



EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE SUELOS EN ÁREAS CAÑERAS DEL SISTEMA DE RIEGO RIO BOCONÓ

Evaluation of Soil Fertility in cane areas of the rio Boconó irrigation system

Humberto Ramón Pérez-Figueroa

Profesor Universitario

*Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora
Academia de la Ciencia Agrícola de Venezuela (ACAV)
Complejo Agroindustrial Azucarero "Ezequiel Zamora" S. A. (CAA EZ, SA)
Barinas, Venezuela. humbertoperezf@gmail.com*

DATOS DEL ARTICULO

Recepción: 20 /08/2021

Aprobación: 15/02/2022

Correspondencia a:

*humbertoperezf@gmail.com
(Humberto Pérez)*

Palabras Claves:

*Fertilidad de suelos, caña de
azúcar, nutrientes del suelo,
Sistema de Riego Rio Boconó.*

RESUMEN

La caña de azúcar posee altas exigencias nutricionales por su elevada capacidad de producción de material vegetal y prolongada duración del ciclo, por lo tanto, la fertilización constituye una práctica cultural de máxima importancia para que alcance altos rendimientos. Su relevancia, donde se cultiva, es económica, social y cultural debido que tiende a reducir la fertilidad de los suelos debido al manejo agronómico. El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar la fertilidad del suelo cultivado con caña de azúcar en el Sistema de Riego Rio Boconó durante el periodo 2005-2015, y mostrar sus principales limitantes de nutrientes. Se tomaron 205 muestras de suelo en 4 Centros Poblados, se utilizó un análisis de varianza unifactorial completamente aleatorizado, se aplicó la Prueba de Tukey ($p \leq 0,01$). Los resultados indicaron que la disponibilidad de fósforo es media a baja, potasio y calcio medio, magnesio de medio a alto, materia orgánica bajo a medio, pH es moderadamente ácido, conductividad eléctrica baja y una variación textural de suelos francos. Se concluye que la limitante es la baja disponibilidad de Nitrógeno; por lo tanto, se requieren planes de fertilización y manejo adecuado de este elemento para el cultivo de caña de azúcar.



ABSTRACT

Sugar cane has high nutritional requirements due to its high production capacity of plant material and long cycle duration, therefore, fertilization is a cultural practice of utmost importance to achieve high yields. Its relevance, where it is cultivated, is economic, social and cultural because it tends to reduce soil fertility due to agronomic management. The present work was developed with the objective of evaluating the fertility of the soil cultivated with sugar cane in the Rio Boconó Irrigation System during the period 2005-2015, and to show its main limitations. 205 soil samples were taken in 4 Populated Centers, a completely randomized unifactorial analysis of variance was used, the Tukey test was applied ($p \leq 0.01$). The results indicated that the availability of phosphorus is medium to low, potassium and calcium medium, magnesium medium to high, organic matter low to medium, pH is moderately acidic, low electrical conductivity and a textural variation of loamy soils. It is concluded that the limitation is the low availability of Nitrogen; therefore, fertilization plans and adequate management are required for the cultivation of sugar cane.

Keywords:

Soil fertility, sugar cane, soil nutrients, Rio Boconó Irrigation System.



1. INTRODUCCIÓN

En el Sistema de Riego Rio Boconó (SRRB), Sabaneta, estado Barinas, de las 5.537,32 ha que lo conforman, actualmente se han sembrado 2.941,07 ha con caña de azúcar, durante el periodo 2005-2015, que representa un 53,11% de su superficie, en 279 parcelas, que incorpora el mismo número de productores y productoras al sistema agroalimentario, de 10,54 ha en promedio; con 16 variedades cultivadas: B 74-118, B 80-408, C 266-70, C 323-68, CP 74-2005, CR 74-250, JA 60-5, PR 1013, PR 61-632, PR 69-4, RB 73-9735, RB 85-5546, SP 70-1284, V 75-6, V 84-8, CR 87-339. Las cepas varían desde soca 1 hasta soca 10 incluyendo algunas en plantilla, con rendimiento promedio de 73,41 toneladas de caña/ha y 7,53% toneladas de azúcar/ha. Arrimando la producción al Complejo Agroindustrial Azucarero Ezequiel Zamora, S. A. (CAAEZ, SA), adscrito a la Corporación Venezolana Agrícola-Azúcar (CVA-Azúcar), un promedio anual de 215.895,63 t de caña.

Sin embargo, la producción es baja e insuficiente existiendo un déficit de azúcar para el consumo humano, aun cuando el rendimiento promedio de 10 años, encontrado por Pérez-Figueredo (2013), en el Complejo Agroindustrial Azucarero Ezequiel Zamora (CAAEZ, SA), en 303 parcelas estudiadas en el Sistema de Riego Rio Boconó (SRRB), alcanzó valores de $69,93 \pm 17,31$ toneladas de caña por hectáreas (TCH), y $7,33 \pm 13,43$ toneladas de azúcar por hectáreas (TAH), no siendo suficiente para cubrir la demanda de azúcar exigida por los consumidores.

Entendiendo que la fertilidad del suelo es un factor de crecimiento para los cultivos agrícolas, definida por Casanova (2005), como el potencial que tiene un suelo para suplir los elementos nutritivos en formas, cantidades y proporciones requeridas para lograr un buen crecimiento y rendimiento de las plantas. Sin embargo, la mayoría de los productores fertilizan solamente con nitrógeno, fósforo y potasio, utilizando formulas completas ofertadas en el mercado, sin recomendación técnica, apoyándose en las recomendaciones de otros productores sin la previa consulta del análisis de rutina de suelo. Los productores del Sistema de Riego Rio Boconó no escapan a esta realidad e incluso han llegado al extremo de no aplicar fertilizante durante la etapa fenológica más vulnerables del cultivo (crecimiento vegetativo), dejando que las bondades del suelo suplan esta necesidad nutricional con sus requerimientos naturales almacenados, aun cuando los técnicos del CAAEZ, SA hacen presencia para asesorar con respecto a la fertilización.



Según expresa Salas(2001), está demostrado que en plantaciones comerciales de caña de azúcar, el productor no puede tener control de variables como precipitación, temperaturas, evaporación y radiación solar; no obstante, si puede tener control en el estado nutricional del cultivo, si cuenta con disponibilidad de elementos esenciales permitiendo obtener el máximo potencial productivo del cultivo. Es por ello que el análisis de rutina se hace necesario para determinar qué elementos nutricionales tiene el suelo para ofrecerle a la planta cultivable.

Para resolver este problema de bajos rendimiento en el cultivo de caña de azúcar se requiere hacer un manejo adecuado del mismo debido que los productores de la zona aplican fertilizantes sin criterios técnicos. Son muy pocos los cañicultores que realizan análisis de suelos y otros aplican sus propios criterios de fertilización al cultivo, conllevando a la disminución de los rendimientos, tal como lo expresa Zérega *et al.*, (1995), creando preocupación entre técnicos y productores para tomar conciencia en la importancia del análisis de rutina para la planificación del cultivo de caña de azúcar.

Ante esta situación, Romero *et al.*, (2004), valoriza la fertilización y manifiestan que esta constituye una práctica cultural de máxima importancia para que los cañaverales alcancen altos rendimientos. Sin embargo, su elevado costo exige un uso oportuno y efectivo para aprovecharlo al máximo a fin de mejorar la eficiencia del uso de los fertilizantes. De igual manera, CONADESUCA (2015), Salas (2001), Gilabert *et al.*, (2015), y Zérega *et al.*, (1995 Ob. cit.), coinciden en que, la implementación de esta práctica va acompañada de la recolección de la información de campo sobre el suelo, el histórico del cultivo y del conocimiento de la producción de cada lote a través de su vida económica. De este modo la ejecución adecuada y efectiva de la fertilización puede significar la diferencia entre solo recuperar lo invertido o generar un beneficio económico.

Diversos autores como Decaens *et al.*, (2003), Doran y Zeiss (2000); Lal (1998); Matson *et al.*, (1997); Elliott y Lynch (1994), citados en Pardo-Locarno *et al.*, (2017), coinciden en que la nutrición mineral de las plantas está indisolublemente unida al suelo sobre el cual ellas crecen, es por ello que se hace necesario el chequeo permanente del mismo a través de los análisis de rutina del suelo para la suplantación del nutriente perdido. En este sentido Martin-Prévelet *et al.*, (1983), citados en Salas (2001), señalan esta interacción suelo-nutriente-planta como el conjunto de relaciones existentes entre determinados componentes químicos y la planta. Esta concepción contempla los procesos de absorción, transporte, utilización y eliminación de los nutrimentos. Es



por estas razones, que este trabajo tiene como objetivo evaluar la fertilidad del suelo, cultivado con caña de azúcar establecido durante el periodo 2005-2015 en el Sistema de Riego Rio Boconó.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante el periodo 2005-2015, en el Sistema de Riego Rio Boconó (SRRB), parroquia Sabaneta, municipio Alberto Arvelo Torrealba, al norte del estado Barinas, en plantaciones establecidas con el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), con una mezcla varietal diversa, encontrándose en el área de estudio las variedades B 74-118, B 80-408, C 266-70, C 323-68, CP 74-2005, CR 74-250, PR 1013, PR 61-632, RB 73-9735, RB 85-5546, SP 70-1284, V 75-6, V 84-8. Las cepas varían desde la soca 1 a 10 incluyendo algunas en plantilla.

Se obtuvieron los datos de los principales elementos climáticos de la Estación Barinas Planta Sede; Tipo Agrometeorológica Serial 3805; Longitud: 70°08'80,9" Latitud: 08°33'591" Altitud: 183 msnm (INIA, 2016). Tomándose el registro climatológico del periodo de 15 años (2000 a 2015). Las condiciones climáticas de la zona según, Pérez-Figueroa (2020), precipitación anual 1.415,02 mm, evaporación anual 1.896,41 mm, humedad relativa 76,39% y temperaturas media 23,10°C, con variación +1,14°C. El clima Bosque Seco Tropical según la nomenclatura de Holdridge y Subhúmedo Cálido según Thornthwaite, con dos periodos bien definidos (húmedo y seco). Clima apto para desarrollo del cultivo de la caña de azúcar.

Las muestras de suelos se tomaron en los tablones donde está establecido el cultivo de caña a profundidad de 0-0,20; 0,20-0,40 y 0,40-0,60 m., con barrenos de fabricación propia, 205 muestras compuestas en 1.071,98 ha distribuidas en los 4 centros poblados del SRRB, el número de muestra correspondió al número de hectárea muestreada por centro poblado. La distribución muestrearía fue, Poblado 1 con 304,42 ha (28,40%), 58 muestras compuestas, Poblado 2 con 176,79 ha (16,49%), 34 muestras compuestas, Poblado 3 con 89,12 ha (8,31%), 17 muestras compuestas y Poblado 4 con 501,65 ha (46,80%), 96 muestras compuestas. Se analizaron en el laboratorio de suelos del INIA, ubicado en el km 10 de la carretera vía Toruno, estado Barinas.

Las metodologías utilizadas fueron las presentadas por Gilabert *et al.*, (2015), contenido de materia orgánica (%), método de Walkley y Black; fósforo (mg/kg), y potasio (mg/kg), método Olsen; calcio (mg/kg), y magnesio (mg/kg), método Morgan modificado; la distribución del tamaño de partículas (%), del suelo(arena, limo, arcilla), por el método Bouyoucos; la reacción del suelo



(pH), por el método potenciométrico; la conductividad eléctrica (dS/m a 25°C), método conductimétrico y se determinó la clasificación textural para cada suelo con el triángulo textural según la metodología de USDA (1994), citado en ESMICA (2003).

Para la evaluación de los resultados experimentales se utilizó el Software Statistica V-8, a través de un análisis de varianza completamente aleatorizado, en caso de significación se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,01$), teniendo como fuentes de variación a los 4 centros poblados (Poblado 1, Poblado 2, Poblado 3 y Poblado 4), 2 clase de suelos según su capacidad de uso (Clase I y Clase III), 4 tipos de suelos (Haplustalfs, Tropaquepts, Ustipsamments, Ustropepts), y 13 variedades de caña de azúcar. Las variables evaluadas fueron contenido de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), materia orgánica (M.O.), acidez del suelo (pH), salinidad del suelo (C.E.).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se muestran los promedios estadísticos general de las características químicas de las variables evaluadas fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), la reacción del suelo (pH), y conductividad eléctrica (CE), resultantes de los análisis de suelos en las 1.071,98 ha muestreadas en el Sistema de Riego Río Boconó (SRRB), los cuales se presentan por centro poblado. En sentido general se observa que son suelos con fertilidad de media a alta con un pH ligeramente ácido (6,35), y no presenta problemas de salinización (C.E. 0,10).

Tabla 1. Características químicas del suelo cultivado con caña de azúcar por Centro Poblado en el SRRB, durante el periodo 2005-2015.

Ubicación	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	M.O. (%)	pH (1:2,5)	C.E. dS/m
Poblado 4	35,00a	92,55a	210,16d	130,20b	1,52a	6,45a	0,08b
Poblado 3	31,84a	100,25a	327,00a	213,13a	2,11a	5,75b	00,10b
Poblado 1	16,81b	82,42ab	236,77c	139,81b	1,70a	6,29a	0,04c
Poblado 2	16,65b	59,18b	272,35b	221,41a	191a	6,41a	0,23a
R²	0,81	0,83	0,84	0,80	0,82	0,85	0,82
CV	46,82	39,31	53,33	37,63	39,91	5,60	22,55
DE	7,79	14,13	89,31	27,90	0,64	0,23	0,09

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,01$).



Según la escala de pH en la que se encuentre el suelo, ligeramente ácido, los elementos nutritivos pueden estar o no en condiciones de disponibilidad por la planta, e incluso afectar a su grado de toxicidad. Para exponer de forma sencilla la incidencia del pH en la definición del suelo y su incidencia en los nutrientes, en relación a esto los investigadores de la AEFA (2017), consideran que cuando el pH del suelo está entre 6,1 a 6,6 es donde se encuentra la disponibilidad máxima de nutrientes para las plantas. Esto significa que el pH presente en cada centro poblado del SRRB se encuentra dentro de estos niveles (5,75 a 6,45), por lo tanto hay disponibilidad máxima de nutrientes para las plantas de caña de azúcar.

No obstante, la materia orgánica es considerada baja (1,68%), siendo esta la limitante encontrada. Quizás esto se deba a que los cañicultores de la zona han preferido la cosecha con la quema que la cosecha en verde, de esta manera se ha eliminado la biomasa que pudiera ser responsable del bajo contenido de la materia orgánica y con ella el aporte de nitrógeno al suelo. Sin embargo, se considera que hasta el 1,2% de materia orgánica, es un nivel aceptable de forma general para la mayoría de cultivos. En tal sentido, Alejo-Santiago *et al.*, (2012), señalan que el contenido de materia orgánica es uno de los indicadores de la fertilidad de los suelos por lo que se considera importante mantener un nivel óptimo de 5.0 %, para el mejor funcionamiento del sistema de producción.

A pesar de esto, la materia orgánica no presenta significancia en los centros poblados y tipos de suelo, no así en las clases de suelo (Clase I 1,91% y Clase III 1,56%), que son diferentes significativamente en el contenido de la misma. En relación a esto, Paustian *et al.*, (1995), Sowden y Atkinson (1968), citados en Morón *et al.*, (2000), consideran que es ampliamente aceptado que el producto de la degradación de la lignina y compuestos nitrogenados son los mayores constituyentes de la materia orgánica humificada y estable del suelo donde la entrada de residuos con alta concentración de lignina y la adición de nitrógeno puede ser una opción de manejo que conduzca al incremento del carbono del suelo, no obstante, esto se pierde con la quema; siendo esta una práctica muy usual por los productores del Sistema de Riego Rio Boconó al realizar la cosecha.

Por su parte Morón *et al.*, (2000Ob. cit.), revelan que esta disminución del nivel de materia orgánica del suelo se debe cuando un suelo es cultivado en forma convencional debido a que una parte de la producción es removida, incrementando la erosión; por lo tanto se aceleran los procesos biológicos de mineralización en el suelo, siendo esta responsable de la fertilización de



los suelos. En este sentido, la Tabla 2, muestra que el potasio y magnesio se encuentran en niveles medios de fertilidad, aceptables para la caña de azúcar, aun cuando el potasio se presenta con niveles altos solo en el Poblado 3 (31,88 mg/kg), al igual que el magnesio en el Poblado 2 y 3 (221,41 mg/kg y 213,13 mg/kg respectivamente), y en los suelos Haplustalfs (347,67 mg/kg). Mientras que el nivel de fósforo es de medio a alto en el Poblado 3 y 4 (31,88 mg/kg y 35,00 mg/kg, respectivamente), en suelos Tropaquepts (25,55 mg/kg), y en la Clase III (30,04 mg/kg).

Tabla 2. Características químicas del suelo cultivado con caña de azúcar por tipo y clase de suelo en el SRRB, durante el periodo 2005-2015.

Suelo	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	M.O. (%)	pH (1:2,5)	C.E. dS/m
Ustipsammets	37,78a	96,72a	199,67a	140,92c	1,52b	6,40a	0,09a
Tropaquepts	25,55b	82,93a	256,62a	172,38b	1,62b	6,30a	0,08a
Haplustalfs	23,33b	58,67b	245,33a	347,67a	2,05a	6,27a	0,03a
Ustropepts	16,30c	76,62b	257,24a	136,97c	1,76b	6,34a	0,13a
Clase I	19,47b	80,83a	249,83a	154,81a	1,91a	6,25a	0,13a
Clase III	30,04a	86,78a	239,29a	153,77a	1,56b	6,39a	0,08a
R ²	0,80	0,80	0,82	0,82	0,80	0,80	0,81
CV	99,20	40,42	54,07	37,63	40,85	6,34	30,75
DE	27,43	35,12	129,16	67,86	0,69	0,40	0,29

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,01$).

Esta distribución de nutrientes en los suelos del SRRB muestra una fertilidad adecuada para el cultivo de la caña de azúcar. A pesar que los productores han desestimado la corrección de la fertilidad del suelo en el SRRB, este ha respondido satisfactoriamente en la producción de caña de azúcar, pudiéndose considerar que la fertilidad es media, sin embargo, se ameritan planes de fertilización y manejo adecuado del cultivo, debido que, generalmente, en los suelos del SRRB el contenido de K, Ca y Mg es medio y el P es alto, favoreciendo el cultivo de caña de azúcar.



Para desglosar los datos anteriores y dar mejor respuesta a la fertilidad del suelo en el SRRB se aplicó el análisis estadísticos con la Prueba de Tukey ($p \leq 0,01$), a cada uno de los factores estudiados (ubicación, suelo y textura), encontrando que no existe diferencias significativas en el contenido de nutrientes en el suelo cultivados con caña de azúcar en los 4 centros poblados, los 4 tipos de suelos y las dos clase de suelos estudiadas. Esto significa que el suelo del SRRB presenta un nivel medio de fertilidad. Aun cuando en el magnesio se presentan diferencias significativas que no afectan el nivel medio de este elemento dentro del SRRB.

Ahora bien, según las investigaciones realizadas por los técnicos de CONADESUCA (2015), las condiciones ideales de suelo para el cultivo de la caña de azúcar son suelo con una densidad aparente de 1.10 a 1.20 g/cm³, con un adecuado equilibrio entre los poros de distintos tamaños; mientras que los investigadores de Netafim (2017), consideran una densidad aparente de 1.30 a 1.40 g/cm³, con el mismo adecuado equilibrio entre los poros. En base a los resultados de las investigaciones anteriores podemos considerar que la densidad aparente, en sentido general, en el SRRB es aceptable (1,35g/cm³), observándose en la Tabla 3. Sin embargo, tanto en los centros poblados, las clases y tipos de suelos estudiados en el SRRB, encontramos que no hay variación significativa manteniéndose dentro de los parámetros encontrados por los mencionados investigadores.

En este sentido, en la superficie cañera evaluada (1.071,98 ha), la mayor distribución espacial presenta aptitud al cultivo de caña de azúcar y se localiza principalmente en suelos Ustipsamments (394,52 ha; 36,80%), Ustrophepts (351,25 ha; 32,77%), Poblado 1 (304,42 ha; 28,40%), y Poblado 4 (501,65 ha; 46,80%), al relacionar esta área con los contenidos de nutrientes, de las Tablas 1 y 2, encontramos que la nutrición de estos suelos son de nivel medios y sin diferencias significativas. Visto que el contenido de nutrientes en suelos del SRRB no arroja diferencias significativas al tomar como referencia la ubicación (centros poblados), tipo y clase de suelo se evaluó el mismo de manera más específica a nivel de clase textural para obtener mejor información sobre la fertilidad de los suelos del SRRB.



Tabla 3. Características físicas del suelo en el SRRB, cultivado con caña de azúcar, durante el periodo 2005-2015.

Variable	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Densidad Aparente (g/m ³)	Textura
Poblado 1	30,68	24,71	44,61	1,37	F
Poblado 2	18,35	41,53	40,12	1,26	AL
Poblado 3	37,58	29,68	32,75	1,36	FA
Poblado 4	35,29	25,18	39,53	1,38	F
Clase I	29,64	27,36	43,00	1,35	FA
Clase III	32,26	28,38	39,36	1,35	FA
Ustipsamments	24,00	36,33	39,67	1,29	FA
Tropaquepts	36,92	28,57	34,52	1,35	FA
Haplustalfs	31,61	26,22	42,17	1,37	F
Ustropepts	27,35	28,70	43,95	1,34	FA
SRRB	31,36	28,03	40,61	1,35	FA

Fuente: Datos de la investigación (2015).

Esta fertilidad por clase textural se presenta en la Tabla 4, donde se observan diferencias significativas en el contenido de nutrientes, acidez (pH), y salinidad (C.E.), del suelo según la clase textural, en los suelos evaluados en del SRRB, encontrando que no existen diferencias significativas en el contenido de materia orgánica, en todas las clases texturales evaluadas, debido que el nivel observado de materia orgánica resulta ser bajo (1,67%), para todas las clases texturales, confirmando lo descrito en la Tabla 1.

Con relación a la clasificación textural, se detectaron diferentes texturas prevaleciendo en el Poblado 1, franco (F), Poblado 2, arcillo limoso (AL), Poblado 3, franco arcilloso (FA), Poblado 4, franco (F), al igual que en los distintos tipos de suelos estudiados prevaleciendo las clase texturales en suelos Haplustalfs, franco arcilloso (FA), Tropaquepts, franco arcilloso (FA), Ustipsamments, franco (F), Ustropepts, franco arcilloso (FA); predominando la textura FA, es decir, todas son francas. En relación a esto y comparándolo con la baja disponibilidad de materia orgánica en el suelo, Gilabert *et al.*, (2015), enuncia que el contenido de materia orgánica es afectado por las partículas del suelo y según Morón *et al.*, (2000), en forma genérica, para un tipo de textura de suelo determinado en cada sistema de producción tiene un determinado nivel de equilibrio para el contenido de materia orgánica.



Tabla 4. Características químicas del suelo cultivado con caña de azúcar por clase textural en el SRRB, durante el periodo 2005-2015.

Textura	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	M.O. (%)	pH (1:2,5)	C.E. dS/m
A	63,70a	18,70c	391,10a	244,00a	2,23a	6,05c	0,06b
F	25,94b	75,47b	185,25b	129,83b	1,47b	6,31b	0,06b
Fa	25,29b	72,43b	210,29b	132,57b	1,37b	6,10c	0,13ab
FA	23,20b	101,60ab	273,73ab	177,60ab	1,86a	6,31b	0,06b
FL	21,38b	123,69a	200,63b	141,15b	1,81a	6,62a	0,09ab
AL	17,14c	67,14b	265,43ab	151,43b	1,77a	6,39b	0,48a
FAL	16,47c	75,59b	250,59ab	151,88b	1,64a	6,53ab	0,07b
R ²	0,81	0,80	0,81	0,81	0,82	0,80	0,81
CV	28,86	20,21	17,50	2025,00	23,43	5,74	22,55
DE	4,95	15,90	14,12	15,04	0,43	0,23	0,05

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,01$).

Es posible que esta diferencia de materia orgánica por clase textura se deba al manejo que los cañicultores le dan al suelo, por lo que no existen dudas que un mismo suelo con mayor contenido de materia orgánica tiene un potencial productivo mayor. No obstante, debe reconocerse que por lo menos parte de los roles de la materia orgánica del suelo pueden ser sustituidos por prácticas agrícolas tales como el suministro de nutrientes por fertilizantes racionalmente aplicados y el régimen de agua por riego, entre otros (Jenkinson, 1988; Cambardella y Elliott, 1992; Díaz-Roselló, 1992; Dalal y Johnston, 1991; y Mayer, 1986, citados en Morón *et al.*, 2000Ob. cit.). Además, se observa que el fósforo se encuentra en mayor cantidad en los suelos de textura arcillosa (63,70 mg/kg), mientras que las restantes texturas no existen diferencias en su contenido.

En cuanto al potasio, su nivel más alto se observa en suelos franco limoso (123,69 mg/kg), y el magnesio en textura arcillosa (244,00 mg/kg), en las otras texturas no se encontraron diferencias significativas en estos elementos nutricionales. En relación al calcio si se encontró diferencias nutricionales en donde la textura arcillosa mostró el nivel más alto (391,10 mg/kg), y la textura franco limosa el nivel más bajo (200,62 mg/kg). Sin embargo, la fertilidad de estos suelos en los distintos centros poblados evaluados, es considerada media al compararla con los criterios de clasificación de los nutrientes según Gilabert *et al.*, (2015), el cual lo describe en el manual de



métodos y procedimientos de análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad; encontrando que estos valores son aceptables para la caña de azúcar.

La conductividad eléctrica mostró diferencias significativas, sin embargo, según los criterios de Gilabert *et al.*, (2015 Ob. cit.), la conductividad eléctrica menor a 0,75, el suelo no es afectado por sales, por lo que todas las texturas evaluadas reportaron valores menores a este valor, es decir no existen restricciones para el desarrollo de la mayoría de los cultivos, incluyendo la caña de azúcar; de igual manera lo afirman Castro y Huerta (2015), al considerar este valor para asegurar el máximo aprovechamiento de los nutrientes por la planta. En cuanto al pH existen diferencias significativas, sin embargo, el nivel del mismo se ubica en ligeramente ácido para todas las clases textural estudiadas considerando que la disponibilidad de nutrientes para la caña de azúcar es aceptable según lo afirman Herrera-Solano (2018), AEFA (2017), CONADESUCA (2015), y Salas (2001).

4. CONCLUSIONES

La limitante fue la materia orgánica en los suelos estudiados Ustipsamments, Tropaquepts, Haplustalfs y Ustropepts; al igual que en los distintos centros poblados del SRRB, presentando en promedio general 1,68%, indicando una baja disponibilidad de Nitrógeno, por lo tanto, se requieren planes de fertilización y manejo adecuado para el cultivo de caña de azúcar, bajo las recomendaciones de los análisis de rutina del suelo.

Los suelos no son afectados por sales y el pH, es decir no presentan restricciones para el desarrollo del cultivo de caña de azúcar, encontrándose en un nivel donde la disponibilidad de nutrientes es máxima para el cultivo de caña de azúcar. En cuanto al potasio, calcio y magnesio se encuentran en niveles aceptables de fertilidad para la caña de azúcar, aunque el potasio se presenta con niveles altos en el Poblado 3 (31,88 mg/kg), al igual que el magnesio en el Poblado 2 (221,41 mg/kg), y Poblado 3 (213,13 mg/kg); así como en los suelos Haplustalfs (347,67 mg/kg).

A pesar que los productores y productoras de caña de azúcar han desestimado la corrección de la fertilidad de suelo en el SRRB, y su resistencia a invertir en el análisis de suelo con fines de fertilidad; el suelo ha respondido satisfactoriamente en la producción de caña de azúcar, mostrando sus bondades como almacenador de nutrientes y considerando que la fertilidad es media, se ameritan planes de fertilización y manejo adecuado del cultivo que sean amigables con



el ambiente y con la salud de los seres humanos, los animales y el suelo como protagonista en el proceso agroalimentario para la preservación de la especie humana.

Recomendaciones

Considerando que la textura del suelo en el Sistema de Riego Río Boconó predominan las texturas medias a finas (F, AL, FA), pH entre 5,5 a 6,5 (aceptable para el cultivo de caña de azúcar), de baja a moderada fertilidad, baja salinidad con predominancia de suelos de los gran grupos Ustipsamments (394,52 ha, 36,80%), y Ustropepts (351,25 ha, 32,77%), con un rendimiento agrícola promedio de $69,93 \pm 17,31$ toneladas de caña por hectáreas (TCH), y $7,33 \pm 13,43$ toneladas de azúcar por hectáreas (TAH); la recomendación universal es aplicar dosis básica de nitrógeno según los resultados obtenidos por los análisis de fertilidad de suelo; no obstante, según los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda la aplicación de nitrógeno en dosis de 80 kg/ha.

El fósforo y el potasio se recomienda aplicarlo según lo expresado por Zérega (2002); Zérega y Hernández (1998); Pereira *et al.*, (1986), citados en López *et al.*, (2008), esto según los resultados del análisis de suelo; sí el fósforo es bajo aplicar 46 kg/ha; medio 35 kg/ha, y alto 25 kg/ha. Sí el potasio es bajo aplicar 90 kg/ha; medio 60 kg/ha, y alto no aplicar. En este sentido la dosis de fertilizante recomendada, en forma general de fórmula N: P₂O₅: KO₂ es para fósforo y potasio bajo aplicar 80:46:90 kg/ha; fósforo y potasio medio 80:35:60 kg/ha; fósforo y potasio alto 80:25:0 kg/ha. Sí el potasio es bajo y el fósforo medio 80:35:90 kg/ha; fósforo alto 80:25:90 kg/ha. Sí el potasio es medio y el fósforo bajo 80:46:60 kg/ha; fósforo alto 80:25:60 kg/ha. Sí el potasio es alto y el fósforo bajo 80:46:0 kg/ha; y sí el fósforo es medio aplicar 80:35:0 kg/ha. Todas estas recomendaciones enmarcadas en el manual de alternativas de recomendaciones de fertilizantes para cultivos prioritarios en Venezuela del INIA (López *et al.*, 2008 Ob. Cit.).



Agradecimientos

A la Corporación Venezolana Agraria (CVA-Azúcar); al Complejo Agroindustrial Azucarero Ezequiel Zamora, S.A. (CAAEZ, S.A.); a la Red de Productores y Productoras Libres y Asociados (REPLA); a los Técnicos de Campo adscritos a la Gerencia Agrícola del CAAEZ, S.A., por su valiosa colaboración en esta investigación.

Dedicatoria

Este trabajo de investigación está dedicado al Ingeniero Agrónomo Luis Alberto Hernández Aguilar (†), quien se desempeñó como Especialista en Riego y Drenaje, en la Gerencia Agrícola del Complejo Agroindustrial Azucarero Ezequiel Zamora, S. A. (CAAEZ, SA), y Asesor en el Sistema de Riego Río Boconó (SRRB), durante el periodo 2006-2016.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEFA. (2017). Clasificación del pH. España: Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes.
- Alejo-Santiago, G., Salazar-Jara, F., García-Paredes, J., Arrieta-Ramos, B., Jiménez-Meza, V., y Sánchez-Monteón, A. (2012). Degradación físico-química de suelos agrícolas en San Pedro Lagunillas, Nayarit. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15, 323-328.
- Casanova, E. (2005). Introducción a la Ciencia del Suelo. Caracas, Venezuela: UCV- CDCH.
- Castro, S., y Huerta, A. (2015). Respuesta de variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) a la fertilización NPK bajo secano en el sur de Tamaulipas, México. *Revista Ciencias Agrícolas*, 6(especial 11), 2225-2232.
- CONADESUCA. (2015). Nutrición del cultivo de caña de azúcar y uso eficiente de fertilizantes. México: Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA).
- ESMICA. (2003). Estudio de suelos para el manejo integral de la caña de azúcar del CAEZ, SA. Software Versión 1.0. Libro Anexo. La Habana, Cuba: Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar.
- Gilabert, J., Arrieche, I., León, M., y López, I. (2015). Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. En: Manual de métodos y procedimientos de referencia. Maracay, Venezuela: INIA-CENIAP.



- Herrera-Solano, A., Milanés-Ramos, N., Hernández-Sarmiento, J., Castillo-Morán, A., Rodríguez-Lagunés, D., y Aguilar-Rivera, N. (2018). Momentos y formas de aplicación de fertilizantes y la respuesta de la caña de azúcar. *Cultivos Tropicales*, 39(4), 5-12.
- INIA. (2016). Registro pluviométrico años 2000-2015. Barinas, Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).
- López, R.; Alfonso, N.; Gómez, N.; Navas, M. y Yáñez, P. (2008). Manual de alternativas de recomendaciones de fertilizantes para cultivos prioritarios en Venezuela. Maracay, Venezuela: INIA.
- Morón, A., Martino, D., y Sawchik, J. (2000). El rol del carbono en los sistemas productivos agropecuarios. Montevideo, Uruguay: Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L.
- Netafim. (2017). Caña de Azúcar. Israel: Netafim ACS.
- Pardo-Locarno, L., Sevilla, F., y Amézquita, E. (2017). Macroinvertebrados edáficos en cultivos de caña de azúcar, ganadería silvopastoril y un relicto forestal en el valle del río Cauca. Colombia: Engormix.
- Pérez-Figueroa, H. (2013). Fertirrigación nitrogenada reducida en rendimiento de caña de azúcar. *Revista Investigaciones Interactivas*, 3(20), 94-114.
- Pérez-Figueroa, H. (2020). Evaluación de la variación de temperatura en Barinas: Periodo 2000-2015. *Ambientellania*, 3(1), 21-30.



Salas, R. (2001). Manejo de suelos y fertilización de caña de azúcar. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Zérega, L., Alvarado, M., y Mujicam, J. (1995). Evaluación de la fertilidad del suelo y estado nutricional del cultivo de caña de azúcar en una finca de los valles de El Rodeo y del Río Turbio en el estado Yaracuy. *Bioagro*, 7(2), 50-54.