



ARTÍCULO ORIGINAL

CUBA & CAÑA



URL: <http://www.cuba-cane.inica.azcuba.cu> E-mail: journal.cuba.cane@gmail.com

CU-ID: 2258/v24n2e02

ESTADO NUTRICIONAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR MEDIANTE EL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIÓN INTEGRADO

NUTRITIONAL STATE OF SUGARCANE THROUGH THE DIAGNOSTIC AND RECOMMENDATION INTEGRATED SYSTEM

GRETHEL L. SIEIRO-MIRANDA *, PABLO PABLOS, LEDISLIANA VÁZQUEZ, JOSÉ A. DE LA FÉ, RAFAEL VILLEGAS

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Boyeros, La Habana, Cuba.

*Autora para correspondencia: Grethel L. Sieiro-Miranda, e-mail: grethel.sieiro@inica.azcuba.cu

Palabras clave: RESUMEN

cepas
Cuba
fertilización
monocultivo
NPK

El objetivo de esta investigación fue valorar los cambios en el estado nutricional de la caña de azúcar por la aplicación de fertilizantes minerales mediante un Sistema de Diagnóstico y Recomendación Integrada (DRIS). Se utilizó un diseño de bloque al azar, con cuatro réplicas y 15 tratamientos. Las mediciones fueron realizadas según las normas metodológicas del Departamento de Suelos y Agroquímica del INICA. Para el desarrollo de la investigación se tomaron las concentraciones foliares de nitrógeno, fósforo y potasio de 240 muestras pertenecientes al primer ciclo de cultivo con sus respectivos rendimientos del cultivar C120-78 durante el periodo 2003 - 2006, bajo las condiciones edáficas de un suelo Vertic Eutric Cambisols. La producción de tallos de cada parcela, se determinó por pesaje directo, con el uso de un dinamómetro acoplado a una alzadora, estimándose así la variable rendimiento ($t\ ha^{-1}$ de tallos). Se calcularon las normas DRIS de referencia y se determinaron sus funciones e índices. El índice de balance nutricional se obtuvo por la suma de los índices DRIS. La respuesta potencial a la aplicación de nutrientes fue estimada y la relación entre dos variables se demostró mediante correlación.

Keywords: ABSTRACT

Ratoons
Cuba
Fertilization
Monoculture
NPK

The objective of this research was to assess the changes in the nutritional status of sugarcane by the application of mineral fertilizers through a Diagnostic and Recommendation Integrated System (DRIS). A randomized block design, with four replications and 15 treatments was used. The measurements were carried out according to the methodological standards of the Department of Soils and Agrochemicals of INICA. For the development of the research, the foliar concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium were taken from 240 samples belonging to the first crop cycle with their respective yields of the cultivar C120-78 during the period 2003 - 2006, under the edaphic conditions of a Vertic Eutric Cambisols soil. The production of stems of each plot was determined by direct weighing, with the use of a dynamometer coupled to a collar, thus estimating the yield variable ($t\ ha^{-1}$ of stems). Reference DRIS norms were calculated and their functions and indices were determined. The nutritional balance index was obtained by adding the DRIS indices. The potential response to the application of nutrients was estimated and the relationship between two variables was demonstrated using scatterplots.

INTRODUCCIÓN

La nutrición vegetal incluye el estudio del crecimiento de las plantas y su desarrollo, así como el suministro externo de nutrientes necesarios bajo ciertas condiciones de crecimiento. Esta ciencia estudia la bioquímica y el metabolismo de los diferentes elementos o

nutrientes en las plantas y los factores que controlan estos procesos (El-Ramady *et al.*, 2020). Según Oltra (2016), el conocimiento de las exigencias minerales de los cultivos es fundamental para establecer los valores o normas de referencia requeridos para interpretar las concentraciones y las proporciones adecuadas de los elementos esenciales en cada cultivo.

Recibido: 17 de febrero de 2021

Aceptado: 13 de noviembre de 2021

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License CCBY-NC (4.0) internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Una planta normal se considera aquella que presenta en sus tejidos todos los elementos nutritivos en cantidades y proporciones adecuadas y, por tanto, permite obtener altos rendimientos, además de mostrar una apariencia visual sana. El diagnóstico foliar tiene como finalidad comprobar si el nivel de fertilidad del suelo es suficiente para cubrir las necesidades del cultivo; además si es necesario puede resultar de utilidad para la aplicación de enmiendas y/o fertilizantes (Sánchez *et al.*, 2018).

La mayor ventaja de esta técnica es que al tomar a la propia planta como solución extractora, permite una evaluación directa de su estado nutricional e indirecto de la fertilidad del suelo (Arévalo, 2015; Jennewein *et al.*, 2020). Aunque en los distintos suelos se observan diferentes contenidos de NPK, en las hojas de las plantas que crecen en ellos, la relación de los valores foliares con la respuesta a los fertilizantes es prácticamente la misma por lo que el diagnóstico foliar puede ser usado sin tener en cuenta el suelo donde está ubicado el cultivo (Menéndez, 1991).

El Sistema de Diagnóstico y Recomendación Integrado (DRIS, por sus siglas en inglés) consiste en un conjunto integrado de normas, desarrolladas para evaluar el estado nutricional de un cultivo a partir de relaciones duales donde intervienen las concentraciones foliares de los nutrientes considerados en conjunto (Anago *et al.*, 2020). El alto nivel productivo y la prolongada extracción de nutrientes de la caña de azúcar implican la posibilidad de que se produzca insuficiencia y agotamiento ocasionados por los altos requerimientos nutricionales. Por lo que, la relación entre la concentración de un nutriente y el rendimiento constituye la base de muchos esquemas para evaluar el estado nutricional del cultivo.

El objetivo de la investigación fue valorar los cambios en el estado nutricional de la caña de azúcar por la aplicación de fertilizantes minerales mediante el Sistema de Diagnóstico y Recomendación Integrada (DRIS).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la investigación se tomaron las concentraciones foliares de nitrógeno, fósforo y potasio del cultivar C120-78 durante el período 2003-2006. El experimento codificado como UmIn-6 se localizó en las coordenadas 20°22'06.97'' N y -76°01'89.31'' W, bajo las condiciones edáficas de un suelo Vertic Eutric Cambisols (Más *et al.*, 2018). Se utilizó un diseño de bloque al azar, con cuatro réplicas y 15 tratamientos, conformado por cinco niveles de nitrógeno (0, 50, 100, 150 y 200 kg de N·ha⁻¹ con fondo fijo de 25 kg de P₂O₅·ha⁻¹ y 50 kg de K₂O·ha⁻¹), cuatro de fósforo (0, 50, 75 y 100 kg de P₂O₅·ha⁻¹ con fondo fijo de 50 kg de N·ha⁻¹ y K₂O·ha⁻¹), cinco de potasio (0, 100, 150, 200, 300 kg de K₂O·ha⁻¹ con fondo fijo de 50 kg de N·ha⁻¹ y P₂O₅·ha⁻¹), uno de estos se trató como efecto residual

para cada ciclo (300 kg de K₂O·ha⁻¹) y un testigo absoluto (0-0-0).

La aplicación de los fertilizantes se efectuó antes de los 20 días posteriores a la cosecha, en un zanjillo previamente abierto con un implemento adecuado y regulado para tal fin, de 15-20 cm de profundidad, a una distancia de 35-40 cm del centro de la cepa, a un solo lado del surco, de forma alterna en cada cosecha (años nones a la izquierda y pares a la derecha). Inmediatamente después de aplicado el fertilizante se tapó con una cultivadora de discos múltiples o tape manual con azadón. Se utilizaron como fuentes portadoras de los nutrientes: urea (46% de N) para nitrógeno, superfosfato triple (46% P₂O₅) y cloruro de potasio (60% K₂O).

Las cosechas se realizaron mediante corte manual en caña verde. La producción de tallos de cada parcela, se determinó por pesaje directo, con el uso de un dinamómetro acoplado a una alzadora, estimándose así la variable rendimiento (t·ha⁻¹ de tallos).

Las mediciones fueron realizadas según las normas metodológicas del Departamento de Suelos y Agroquímica del INICA (INICA, 1990b). Las muestras foliares se tomaron en los dos surcos centrales de cada parcela. Los muestreos se efectuaron a los cuatro meses de edad a partir del tercer retoño solo en el primer ciclo de cosecha debido a condiciones logísticas del experimento. Cada muestra estuvo compuesta por 20 hojas + 1 según Kuijper recolectadas al azar. Se seleccionaron los 30 cm centrales de cada hoja sin nervadura, los que fueron secado a 105 °C hasta peso constante. Posteriormente molidas y tamizadas a malla 1 mm. A las muestras foliares se les determinó el porcentaje de nitrógeno, fósforo y potasio por el método de Kjeldahl según el Manual de Procedimientos Metodológicos de los Laboratorios de Análisis de Suelo y Tejido Vegetal del INICA (INICA, 1990a).

Para el cálculo de las normas DRIS de referencia se utilizó la población de altos rendimientos dentro de las parcelas del experimento, la cual se definió como aquella cuyos rendimientos fueron mayores a 99,54 t·ha⁻¹, valor límite calculado como $X+0,5\sigma$ según metodología propuesta por Santiago (2015) donde X es la media de los rendimientos obtenidos en la investigación y σ , la desviación estándar. Esta metodología se aplicó a 240 muestras foliares de los retoños 3 al 6 pertenecientes al primer ciclo de cultivo con sus respectivos rendimientos.

Metodología DRIS para el diagnóstico nutricional

La determinación de las funciones DRIS se realizó mediante las ecuaciones propuestas por Beauflis (1973), citado por Oltra (2016). El sistema de ecuaciones planteado es el siguiente:

Para $A/B < a/b$

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[1 - \frac{a/b}{A/B}\right] * \frac{100 * K}{CV} \quad (1)$$

Tabla 1. Categorías de respuesta potencial a la aplicación de nutrientes

Nutricional	Criterio	RPAN*
Deficiencia	$IDRISA < 0, IDRISA > IBN_a$ y I_A es el índice de menor valor	Positiva, alta probabilidad
Propenso a la deficiencia	$IDRISA < 0$ y $ IDRISA > IBN_a$	Positiva, baja probabilidad
Suficiente	$ IDRISA = IBN_a$	Nulo
Propenso al exceso	$IDRISA > 0$ y $ IDRISA > IBN_a$	Negativo, baja probabilidad
Exceso	$IDRISA > 0, IDRISA > IBN_a$ y I_A es el índice de mayor valor	Negativo, alta probabilidad

*Respuesta potencial a la aplicación de nutrientes

Para $A/B = a/b$

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = 0 \quad (2)$$

Para $A/B > a/b$

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[\frac{A/B}{a/b} - 1\right] * \frac{100 * K}{CV} \quad (3)$$

donde:

A/B-proporción obtenida en la investigación entre los contenidos de nutrientes A y B;

a/b-normas DRIS de referencia;

$f(A/B)$ -función DRIS calculada;

K-es una constante (10) que aproxima los valores de los índices a valores enteros;

CV-coeficiente de variación de las muestras.

Luego de definir las funciones DRIS, se calculó el índice DRIS para cada nutriente (4). Este índice puede tomar valores negativos o positivos, y representa la media aritmética de las funciones en las que está implicado el nutriente. Según [Beaufils \(1973\)](#), resultados negativos indican deficiencia del elemento y resultados positivos, exceso.

$$\acute{m}diceDRISA = \frac{\sum f\left(\frac{A}{B}\right) - \sum f\left(\frac{B}{A}\right)}{n} \quad (4)$$

donde n es el número de funciones DRIS en que un nutriente está involucrado.

El índice de balance nutricional (IBN) (5) se obtuvo por la suma de los índices DRIS de los nutrientes. Altos valores IBN indican mayor desequilibrio nutricional en las plantas y en consecuencia baja productividad.

$$IBN = \sum |IDRISn| \quad (5)$$

$$IBN_a = \frac{IBN}{n} \quad (6)$$

donde:

IBN- Índice de Balance Nutricional;

I DRIS n- Índice DRIS para cada nutriente;

IBN_a - Índice de Balance Nutricional medio;

n- número de índices DRIS implicados en el análisis.

Respuesta potencial a la aplicación de nutrientes

La respuesta potencial a la aplicación de nutrientes (RPAN) se estimó según la metodología planteada por [Oltra \(2016\)](#). La misma se describe en la [Tabla 1](#).

La relación entre dos variables se demostró mediante gráficos de dispersión. El procesamiento estadístico se realizó con los softwares STATGRAPHIC v.15 y Microsoft Excel 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cálculo de normas DRIS

De las muestras analizadas, un 35% correspondieron a parcelas con rendimientos iguales o superiores a 99,54 t·ha⁻¹, por lo que las normas de referencia se calcularon para aquellas con registros mayores al umbral establecido. La conveniencia de desarrollar normas DRIS para cada condición productiva ha sido señalada por varios autores y se debe a su dependencia de las condiciones edafoclimáticas particulares y cultivares específicos, por lo tanto, no pueden ser aplicables directamente en diferentes regiones ([Arévalo, 2015](#); [Da Silva et al., 2018](#)).

En la [Tabla 2](#) se presentan las normas DRIS de referencia obtenidas para las condiciones del experimento UmIn-6 con su coeficiente de variación y desviación estándar correspondientes. Las diferencias halladas al comparar con respecto a otras normas elaboradas para diferentes regiones en Cuba [Menéndez \(1991\)](#) y otros países [Da Silva et al. \(2018\)](#); [Jennewein et al. \(2020\)](#); [Silva \(2018\)](#) en el cultivo de la caña de azúcar, se atribuyen a la dependencia del método con respecto a las condiciones de suelo y clima del lugar para el que se desarrollan.

En el estudio se calcularon seis normas que involucran a los macronutrientes primarios NPK, tres más que las expuestas por [Menéndez \(1991\)](#). [Beaufils \(1973\)](#) informa una mayor cantidad de formas de expresión de las normas DRIS, con 27, donde se incluyen macronutrientes secunda-

Tabla 2. Normas DRIS de referencia obtenidas para las condiciones del experimento UmIn-6

Proporción de nutrientes (A/B)	Media	C.V ¹	σ ²
N/P	6,87	8,80	0,60
N/K	0,97	4,11	0,04
K/P	7,10	5,61	0,40
P/N	0,15	8,84	0,01
K/N	1,04	4,19	0,04
P/K	0,14	5,60	0,01

¹Coefficiente de variación ²Desviación estándar.

rios y microelementos. Las proporciones entre elementos muestran bajos coeficientes de variación (C.V) lo que afirma el balance entre los nutrientes en la población de altos rendimientos e implica la importancia de estas relaciones para la producción del cultivo.

Índices DRIS

El índice DRIS de cada nutriente es el valor promedio de todas las comparaciones de los nutrientes y de sus interacciones contra los valores normales o normas de los mismos. Son una medida de la desviación con respecto a los valores de una población de alto rendimiento tomada como muestra para el cálculo de las normas del método (Anago *et al.*, 2020; Da Silva *et al.*, 2018).

Al valorar las relaciones entre los índices DRIS calculados y las concentraciones foliares de NPK se pueden observar contenidos inferiores en la hoja para los tres elementos en el sexto retoño; lo que se puede atribuir al aumento del número de cortes, el envejecimiento de la cepa y el empeoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Figura 1, 2 y 3). Menéndez (1991) plantea que al aumentar la edad del cultivo se produce una disminución en la actividad metabólica por lo que la absorción de la hoja se reduce en la misma medida.

Con la edad de la cepa se hacen más evidentes los desbalances nutricionales acentuados por la desproporción entre los contenidos de los elementos en la hoja, lo que se manifiesta en mayor medida en los valores de los índices DRIS Nitrógeno (Figura 1) y Fósforo (Figura 2), debido a que presentan registros más alejados del cero (equilibrio entre nutrientes). Para el caso del índice DRIS Potasio (Figura 3) muestra un balance más adecuado para las tres primeras cepas analizadas (retoños 3 al 5) y se ejemplifica la reducción en el metabolismo de la planta causada por el envejecimiento de la cepa.

La correlación significativa entre estas variables permite identificar la distribución del estado nutricional de un cultivo, lo que sugiere que tomar a la planta como solución extractora es un método efectivo para la valoración de su estado nutricional e inferir las condiciones del elemento en el suelo similar a lo planteado por Da Silva *et al.* (2018).

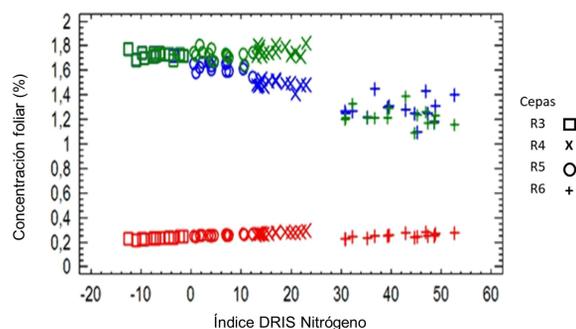


Figura 1. Relación entre las concentraciones foliares de nitrógeno, fósforo y potasio con el índice DRIS Nitrógeno. Azul: nitrógeno; Rojo: fósforo; Verde: potasio.

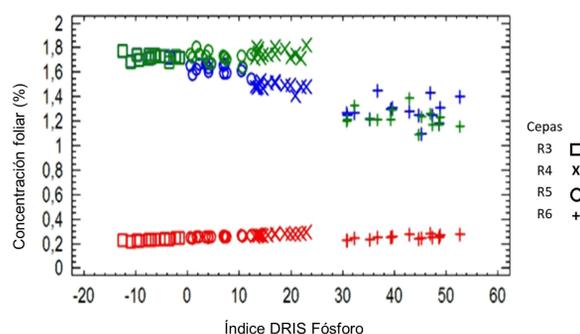


Figura 2. Relación entre las concentraciones foliares de nitrógeno, fósforo y potasio con el índice DRIS Fósforo. Azul: nitrógeno; Rojo: fósforo; Verde: potasio.

Los índices DRIS lejanos de cero significan un desbalance nutricional, ya sea por déficit o exceso del nutriente (Arévalo, 2015; Jennewein *et al.*, 2020; Leite *et al.*, 2016). A los altos rendimientos le corresponden índices cercanos a cero, lo que indica un balance óptimo entre los nutrientes en la planta (Figura 4, 5 y 6). Resultados similares fueron informados en campos comerciales de caña de azúcar en EE. UU Jennewein *et al.* (2020) y Brasil Leite *et al.* (2016); Silva (2018). La utilidad del método para el diagnóstico de los requerimientos de fertilización del cultivo y la iden-

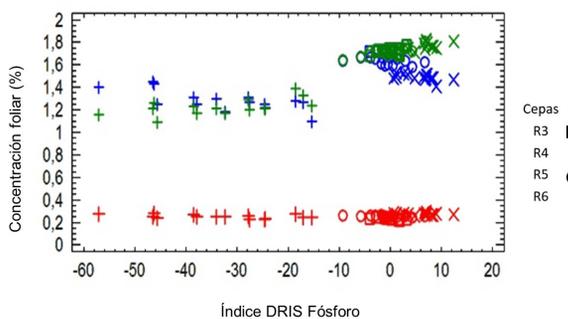


Figura 3. Relación entre las concentraciones foliares de nitrógeno, fósforo y potasio con el índice DRIS Potasio. Azul: nitrógeno; Rojo: fósforo; Verde: potasio.

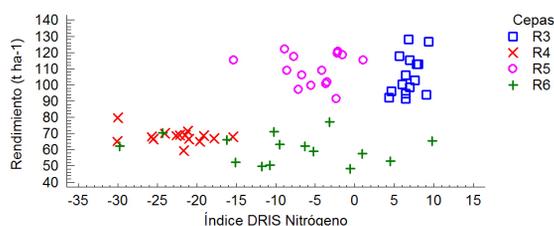


Figura 4. Relación entre el índice DRIS Nitrógeno con el rendimiento.

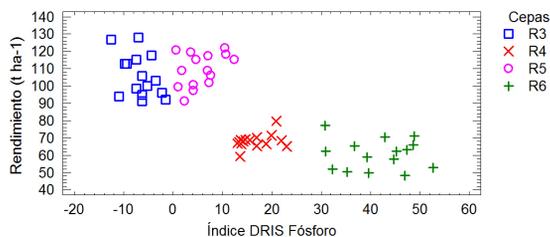


Figura 5. Relación entre el índice DRIS Fósforo con el rendimiento.

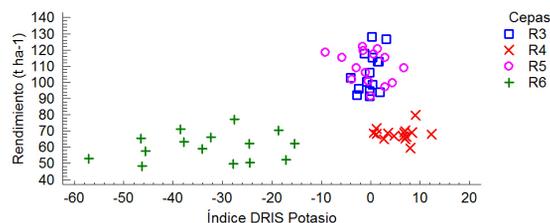


Figura 6. Relación entre el índice DRIS Potasio con el rendimiento.

tificación de excesos en la fertilización fueron señaladas por Anago *et al.* (2020), para el arroz y en caña de azúcar (Jennewein *et al.* (2020); Leite *et al.* (2016); Silva (2018).

Índice de balance nutricional (IBN)

El IBN es la sumatoria de los índices DRIS en valores absolutos de cada uno de los nutrientes estudiados (Arévalo, 2015). Determina la magnitud del balance (o desbalance) nutricional de un cultivo con respecto al valor óptimo de un nutriente en el cultivo; así que mientras mayor sea el desbalance nutricional, mayor serán los valores del IBN y viceversa, con respecto al valor óptimo (Anago *et al.*, 2020; Jennewein *et al.*, 2020; Silva, 2018).

La Figura 7 muestra una correspondencia inversamente proporcional entre el IBN y el rendimiento ($r = -0,7995$; $p = 0,0000$; $r^2 = 0,6392$); se observa que a medida que crece el IBN el rendimiento baja, este comportamiento se corresponde con el hecho de que niveles más altos de IBN implican mayor desequilibrio nutricional, coincidente a lo planteado por Jennewein *et al.* (2020). Altos valores de este índice están relacionados con bajos rendimientos y a su vez los cultivos con altos rendimientos tienen bajos valores (Leite *et al.*, 2016; Silva, 2018).

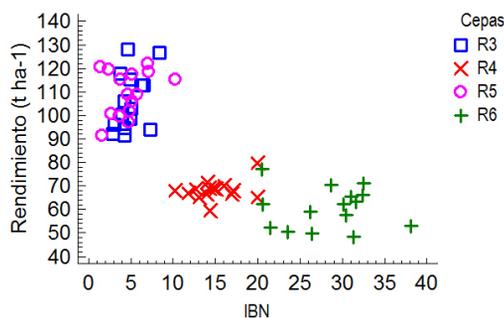


Figura 7. Relación entre el Índice de Balance Nutricional (IBN) y el rendimiento agrícola.

El IBN y el rendimiento mostraron una correlación inversa y altamente significativa ($p < 0.01$) por lo que este índice parece ser una medida útil del equilibrio nutricional en los tejidos foliares y coincide con lo expuesto por Beaufils, (1973). Este índice diferencia dos poblaciones dentro de las muestras foliares analizadas en el experimento UmIn-6 con un umbral de IBN aproximadamente de 10. Correlaciones superiores al 50% entre estas variables y que sustentan su utilidad como medida del estado nutricional, han sido obtenidas por varios autores para la caña de azúcar Leite *et al.* (2016); Silva (2018) y en otros cultivos Anago *et al.* (2020); Arévalo (2015).

Este índice revela la probabilidad de obtener mayores rendimientos como resultado de un balance adecuado en la nutrición, pero no tiene en cuenta otros factores limitantes como las condiciones físicas del suelo (compactación, hidromorfía), disponibilidad de agua (exceso o defecto), presencia de plagas, entre otros; que pueden disminuir los rendimientos. Además, en esta investigación no se tienen en cuenta la interacción con otros nutrientes que influyen en las normas DRIS para cada cultivo y por tanto en los índices DRIS a utilizar para el cálculo del IBN.

Orden de limitación por deficiencia

En la interpretación de los índices DRIS, el más negativo es el más deficiente y los que siguen indican el orden de requerimientos de los nutrientes (Santiago, 2015; Da Silva et al., 2018). En el orden de limitación, el nitrógeno y el potasio calificaron como los elementos más deficientes dentro de los tres evaluados. Estos resultados coinciden con los planteados para la caña de azúcar Jennewein et al. (2020) y otras gramíneas Anago et al. (2020); y pueden ser atribuidos a los altos contenidos de fósforo en el experimento que superan el nivel crítico establecido para este cultivo (Cuéllar et al., 2002).

En la metodología para la interpretación de los índices DRIS, la respuesta a la aplicación de nutrientes se agrupa en categorías. El uso de la respuesta potencial a la aplicación de nutrientes (RPN) para interpretar los índices DRIS ha sido investigada por varios autores (Anago et al., 2020; Da Silva et al., 2018; Jennewein et al., 2020).

Para esta investigación, se clasificó el nitrógeno en la categoría *Deficiencia*, en este estado representa que existe mayor probabilidad de respuesta positiva al aportar el nutriente al suelo y el rendimiento probablemente aumentará. Por su parte, varios autores expresan que el nitrógeno es el nutriente más limitante para el desarrollo de la caña de azúcar y es particularmente usado por las variedades más productivas y exigentes por lo que las dosis pueden subestimarse y modificarse los niveles críticos en la hoja (Leite et al., 2016; Santana et al., 2020).

En el caso del potasio que se encuentra en estado de *Equilibrio*, aumentar la dosis del nutriente no va a incrementar el rendimiento, pero no significa que se excluya de la recomendación de fertilizantes. La importancia de la fertilización potásica radica en el papel crucial que tiene en el metabolismo de la planta (Cuéllar et al., 2002; Leite et al., 2016). Los valores obtenidos en esta investigación son superiores a los niveles críticos para el tipo de suelo del experimento según las categorías establecidas por el SERFE, por lo que puede incentivar el “consumo de lujo” en la planta (Leite et al., 2016).

Leite et al. (2016) afirman que el fósforo en suelos tropicales se caracteriza por tener muy baja solubilidad (o lenta solubilización); sin embargo, este hecho no afectó que en

las condiciones de esta investigación el elemento superará los niveles críticos declarados para el mismo. El fósforo categorizado en Exceso aparece como nutriente menos limitante del rendimiento en las condiciones de este experimento, ya que sus contenidos satisfacen las necesidades del cultivo. Estos resultados entran en contradicción con los expuestos por Leite et al. (2016) al referir que el fósforo es uno de los principales factores limitantes de los suelos en los trópicos. Toledo (2016) difiere de la categorización dada al elemento.

CONCLUSIONES

Se concluye que:

- Se comprobó la utilidad del método DRIS para la evaluación del estado nutricional del cultivo de la caña de azúcar.
- El índice DRIS es una medida efectiva del desbalance nutricional de las cepas del cultivo.
- El orden de limitación de los nutrientes según el Sistema de Diagnóstico y Recomendación Integrada (DRIS) es $N > K > P$.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anago, F. N., Dagbenonbakin, G. D., Oussou, B. T. C., Agbangba, E. C., Saidou, A., & Amadji, G. L. (2020). Assessment of Nutritional Status of Rainfed Rice in Benin Using Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). *International Journal of Plant & Soil Science*, 32(1), 74-83.
- Arévalo, E. S. (2015). *Evaluación del estado nutricional del cultivo de soja en Argentina utilizando análisis foliares* [Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias]. Universidade da Coruña, Coruña, España.
- Beaufils, E. R. (1973). *Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS): A general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition* [Soil Science Bulletin 1]. Universidad de Natal, Durban, Sudáfrica.
- Cuéllar, I. A., Villegas, R., De León, M. E., & Pérez, H. (2002). *Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba*. (1ra ed.). PUBLINICA, La Habana, Cuba.
- Da Silva, L. C., Freire, F. J., Moura, G., Almeida, E. C., Barbosa, A., Tenorio, J. V., Rodrigues, F. J., & Silva, A. (2018). Different criteria for determining DRIS standards influencing the nutritional diagnosis and potential fertilization response of sugarcane. *Australian Journal of Crop Science*, 12(6), 995-1007, ISSN: 1835-2693.
- El-Ramady, H., Olle, M., Eichler, L. B., & Schnug, E. (2020). Towards a new concept of sustainable plant nutrition. *Environment, Biodiversity and Soil Security*, 4(2020), 1-7, ISSN: 2536-9415.

- INICA. (1990a). *Manual de procedimientos para los laboratorios de suelo y agua* [Manual]. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Ministerio del Azúcar, La Habana, Cuba.
- INICA. (1990b). *Normas Metodológicas del Departamento de Suelos y Agroquímica* [Norma]. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Ministerio del Azúcar. La Habana. Cuba.
- Jennewein, S. P., Bhadha, J. H., Lang, T. A., McCray, J. M., Singh, M. P., Cooper, J., & Daroub, S. H. (2020). Impacts of flooding, nitrogen-fertilization, and soil-depth on sugarcane nutrients grown on Histosols. *Journal of Plant Nutrition*, 43(3), 429-443, ISSN: 0190-4167. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1683193>
- Leite, J. M., Ciampitti, I. A., Mariano, E., Vieira, M. M. X., & Trivelin, P. C. O. (2016). Nutrient partitioning and stoichiometry in unburnt sugarcane ratoon at varying yield levels. *Frontiers in Plant Science*, 7, 466, ISSN: 1664-462X. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00466>.
- Más, R., Villegas, R., & Cervera, G. (2018). Actualización de las clasificaciones de los suelos en experimentos “Larga Duración” de la Red INICA. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(3), 82-88.
- Menéndez, S. A. (1991). *Corrección de las insuficiencias de NPK en caña de azúcar mediante el análisis de tejido* [Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas]. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Sancti Spiritus, Cuba.
- Oltra, C. M. A. (2016). *Diagnóstico nutricional de la alcachofa mediante análisis foliar* [Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Experimentales y Biosanitarias]. Universidad de Alicante. Facultad de Ciencias, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, Alicante, España.
- Sánchez, P. A., López, L. M. Á., Gómez, G. A., & Pérez, S. M. (2018). *Critical Nutrient Concentrations and DRIS Norms for Pinus patula*. DOI: <https://doi.org/10.20944/preprints201801.0011.v1>
- Santana, A. C. de A., De Oliveira, E. C. A., Da Silva, V. S. G., Dos Santos, R. L., Da Silva, M. A., & Freire, F. J. (2020). Critical nitrogen dilution curves and productivity assessments for plant cane. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24(4), 244-251, ISSN: 1415-4366. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n4p244-251>
- Silva, V. S. R. (2018). *Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na cana-de-açúcar* [Trabajo en opción al título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil.
- Toledo, M. (2016). *Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras: Conceptos y métodos*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Honduras, ISBN: 978-92-9248-663-1.

Grethel L. Sieiro-Miranda, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera CUJAE km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: grethel.sieiro@inica.azcuba.cu

Pablo Pablos, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera CUJAE km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: grethel.sieiro@inica.azcuba.cu

Ledisliana Vázquez, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera CUJAE km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: grethel.sieiro@inica.azcuba.cu

José A. De la Fé, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera CUJAE km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: grethel.sieiro@inica.azcuba.cu

Rafael Villegas, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera CUJAE km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: grethel.sieiro@inica.azcuba.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.