22.54	41	0.70±0.03	67.78	41	3.00±2.41	109.41
K <sup>+</sup>		43	0.43±0.04	45.37	32	0.83±0.01	32.21	42	0.79±0.04	64.92
CIC		43	18.22±2.34	21.76	42	50.39±31.44	36.45	40	60.96±43.56	27.56
BORO	mg kg <sup>-1</sup>	38	0.49±0.02	78.43	40	0.41±0.01	65.28	42	0.88±0.08	82.63

n: número de casos; X: valor medio; Sx: error estándar; CV coeficiente de variación.

El contenido medio de B asimilable (Tabla 2) presenta la secuencia de concentración siguiente: Vertisoles > Ferralíticos > Pardos, respectivamente. Estas concentraciones caracterizan a los Vertisoles como medianamente abastecidos y difieren significativamente de los Ferralíticos y Pardos que se encuentran cercano al límite crítico de disponibilidad según Agrolab (2005) y no presentan diferencias estadísticas. Resultados de baja disponibilidad de B fueron observados por Sainz Rozas et al. (2013) y Khadka et al. (2016). Khadka et al. (2018) reportaron bajos contenidos de B asimilable con valores medio de 0.21 mg kg<sup>-1</sup>.

**Tabla 2. Concentración de B asimilable en suelos Ferralíticos, Pardos y Vertisoles plantados con caña de azúcar**

Agrupamiento	Boro (mg kg <sup>-1</sup> )
Ferralíticos	0.48 <sup>b</sup>
Pardos Sialíticos	0.41 <sup>b</sup>
Vertisoles	0.88 <sup>a</sup>
ESx	0.27

**Nota:** valores con sub índices con letras diferentes indican diferencias significativas para p< 0,05

Sin embargo, en las condiciones de los suelos estudiados el B no resulta un nutrimento limitante, al menos para los Vertisoles. Khadka et al. (2015), obtuvieron valores de B asimilable dentro del rango medio de disponibilidad en suelos con pH entre 7.11 y 8.3. Los bajos tenores de B en suelos Pardos, a pesar de presentar propiedades similares a los Vertisoles, se asocian a mejores condiciones de drenaje que contribuye a que sea fácilmente lavable en la superficie del suelo. Según Torri et al. (2015) a pH alrededor de 7, la forma predominante en la solución del suelo es H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> y esta se lixivia con facilidad.

El contenido de B en el suelo fue muy variable (Tabla 1). El CV en los tres agrupamientos, osciló entre 78.43% y 82.63 %, con el valor más alto en los Ferralíticos y Vertisoles. Este comportamiento está fuertemente influenciado por el tipo de material parental, los restos de la meteorización, las propiedades físicas, químicas del suelo y los factores medio-ambientales que han actuado en su génesis. Concentraciones de B con alta variabilidad han sido encontrados por Khadka, et al. (2017a), Khadka, et al. (2017b) y Khadka et al. (2018) con CV de 123,27%, 87% y 120,40%, respectivamente. Otros autores como Hernández & Francisco, (2017) reportan CV de 53%, fundamentalmente en suelos con pH entre neutros y alcalinos.

Las propiedades del suelo muestran una alta influencia sobre la concentración de B (Tabla 3). El pH se encuentra estrechamente relacionado con la disponibilidad de los micronutrientes y sus concentraciones disminuyen con el aumento de pH, en cambio, la concentración de molibdeno, se incrementa a pH neutros o alcalinos. La disponibilidad de B no se ve mayormente afectada por el pH del suelo, ya que todas sus formas son solubles. Sin embargo, su concentración en la solución del suelo es ligeramente mayor a pH ácidos o neutros (Torri et al., 2015). En general, la correlación del B con el pH fue muy débil y los agrupamientos no manifestaron cambios significativos con la reacción del suelo.

**Tabla 3. Relación de la concentración de B asimilable con las propiedades de suelo**

Variables	Todos Ferralíticos Pardos Vertisoles			
	Coeficientes de correlación			
B & pH (KCl)	0.22*	- 0.03	0.11	- 0.09
B & pH (H <sub>2</sub> O)	0.26*	- 0.46*	0.22	- 0.02

B & P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.35**	- 0.01	0.06	0.29
B & K <sub>2</sub> O	0.52**	0.53*	0.41*	0.50**
B & MOS	- 0.23*	- 0.04	0.08	- 0.35
B & Ca <sup>2+</sup>	0.24*	0.01	0.19	- 0.06
B & Mg <sup>2+</sup>	0.37**	- 0.01	0.14	0.01
B & Na <sup>+</sup>	0.53**	0.29	0.49**	0.37*
B & K <sup>+</sup>	- 0.08	0.14	0.39*	- 0.48**
B & CIC	0.36**	0.10	0.27	0.05

\*\*altamente significativo p<0.01, \*significativo p<0.05

En los suelos Pardos y Vertisoles el B presenta una correlación altamente significativa positiva con los iones monovalentes. La interacción sinérgica o antagónica del B con la mayoría de los nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) puede influir en la regulación del B en el suelo y la disponibilidad para las plantas (Arunkumar et al., 2018). Sainz Rozas et al. (2013) obtuvieron correlaciones significativas con el pH, la CIC y la MOS en suelos argentinos.

El K<sub>2</sub>O correlacionó positivamente con el B en los tres agrupamientos. El contenido de B en Vertisoles se encuentra en un pudiera estar vinculado a las altas concentraciones de K<sub>2</sub>O que presentan estos suelos, en comparación con los valores encontrados en Ferralíticos y Pardos. Yamada, (2004) plantea que la absorción del potasio aumenta con la presencia de boro y en muchos casos la deficiencia de potasio pueden ser consecuencia de deficiencias de boro. La positiva y significativa correlación del B con el Na<sup>+</sup> en suelos Pardos y Vertisoles, está relacionada con una topografía llana, generalmente baja, ligada a procesos de hidromorfía y riesgos de salinización por la cercanía del manto freático. Gupta et al. (1985) consideran que el B, al igual que el Na, es soluble y se acumula allí donde se depositan las sales, lo que explica que los suelos salinos y sódicos presentan, con frecuencia, altas concentraciones de B. La asociación antagónica del B con el K intercambiable encontrada en los Vertisoles, puede deberse a un exceso de K en el complejo absorbente que provoca un desequilibrio en la absorción de B.

## Conclusiones

The B contents was highly dependent on variables K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Mg<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup>. The average B concentration was within mid range values in vertisols and low in brown and ferralitic soils, with high variability. The contents of assimilable B should be further studied, along with the effect of limiting chemical, physical, and biological factors on the soil.

## Contribución de los autores

Yakelin Cobo Vidal: planeación de la investigación, montaje en la plantilla, análisis e interpretación de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Elio Angarica Baró: planeación de la investigación, análisis estadístico de resultados, redacción del artículo, revisión final.

George Martín Gutiérrez: Análisis e interpretación de resultados, redacción del artículo y revisión final.

Adrián Serrano Gutierrez: Toma de muestras y análisis de resultados, redacción del artículo y revisión final.

Juan Alejandro Villazón Gómez: Toma de muestras y análisis de resultados, redacción del artículo y revisión final.

Alegna Rodríguez Fajardo: análisis de resultados, georreferenciación y ubicación de los sitios de muestreo, redacción del artículo, revisión final.

## Conflictos de interés

No existe conflicto de intereses declarado por los autores.

## Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de la Unidad de Proyectos Laboratorio (UPL) del Centro de Investigaciones del Níquel (CEDINIQ)- Moa por la realización de los análisis de suelo.

## Referencias

- Agrolab. (2005). *Guía de referencia para interpretación de análisis de suelo*. México: Agrolab. Análisis Técnico, S.A. de C.V., Laboratorios Acreditados ISO 17025:2005. Recuperado el 7 de agosto de 2017, de: [http://www.agrolab.com.mx/sitev002/sitev001/assets/interpretacion\\_fertsuel.pdf](http://www.agrolab.com.mx/sitev002/sitev001/assets/interpretacion_fertsuel.pdf)
- Arunkumar, B. R., Thippeshappa, G. N., Anjali, M. C., & Prashanth, K. M. (2018). Boron: A critical micronutrient for crop growth and productivity. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 2738-2741. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de: <http://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue2/PartAM/7-1-371-833.pdf>
- Carmona, M, A., Díaz, M. M., & Mira, C. J. (2007). *Compatibilidad de fungicidas en mezcla con micronutrientes quelatados en la zona de Urabá para el control de la Zigatoka negra el cultivo del banano*. Colombia: Asociación de Bananeros de Colombia Augura. Centro de Investigaciones del banano Cenibanano, Cosmoagro.
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Clark, R.B. (2002). Micronutrients in Crop Production. *Advances in Agronomy*, 77, 185-268. Recuperado el 27 de septiembre de 2014, de: [https://www.researchgate.net/publication/221995345\\_Micronutrients\\_in\\_Crop\\_Production](https://www.researchgate.net/publication/221995345_Micronutrients_in_Crop_Production)
- Gupta, U. C., Jame, Y. W., Campbell, C. A., Leyshon, A. J., & Nicholaichuk, W. (1985). Boron toxicity and deficiency: a review. *Can. J. Soil Sci.*, 65 (3), 381-409.

- Recuperado el 6 de junio de 2017, de: <https://www.ncresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/cjss85-044>
- Hernández González, M. M., & Francisco Betancourt, D. A. (2017). Estimación de la fertilidad en suelos volcánicos (Tenerife, España) para el cultivo de trigo por medio de teledetección y SIG. *SJSS. Spanish Journal of Soil Science*, 7(3), 201-221. Recuperado el 10 de enero de 2019, de: <https://sjss.universia.net/article/viewFile/2789/2398>
- Hernández Jiménez, A., Pérez Jiménez, J. M., Bosch, Infante, D., & Castro Speck, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Recuperado el 16 de febrero de 2019, de: [http://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/clasificacionsueloscuba\\_%202015.pdf](http://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/clasificacionsueloscuba_%202015.pdf)
- Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. (1990). *Normas Metodológicas del Departamento de Suelos y Agroquímicas*. (Tomo I y II). La Habana: Departamento de Suelos y Agroquímicas.
- Khadka, D., Lamichhane, S., Thapa, B., Rawal N., Chalise, D. R., Vista, S. P., & Lakhe, L. (24-25 March, 2015). Assessment of Soil Fertility Status and Preparation of Their Maps of National Wheat Research Program, Bhairahawa, Nepal. En KB Karki, et al. (editors), *Proceedings of the Second National Soil Fertility Research Workshop*. (pp. 330-340). Lalitpur, Nepal: Soil Science Division, Khumaltar. Recuperado el 29 de mayo de 2017, de: [https://www.researchgate.net/publication/328758860\\_Assessment\\_of\\_soil\\_fertility\\_status\\_and\\_preparation\\_of\\_their\\_maps\\_of\\_National\\_Wheat\\_Research\\_Program\\_NWRP\\_Bhairahawa\\_Nepal](https://www.researchgate.net/publication/328758860_Assessment_of_soil_fertility_status_and_preparation_of_their_maps_of_National_Wheat_Research_Program_NWRP_Bhairahawa_Nepal)
- Khadka, D., Lamichhane, S., Thapa, B., Baral, B. R., & Adhikari P. (2016). An Assessment of Soil Fertility Status of National Maize Research Program, Rampur, Chitwan, Nepal. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 2(5), 1798-1807. Recuperado el 29 de abril de 2019, de: <https://www.onlinejournal.in/IJIRV2I5/324.pdf>.
- Khadka, D., Lamichhane, S., Tiwari D. N., & Mishra K. (2017a). Assessment of soil fertility status of National Rice Research Program, Hardinath, Dhanusha, Nepal. *International Journal of Agricultural and Environmental Research*, 3(1), 86-105. Recuperado el 30 de abril de 2019, de: <https://www.ijaer.com/papers/IJAER-09-2017-V3i1.pdf>
- Khadka, D., Lamichhane, S., Shrestha, S. R., & Pant, B. B. (2017b). Evaluation of soil fertility status of Regional Agricultural Research Station, Tarahara, Sunsari, Nepal. *Eurasian Journal of Soil Science*, 6 (4) 295-306. Recuperado el 20 de abril de 2019, de: <http://ejss.fesss.org/10.18393/ejss.303512/pdf>
- Khadka, D., Lamichhane, S., Bhandana, P., Ansari, A. R., Joshi, S., & Baruwal P. (2018). Soil fertility assessment and mapping of Chungbang farm, Pakhribas, Dhankuta, Nepal. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 8(3), 219 – 227. Recuperado el 30 de abril de 2019, de: <https://medcraveonline.com/APAR/APAR-08-00317.pdf>
- Kirkby, E., & Römheld, V. (2007). Micronutrientes en la Fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. [Versión en español] Proceedings 543. York, UK.: The International Fertilizer Society. Recuperado el 16 de febrero de 2019, de: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/MicronutrientesenlaFisiologia.pdf>
- Mellis, E. V., Quaggio, J. A., & Junqueira, L. A. (2008). *Zinc Fact Sheet: Sugarcane*. Recuperado el 29 de agosto de 2014, de: [http://www.zinc.org/wp-content/uploads/sites/4/2015/04/pdf\\_Sugarcane-fact-sheet.pdf](http://www.zinc.org/wp-content/uploads/sites/4/2015/04/pdf_Sugarcane-fact-sheet.pdf)
- Sainz Rozas, H. R., Eyherabide, M., Echeverría, H. E., Barbier, P., Angelini, H., Larrea, G. E.,...Barraco, M. (22 a 23 de mayo, 2013) ¿Cuál es el estado de la fertilidad de los suelos argentinos? Conferencias. En *Simposio Fertilidad 2013*. (pp. 62-72). Rosario, Argentina: IPNI-FERTILIZAR. Recuperado el 16 de febrero de 2019, de: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_estado\\_fertilidad\\_suelos\\_argentinos.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_estado_fertilidad_suelos_argentinos.pdf)
- Torri, S. I, Urricariet, A. S., & Lavado, R. S. (2015). Micronutrientes y Elementos Traza. En F. García F & H. Echeverría (eds.), *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. (2da ed., pp. 189-203, 525). Argentina: EEA Balcarce. Recuperado el 10 de mayo de 2017, de: [https://www.researchgate.net/publication/283492275\\_Micronutrientes\\_y\\_Elementos\\_Traza](https://www.researchgate.net/publication/283492275_Micronutrientes_y_Elementos_Traza).
- Yamada, T. (2000). BORO: ¿Se están aplicando las dosis suficientes para el adecuado desarrollo de las plantas? *POTAFOS: Informaciones Agronómicas*, (41), 8-13. Recuperado el 10 de enero de 2018, de: [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/2FF1BD79ED23FCBF852579A300799E60/\\$FILE/Boro.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/2FF1BD79ED23FCBF852579A300799E60/$FILE/Boro.pdf)