



**LIGA AGRÍCOLA INDUSTRIAL DE
LA CAÑA DE AZÚCAR**



**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
Y EXTENSIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

**CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE SUELOS
CULTIVADOS CON CAÑA DE AZÚCAR EN LA
ZONA NORTE DE COSTA RICA:
CANTONES DE SAN CARLOS Y LOS CHILES**

**Marco Chaves Solera
Álvaro Araya Vindas**

**San José, Costa Rica
Setiembre, 2007**

CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE SUELOS CULTIVADOS CON CAÑA DE AZÚCAR EN LA ZONA NORTE DE COSTA RICA: CANTONES DE SAN CARLOS Y LOS CHILES¹

RESUMEN

Con el objeto de conocer preliminarmente la condición de fertilidad de algunos de los suelos cultivados con caña de azúcar en la región norte de Costa Rica, cantones de San Carlos y Los Chiles, se realizó un estudio preliminar donde se muestreó, analizó y caracterizó parte del área sembrada. El estudio resulta importante virtud de que la región norte representa la que en términos relativos y proporcionales mayor incremento y desplazamiento viene mostrando en sus áreas de cultivo en los últimos años. Las muestras procedían de 7 distritos: Quesada, Florencia, La Palmera, Cutris y Pocosol de San Carlos; como también de Los Chiles y El Amparo (se citan y analizan como una sola) pertenecientes al cantón de Los Chiles. Se recolectaron y analizaron entre el 2005-2006 un total de 116 muestras compuestas (5 a 8 muestras simples c/u) y representativas, tomadas de sitios diferenciados con base en criterios fisiográficos como relieve, material parental, clima, ubicación geográfica, antecedentes e importancia productiva, entre otros. Pese a lo amplio y extenso del área cubierta, se encontró una relativa poca variabilidad entre los mismos, obviamente con algunas excepciones importantes, lo cual marcó diferencias estadísticas usando la prueba de medias DMS (5%). Para mayor facilidad de interpretación, se organizó e integró la información recabada de acuerdo con los indicadores valorados: Acidez (pH, Acidez Intercambiable y Porcentaje de Saturación de Acidez); Cationes Básicos (Ca, Mg, K, Suma de Bases, CICE); Relaciones Catiónicas (Ca/K, Ca/Mg, Mg/K, Ca+Mg/K y $100 \times K/Ca+Mg+K$); P; S y Micronutrientos (Zn, B, Fe, Cu y Mn). Los resultados marcan diferencias entre indicadores de acidez, donde en promedio el menor pH (4,9), la mayor acidez intercambiable (0,74 cmol (+)/l) y el mayor % de saturación (16,5%) lo marcó La Palmera, pese a lo cual no se califica como una condición limitante en extremo. Por el contrario, el pH más alto (5,3) lo tuvo Cutris, aunque la menor acidez (0,23 cmol (+)/l) y % de saturación (3,8%) lo alcanzaron los suelos de Pocosol. En Cationes Básicos las mayores concentraciones promedio de Ca (7,08), Mg (2,49) y K (0,52 cmol) y consecuentemente la mayor Suma de Bases (10,09 cmol) y CICE (10,55 cmol) se ubicaron en los suelos de Florencia. Los menores contenidos de Ca (2,60 cmol), Mg (1,24 cmol), Suma de Bases (4,13 cmol) y CICE (4,88) fueron encontrados en La Palmera; entanto que la concentración promedio de K más baja se observó en Pocosol (0,14 cmol). En general la condición del Ca y el Mg se calificó como adecuada, no así la del K cuyas concentraciones relativas fueron bajas para satisfacer las necesidades y expectativas productivas del cultivo. Las diferencias anteriores se tradujeron en desbalances y desproporciones en las Relaciones Catiónicas, particularmente donde intervino el K virtud de sus relativos bajos contenidos en el suelo. La concentración de P fue en general baja ($< 9 \mu\text{ml}$) en toda la región, exceptuando en Florencia cuyo promedio fue de $16 \mu\text{ml}$. El S se encontró en nivel de suficiencia ($> 19 \mu\text{ml}$), exceptuando en el distrito de Quesada donde fue menor ($13 \mu\text{ml}$). En promedio, las concentraciones de Zn son bajas en Cutris ($1,78 \mu\text{ml}$) y Pocosol (1,55) y más altas en Florencia ($4,56 \mu\text{ml}$). Las concentraciones de Fe y Mn aparecen en promedio altas (135 y $65 \mu\text{ml}$, respectivamente), lo que evidencia posibles efectos REDOX en esos suelos por causa de la humedad y el insuficiente drenaje prevaleciente en el lugar. El Cu y el B califican como medios y por tanto no problemáticos, virtud de sus

¹ **Marco Chaves Solera, Álvaro Araya Vindas;** Director Ejecutivo y Funcionario de la **DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR (DIECA)**, teléfono (506) 284-6066, fax (506) 223-0839, E-mail: mchavez@laica.co.cr; araya@laica.co.cr; Ingenieros Agrónomos, Costa Rica. Documento presentado en el **V Congreso Nacional de Suelos**, efectuado los días 20, 30 y 31 de agosto del 2007, en el INBioparque, Heredia, Costa Rica. **VERSIÓN ORIGINAL CORREGIDA Y AMPLIADA.**

concentraciones. Se infiere de los resultados que la región posee problemas poco relevantes con la acidez del suelo, lo que sugiere por antecedentes y resultados experimentales anteriores aplicaciones localizadas de Cal en dosis no mayores a 1,0 TM/ha. La adición de P si resulta obligada en dosis variables entre 100 y 200 kg de P_2O_5 /ha, según ciclo vegetativo y condición de acidez presente. El K virtud de su importancia, selectividad y alta absorción por parte de la caña de azúcar (promedio mundial de 1,98 kg de K_2O /TM de caña), se recomienda aplicarlo en toda la región en dosis variables según análisis del suelo entre 130 y 180 kg de K_2O /ha; al igual que el S- SO_4 en dosis de 30 kg y el Zn de 10 kg como SO_4 /ha. Pareciera que los suelos de La Palmera y Pocosol son los que tienen mayor necesidad de ser corregidos y mejorados mediante encalado y fertilización.

INTRODUCCIÓN

La satisfacción de las necesidades alimentarias y nutricionales de la población depende cada vez más de los suelos como factor básico para la producción de alimentos, lo que aunado al incremento de siembra de cultivos cuyos productos son destinados a la exportación, obliga para ser efectivos y resolutivos a replantear los criterios tradicionales de desarrollo agrícola.

La producción agrícola fundamentada solamente en la expansión de áreas de siembra (concepto lineal horizontal) con aumento de la frontera agrícola, resulta hoy día insuficiente, inviable, oneroso y por tanto poco competitivo. Esta situación se da por motivos de desarrollo urbano, proximidad a núcleos poblacionales, áreas disponibles limitadas (economías de escala), alto valor de las tierras, la ineptitud de algunos suelos, razones ambientales, bajo potencial mecanizable, fertilidad natural deficiente, ubicación geográfica, clima, servicios e infraestructura disponible, entre otros elementos que podrían señalarse como antagónicos a esa intención.

Esta realidad obliga a pensar en la necesidad de intensificar la producción de caña y azúcar por unidad de área, basado siempre en el óptimo aprovechamiento de los recursos disponibles, entre ellos, el suelo. Resulta para ello necesario e imperativo, recurrir al empleo de técnicas y conceptos administrativos y productivos modernos y efectivos, asociados al incremento de la productividad, la calidad, la inocuidad, la optimización de recursos basados en la maximización de beneficios y la minimización de los costos, la conservación y eliminación del impacto ambiental, todo integrado, ajustado y aplicado irrestrictamente dentro de los principios de la SOSTENIBILIDAD.

El manejo apropiado técnicamente bien concebido y orientado de la fertilidad del suelo, ocupa un lugar muy destacado en las pretensiones de mejoramiento productivo de cualquier país, región, localidad o unidad productiva, favoreciendo la posibilidad de Zonificar el cultivo identificando sus áreas con potencial expandible competitivo.

Para que el objetivo del manejo racional de la fertilidad del suelo pueda ser alcanzado, es imprescindible la utilización de instrumentos de diagnóstico de posibles problemas nutricionales que, una vez debidamente corregidos, irán a incrementar las probabilidades de éxito productivo y empresarial. Es así como el análisis de suelos, el

análisis foliar, las pruebas de tejidos, el conocimiento de los síntomas de deficiencia y toxicidad nutricional, la ejecución de investigaciones sobre nutrición y fertilización; además del conocimiento del histórico de aplicación de enmiendas y fertilización de las plantaciones comerciales, son algunos de los instrumentos considerados indispensables (CHAVES 1989; 1999ab; 2000; 2003).

LA REGIÓN

La Región Norte del país ha venido adquiriendo recientemente de manera creciente y sistemática gran notoriedad como zona productora de caña de azúcar, destacándose por la gran dinámica expansiva de sus áreas de cultivo, tal vez proporcionalmente la más alta del país durante los últimos años. En la zafra 2006/2007 la región procesó un total de 494.316 toneladas métricas (TM) de caña (11,9% nacional) con un contenido promedio de 85,12 kg de sacarosa (96°)/tonelada, a partir de lo cual se fabricaron 42.075 TM de azúcar, que representaron el 10,1% del total nacional. Es importante señalar que complementariamente la región produce caña que es transportada al Valle Central, y sirve como materia prima a algunos Ingenios de la Región.

Las plantaciones de caña de la región se distribuyen en un área estimada en 7.700 hectáreas en los cantones de San Carlos y Los Chiles, pertenecientes a la provincia de Alajuela. En la zafra 2005/2006 se registraron oficialmente ante LAICA 1.024 entregadores de caña (independientes) de la región que representan un 8,68% del total nacional (11.796), de los cuales el 95,41% correspondiente a 977 productores independientes reportaron entregas de caña inferiores a 500 TM lo que implicó 127.744,6 TM (71,5% de la zona), reflejando así la importante y determinante connotación social que mantiene la agroindustria azucarera en el lugar. Los Productores Independientes entregaron en la zafra 2005/2006 un total 178.540,6 TM de caña, lo que representó un 39,34% del total procesada en la región en esa Zafra (453.838 TM), el resto correspondió a caña propia de los 3 ingenios que operan en la región (Cutris, Quebrada Azul, Santa Fe).

Las distribución de las variedades de caña que más se siembran de manera comercial en la región está muy equilibrada, siendo la PINDAR de origen australiano la más cultivada al reportar en el Censo Varietal realizado en el año 2003 un área sembrada equivalente al 23,4%, seguida por la Q96 con el 20,7%, la SABORIANA con un 20,3% y la SP71-5574 con el 10,8% para un 75,2% conjunto; complementan las variedades B76-259 (7,2%) y SP79-2233 con el 5,5%, entre otras 15 (CHAVES *et al* 2004).

JUSTIFICACIÓN

El manejo apropiado de los suelos dedicados actualmente al cultivo de la caña de azúcar en la Región Norte, así como los que potencialmente por su aptitud puedan ser incorporados y empleados a futuro, virtud del interés y capacidad que la zona posee para la producción de biocombustibles (etanol) a partir de la caña, requiere necesariamente del conocimiento actualizado y permanente de sus propiedades y

características ligadas a la fertilidad de los mismos, para orientar con criterios técnicos válidos el desarrollo y expansión del cultivo conduciéndola hacia la alta productividad agroindustrial.

En consideración de esa expectativa, se han venido realizando muestreos sistemáticos de suelos en unidades productivas importantes y representativas pertenecientes a localidades productoras de caña de la región, con el objeto de conocer y caracterizar de manera aproximada su condición de fertilidad.

Es relevante señalar y anotar que se espera continuar a futuro con el muestreo de suelos, ampliando la cobertura del mismo, haciéndolo más inclusivo en cuanto a localidades sembradas o potencialmente de interés cañero-azucarero-alcoholero, lo que permitirá contar en el mediano plazo con mejor información para la correcta toma de decisiones sobre este importante factor de la producción.

AGRADECIMIENTO

El presente levantamiento y análisis de suelos fue posible realizarlo gracias a la amplia, eficiente y desinteresada participación y apoyo ofrecido por la Cámara de Productores de Caña de Región Norte, como también de las empresas ABOPAC, FERTICA y CAFESA. Tampoco debe desestimarse la colaboración brindada por los Ingenios Azucareros y productores de la región.

OBJETIVO

El objetivo general del presente estudio fue identificar e interpretar de manera muy preliminar la condición actual de fertilidad de algunos de los suelos que conforman la zona cañera de la Región Norte, representada por los cantones de San Carlos y Los Chiles, conocer y analizar sus características más relevantes para que sirvan como guía a los proyectos de investigación, desarrollo y manejo productivo que se generen y requieran en la región.

METODOLOGÍA

Para realizar el presente muestreo se siguió como criterio orientador, la selección de las zonas y localidades con base en su importancia y representatividad productiva agroindustrial, área y número de productores involucrados y, dentro ellas, se adoptó como criterio segregante y de priorización la homogeneidad o heterogeneidad de las mismas desde una perspectiva fisiográfica basada en la existencia de factores diferenciadores, como fueron: relieve, material parental, clima, antecedentes productivos, ubicación, entre otros.

Una vez ubicadas espacial y geográficamente las áreas de interés se determinaron "*sitios de observación y muestreo*" a partir de donde se tomaron las muestras simples

de suelo para analizar en el laboratorio, siguiendo para ello las recomendaciones técnicas que sobre la materia existen.

La toma de muestras se hizo entre los años 2005 y 2006 de manera simple por punto o sitio de observación, integrándolas y procediendo posteriormente mediante “cuarteo” a obtener una muestra compuesta con un peso variable de 600 - 700 g y representativa del lugar. Las muestras compuestas se integraron y conformaron en un promedio de 5 a 8 muestras simples.

En el Cuadro 1 se anota según distrito, la cantidad de muestras compuestas tomadas y enviadas al laboratorio para su respectivo análisis químico. A partir de las mismas se analizó y midió 12 indicadores diferentes, estimando complementariamente por cálculo y estimación otros 8 indicadores que permiten complementariamente, interpretar la condición de fertilidad del suelo, como se anota seguidamente:

Cuadro 1. Distritos y localidades muestreadas pertenecientes al Cantón de San Carlos.

DISTRITO	N°	LOCALIDAD	ALTITUD (msnm)	LATITUD (NORTE)	LONGITUD (OESTE)	N° MUESTRAS **
QUESADA	01	Sucre, Tesalia, Cedral, Dulce Nombre, Porvenir, San Gerardo.	656	10°19'30"	84°25'48"	14
FLORENCIA	02	Pénjamo, Quebrada Azul, Platanar, Muelle, Peje, Florencia, San Juan, San Rafael.	225	10°21'43"	84°28'39"	33
PALMERA	09	Palmera, San Francisco, Santa, Rosa Marina.	350	10°25'18"	84°23'04"	9
CUTRIS	11	Boca Arenal, San Jorge, Bella Vista, Santa Teresa, Corazón de Jesús.	65	10°31'44"	84°28'50"	20
POCOSOL	13	Estero, San Diego, Buenos Aires, San Gerardo, Santa Rosa, San Bosco, Zapatón, La Luisa.	110	10°01'57"	84°31'10"	10
LOS CHILES*	01	Cuatro Esquinas, Las Brisas, Combate, Isla Chica.	43	11°01'57"	84°43'05"	30
EL AMPARO*	03	Amparo, Gallo Pinto. Vasconia.	44	10°51'16"	84°41'55"	-

* En el estudio se anotan como una sola región.

** En total se analizaron 116 muestras compuestas

Los suelos de la región clasifican según la Taxonomía del USDA (Soil Survey Staff de 1998) mayoritariamente dentro del orden de los Inceptisoles, Ultisoles y Alfisoles.

Cuadro 2. Indicadores para Interpretar la Fertilidad del Suelo.

INDICADOR *	UNIDAD	INDICADOR **	UNIDAD
pH	-	Suma de Bases	cmol (+) /l
ACIDEZ	cmol (+) /l	CICE	cmol (+) /l
Ca	cmol (+) /l	Saturación de Acidez	%
Mg	cmol (+) /l	Ca/K	-
K	cmol (+) /l	Ca/Mg	-
P	μ / ml	Mg/K	-
Fe	μ / ml	100 K/ Ca+Mg+K	-
Cu	μ / ml	Ca+Mg/ Ca+Mg+K	-
Zn	μ / ml		
Mn	μ / ml		
B	μ / ml		
S	μ / ml		

* Obtenidos por medición.

** Estimados por cálculo.

- Suma de Bases = Ca + Mg + K
- Saturación de Acidez = (Acidez x 100 / CICE)
- CICE = Suma de Bases + Acidez

El análisis estadístico de las muestras se realizó empleando el paquete SAS, con lo cual se determinaron algunos estimadores básicos (Medidas de Posición y Variabilidad) para facilitar la interpretación de la fertilidad del suelo, como fueron:

- Promedio Aritmético
- Desviación Estándar
- Coeficiente de Variación (%)
- Valor Máximo
- Valor Mínimo
- Amplitud (Diferencia entre Valor Máximo y Mínimo)
- Percentiles 50, 70, 80 y 90

Los Percentiles son indicadores estadísticos que permiten analizar y entender mejor el comportamiento de la población, dividiendo el conjunto de datos de cada variable en fracciones específicas, en este caso un 50, 70, 80 y 90 por ciento.

Las variables químicas analizadas y estimadas fueron a su vez separadas y organizadas de acuerdo con su naturaleza y uso, como se describe a continuación:

1. Indicadores de Acidez: pH - Acidez - % de Saturación de Acidez.
2. Cationes Básicos: Concentraciones de Ca - Mg - K - CICE.
3. Relaciones Catiónicas: Ca/K - Ca/Mg - Mg/K - 100 K/Ca+Mg+K - Ca+Mg/K.
4. Fósforo: Concentración de P.
5. Azufre: Concentración de S.
6. Micronutrientes: Concentraciones de Zn - Fe - Cu - Mn - B.

Los nutrientes e indicadores de fertilidad promedio fueron valorados estadísticamente de manera comparativa entre distritos, empleando para ello la Prueba de Medias de DMS (*Diferencia Mínima Significativa*) a un nivel de probabilidad del 5%.

Los criterios, procedimientos y métodos empleados en el análisis químico de las muestras en el laboratorio, fueron los aceptados y aplicados como rutina actualmente en Costa Rica en esta materia. De la misma forma, los criterios de interpretación del resultado del análisis de suelo y la condición particular de cada nutriente o indicador, se basó en los ámbitos de contenido y concentración sugeridos por BERTSCH (1987), establecidos con fundamento en las guías de interpretación empleadas por el MAG y el CATIE.

De acuerdo con esos criterios, las categorías nutricionales se fijan en tres niveles básicos: BAJA, MEDIA y ALTA, a partir de lo cual los contenidos y concentraciones pueden ubicarse y categorizarse. En el Cuadro 3 se anotan los ámbitos calificados como MEDIOS para cada nutriente e indicador particular, por lo que valores iguales o inferiores son calificados como BAJOS y los superiores como ALTOS.

Se estima como principio general que aquellos valores que se encuentren fuera del ámbito MEDIO, pueden generar con buena aproximación y certeza, limitantes y problemas nutricionales sea por Deficiencia (BAJA) o Toxicidad (ALTA), lo cual no necesariamente resulta siempre válido, pues esto dependerá en alto grado de otras condiciones, entre las cuales el cultivo constituye un factor determinante.

Cabe recordar que se considera como **NIVEL CRÍTICO** de un nutriente, *“aquella concentración extraída en este caso del suelo, sobre la cual existe una alta probabilidad de no obtener incrementos sensibles en la producción cuando son adicionados; mientras que valores inferiores muy probablemente se asociarán con producciones muy pobres y, por tanto, de posible muy alta respuesta a su adición”*. Se estima por tanto, que aquellos nutrientes o condición que se encuentre dentro del ámbito MEDIO, será suficiente y adecuada para satisfacer las necesidades nutricionales de la mayoría de los cultivos, entre los que incluimos en el presente caso la caña de azúcar, y aquella, que este debajo de ella, responderá positiva y favorablemente a su adición.

RESULTADOS

A) ANÁLISIS QUÍMICO

Seguidamente se comentarán de manera ordenada y sistemática los resultados obtenidos a partir del análisis químico de las muestras recolectadas, para lo cual el mismo se realizará para mayor facilidad por grupo de variables de acuerdo con su naturaleza y grado de vinculación y, no por distrito, como se indicó anteriormente.

Los resultados del análisis químico se exponen en el anexo de manera genérica para toda la región (Cuadros 3 y 4), y también específicamente para cada distrito evaluado en los Cuadros que van del N° 5 al N° 10. Como se anotó oportunamente, la interpretación de cada condición nutricional es basada en los criterios y condiciones sugeridas por BERTSCH (1987).

En el Cuadro 11 se anotan complementariamente para cada distrito evaluado las variables donde hubo Diferencia Estadística Significativa al nivel del 5%, según la Prueba de *Diferencia Mínima Significativa (DMS)*. Cabe destacar que todos los indicadores nutricionales evaluados, excepto la concentración de Fe y la Relación Ca/Mg, mostraron algún grado de diferencia entre localidades cañeras, lo que evidencia las diferencias nutricionales existentes entre los suelos de la región.

En el Anexo se adjuntan ocho Figuras conocidas como FERTIGRAMAS correspondientes al promedio regional de toda la zona norte, el correspondiente en forma desagregada a los cantones de San Carlos y Los Chiles y, los correspondientes a los seis distritos estudiados.

Cada FERTIGRAMA tiene como estructura básica un círculo seccionado en ocho ejes en los cuales cada uno representa un indicador de fertilidad predeterminado, en el presente caso: pH, Acidez, Saturación (%) de Acidez, Suma de Bases, Ca, K, P y la CICE. Se marca sobre cada eje el valor crítico para cada uno de ellos (figura base general), el cual es a su vez utilizado para plotear el contenido o concentración de los indicadores evaluados en el laboratorio, lo que permite inferir el resultado real (medido) respecto al teórico ideal (mínimo o crítico) para cada distrito.

B) INDICADORES DE ACIDEZ

Genéricamente la condición de acidez promedio de la región norte puede calificarse como Media, como se infiere del Cuadro 3, pese a lo cual se ubica próxima al límite superior correspondiente a la categoría de Bajo, lo que evidencia en principio la presunta no existencia de problemas graves con esta variable. Sin embargo, un análisis más específico y detallado entre distritos muestra diferencias importantes inclusive con carácter estadístico entre ellas, como acontece con el valor de pH, verificando La Palmera y Los Chiles el promedio más bajo (4,9) y contrariamente Cutris el más alto

(5,3). Hubo diferencia estadística (5%) entre Los Chiles respecto a Cutris y Florencia, y de estos con La Palmera (Cuadro 11).

El grado de Acidez Intercambiable promedio regional es relativamente bajo (0,45 cmol (+) /l), marcando Pocosol el menor valor (0,23) y La Palmera el mayor (0,74). Este último distrito se diferenció estadísticamente (5%) con Los Chiles y Florencia; asimismo, Pocosol se diferenció de Cutris y La Palmera.

La baja acidez se expresó igualmente en el Porcentaje de Saturación el cual mostró el mismo comportamiento anterior, manteniendo La Palmera el porcentaje más alto (16,54%) y Pocosol el más bajo (3,85%). La Palmera se diferenció estadísticamente (5%) de Los Chiles, Cutris y Florencia; entanto que Quesada de La Palmera y de Pocosol. Según CHAVES (2000), lo deseable para el cultivo de la caña de azúcar, es que el Porcentaje de Saturación de Acidez se ubique entre 20 y 30% o sea inferior.

Una valoración integral particular de todas las muestras de suelo analizadas (116) en la región, revela (Cuadro 4) una importante variación entre los valores extremos máximo y mínimo, que en el caso del pH fue de 6,6 y 3,8 correspondiente a una amplitud de 2,8 unidades y un CV de 9,89%. La acidez presentó por su parte dichos valores totalmente polarizados (2,0 y 0,01) para un CV del 83,6% y una condición extrema calificada como alta. Estas variaciones se manifestaron consecuentemente en el % de Acidez el cual mostró un valor extremo superior de 33,33% y menor de 0,05% para una amplitud del 33,3%, los cuales mantienen el criterio de que la acidez intercambiable no representa en promedio un problema serio para la región aunque tampoco puede descuidarse pues podría eventualmente bajo ciertas condiciones tornarse limitante.

Una interpretación de Percentiles indica que el 70% de los datos analizados de suelo poseen valores promedio iguales o inferiores en el caso del pH de 5,3, en la acidez de 0,60 cmol (+) /l y un % de Saturación de 9,90%. En el caso del Percentil 50 dichos valores fueron de 5,2; 0,35 cmol (+) /l y 5,14%, respectivamente.

Manteniendo La Palmera y Cutris la condición más ácida de suelos de la región, resulta importante conocer con más detalle su condición particular. La Palmera ratificó, Cuadro 7, su condición ácida al mostrar valores límite (inferior) de 4,4 para el pH, 1,40 cmol (+) /l de acidez (máxima) y una Saturación máxima de 33,33%, la mayor verificada en la región. Cutris por su parte (Cuadro 8), eleva su pH a 6,6 el máximo observado en la región aunque también su acidez extrema a 2,00 cmol (+) /l y con ello su Porcentaje de Saturación a 23,08%. La amplitud observada entre variables en ambas localidades es considerada como alta.

Es definitivo que la región norte no posee problemas de acidez graves que ameriten adoptar programas o medidas emergentes extremas orientadas a procurar contornar condiciones adversas. Resulta eso si necesario, que con carácter preventivo se procure atender aquellas necesidades puntuales que pudieran requerir corrección de su acidez mediante el empleo del encalado; así como también, evitar que condiciones hoy no

problemáticas se transformen a futuro por mal manejo o descuido en limitantes para la producción. Esta condición se ve complementada y favorecida por el hecho de que la caña de azúcar es una planta con un nivel de tolerancia importante para la acidez del suelo, la cual ha sido clasificada como medianamente tolerante, lo que varía sin embargo significativamente entre clones, los cuales han mostrado tolerancia variable (CHAVES 1999a; 2000; 2003).

C) CATIONES BÁSICOS

La concentración de cationes básicos, referida propiamente a los contenidos de Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Potasio (K) en el suelo, resulta ser luego de realizados los análisis, reveladores de una condición en promedio muy favorable particularmente para el Mg donde los suelos de todos los distritos mostraron valores considerados suficientes, siendo excepcionalmente alto el presente en Florencia (2,49 cmol (+) /l). Con el Ca la situación es similar excepto para La Palmera, donde la concentración promedio fue baja (2,60 cmol (+) /l); destaca también el alto contenido observado en los suelos (7,08 cmol (+) /l) en el distrito de Florencia.

El K resulta ser de enorme importancia para la caña de azúcar por sus altos contenidos, elevada extracción, función, funcionabilidad en el suelo y en la planta y los resultados productivos agroindustriales obtenidos con su adición, como ha sido suficientemente comentado (ALPÍZAR 1976; ALFARO y CHAVES 2000; CHAVES y ALVARADO 1994; CHAVES 1986, 1996, 1999ab, 2003).

En el presente caso se observan sin embargo, contenidos en el suelo que aunque considerados mayoritariamente suficientes desde la perspectiva nutricional, de acuerdo con los criterios de calificación sugeridos por BERTSCH (1987), son en realidad relativamente bajos y desbalanceados en relación a los contenidos del Ca y el Mg presentes en el suelo. Como se infiere del Cuadro 3, los contenidos promedios de K en Pocosol son bajos (0,14 cmol (+) /l), y próximos a alcanzar el nivel de insuficiencia los de La Palmera y Cutris (0,29 cmol (+) /l). Florencia fue el distrito que en promedio alcanzó los contenidos más altos en el suelo (0,52 cmol (+) /l). La condición del K merece por tanto atención y adopción de medidas correctivas de ajuste tendientes a elevar y adecuar sus concentraciones en el suelo.

Estadísticamente Los Chiles y Cutris mostraron diferencia estadística (5%) en los contenidos de K en el suelo con respecto a Florencia. Por su parte, Pocosol también se diferenció con Quesada y Florencia respecto a Palmera y Pocosol (Cuadro 11).

La Suma de Bases (Ca + Mg + K) resultó ser alta en Florencia (10,09 cmol (+) /l) y Quesada (7,40 cmol (+) /l); mediana en Cutris (7,14 cmol (+) /l), Los Chiles (6,51 cmol (+) /l), de menor grado en Pocosol (6,08 cmol (+) /l) y muy baja y deficitaria en La Palmera (4,13 cmol (+) /l), localidad que en definitiva merece tratamiento especial en materia nutricional y de fertilización.

La condición química anterior se proyecta a la Capacidad de Intercambio de Cationes Efectiva (CICE) representada por la relación: Suma de Bases + Acidez Intercambiable (Cuadro 3), pues La Palmera mantiene su condición de insuficiencia y baja CICE al mostrar un valor promedio de 4,88 cmol (+) /l.

El contenido del Cuadro 4 demuestra la significativa polaridad de los contenidos en el suelo, al encontrarse valores extremos (máximo-mínimo) de 20,20 y 0,60 cmol (+) /l en el caso del Ca; de 5,10 y 0,10 cmol (+) /l en el Mg y de 1,50 y 0,10 cmol (+) /l en el K, ratificando la diversidad y variabilidad regional presente en materia de concentración de cationes. Esa condición se traslada también a la Suma de Bases y la CICE: 23,40 y 1,10 cmol (+) /l y 23,50 y 1,40 cmol (+) /l, respectivamente.

El K como se anotó merece virtud de su importancia y contenidos apenas adecuados (no excepcionalmente altos) en los suelos de prácticamente toda la región, especial atención, manejo y tratamiento. Siendo Pocosol el distrito más limitado, es preocupante verificar (Cuadro 9) que el mayor contenido encontrado fue de 0,30 cmol (+) /l y el más bajo de apenas 0,10 cmol (+) /l para una amplitud de 0,20 cmol (+) /l y un promedio de 0,14 cmol (+) /l. Al determinar el Percentil 80 se encontró que el 80% de los contenidos de las muestras de suelo analizadas se ubicó por debajo de 0,14 cmol (+) /l, y con el Percentil 70 fue de apenas 0,10 cmol (+) /l, ratificando con ello su deficiencia para ese importante nutrimento esencial.

D) RELACIONES CATIÓNICAS

La condición particular de los cationes se expresa, proyecta y manifiesta directamente en sus relaciones aritméticas, como se demuestra en el Cuadro 3. Como se infiere de esa información, todas las localidades mantienen relaciones Ca/K, Ca/Mg y Mg/K dentro de la categoría MEDIA, pese a lo cual se observan diferencias muy importantes con alcance estadístico significativo (5%) entre las mismas, excepto para la relación Ca/Mg (Cuadro 11). Estas relaciones dependiendo de su valor y condición pueden operar en el sentido positivo (sinérgico) o negativo (antagónico) respecto a la productividad y la calidad agroindustrial del cultivo. Asegura CHAVES (1988), que la caña de azúcar es un cultivo muy sensible al desequilibrio catiónico del suelo, especialmente cuando este es inducido por la acción del encalado o de la fertilización potásica desbalanceada.

La Palmera debido a sus bajas concentraciones promedio de Ca mantiene relaciones Catiónicas más estrechas respecto al Mg y el K, mostrando apenas suficiencia en la relación Ca/Mg. En Pocosol por el contrario las relaciones son muy amplias debido a la baja concentración de K del suelo, como lo demuestran los índices de 41,4 para la relación Ca/K y de 12,7 para la de Mg/K.

En el caso de la relación Ca+Mg/K la condición general de la región norte es en general aceptable, salvo dos excepciones, ya que el distrito de La Palmera muestra (Cuadros 3 y 7) el valor promedio más bajo (18,5) para la relación aunque satisfactorio, en consideración del bajo contenido de Ca (2,60 cmol (+) /l) presente en el suelo. Pocosol

por su parte, presenta el mayor valor (54,1) en virtud de la baja concentración promedio de K (0,14 cmol (+) /l) presente. La relación $100 \times K / Ca+Mg+K$ reitera también la condición particular de los nutrimentos en el suelo, particularmente la del K en relación a los otros cationes (Cuadro 3).

En cuanto a la relación Ca/Mg una de las más estudiadas e importantes virtud de sus implicaciones productivas, CHAVES (1988) refiere para la relación como óptimos valores de 5:1 al utilizar como fuente los Carbonatos de Ca y Mg y de 10:1 con Sulfatos. Peixoto (1980) citado por ese autor, apunta que una relación Ca/Mg de 3:1 empleando Carbonatos puede ser inadecuada para la caña, asegurando entre tanto que una relación en torno de 5:1 favorece el equilibrio nutricional.

Es importante al interpretar las Relaciones Catiónicas no perder de perspectiva, como indicara CHAVES (1988) en el sentido de que *“Las relaciones y no exclusivamente las concentraciones absolutas de la especies iónicas del suelo, influyen marcadamente en el equilibrio dinámico y en la interacción suelo-planta, reflejándose en la absorción, composición mineral y producción de las plantas”*. Esta aseveración indica que lo más relevante de valorar en primera instancia son las concentraciones de las especies iónicas individuales y, posteriormente, su valor conjunto; esto por cuanto los nutrimentos que se relacionan pueden estar deficientes, en exceso o en concentraciones óptimas, lo que en mucho determina el resultado y efecto nutricional final de la relación.

El criterio de balances y equilibrios nutricionales valorado por medio de las relaciones iónicas, resulta importante al interpretar integralmente la condición de fertilidad de un suelo. Por medio del estudio del equilibrio iónico es posible entender mejor el comportamiento químico de un suelo, y por tanto, se puede adoptar un manejo más adecuado y racional.

E) FÓSFORO

El P es típicamente un nutrimento deficitario en la mayor parte de nuestros suelos y por tanto de muy amplia respuesta a su adición en el caso particular de la caña de azúcar, como está suficientemente demostrado. Como se aprecia en el Cuadro 3, todas las localidades de la región evaluadas, excepto Florencia, muestran concentraciones promedio inferiores al óptimo o rango MEDIO (11 a 20 μ/ml), lo que implica una fuerte limitante nutricional para cualquier programa productivo que pretenda alcanzar niveles productivos elevados, competitivos y sostenibles en el tiempo. Florencia presenta en promedio (Cuadros 3 y 6) una concentración de 15,7 μ/ml con un máximo de 54 μ/ml y un mínimo de 2 μ/ml para una amplitud de 52 μ/ml ; el 70% (Percentil 70) de las concentraciones son iguales o inferiores a 23 μ/ml .

En los cantones de San Carlos y Los Chiles se tiene una variación importante (CV= 91,8%) y estadísticamente significativa (5%) entre localidades, cuya concentración máxima fue de 54 μ/ml (Florencia) y la mínima de apenas 1 μ/ml (Los Chiles, Quesada,

Cutris), para una importante amplitud de 53 μ /ml. La situación del nutrimento se torna deficitaria al verificar que el 70% (Percentil 70) de las concentraciones determinadas es igual o se encuentra debajo de 10 μ /ml y el 50% debajo de 7 μ /ml (Cuadro 4).

Preocupante es la situación de Pocosol (Cuadros 3 y 9) puesto que su concentración promedio de P es sumamente baja (3,2 μ /ml), manteniendo contenidos inferiores a 4 μ /ml en el 100% de los muestreos realizados. Quesada y Los Chiles (Cuadros 5 y 10) presentan también valores promedio bajos (7,8 y 8,1 μ /ml), lo que debe conducir necesariamente a operar una estrategia de fertilización con carácter emergente y prioritario que permita satisfacer las necesidades básicas y necesarias del cultivo.

Como se anotó al principio y se ha suficientemente demostrado no solamente por medio de la investigación sino también con la experiencia comercial, el P es uno de los macronutrientes esenciales determinantes en la calidad fabril y el éxito productivo de cualquier plantación comercial, virtud de su participación en los procesos de división celular y crecimiento vegetativo; además de su influencia sobre la calidad de los jugos como señalara CHAVES (1999ab). Estas constituyen entre otras, razones suficientes para adicionarlo particularmente cuando sabemos que el suelo no está en capacidad y condición de proveerlo. Resulta por tanto incuestionable y obligada la incorporación de P al suelo mediante la fertilización de los suelos de la región norte, aún aquellos que muestren alguna suficiencia en sus concentraciones en el suelo.

F) AZUFRE

Durante las dos últimas décadas este nutrimento ha sido bastante estudiado y utilizado comercialmente, en consideración de la buena respuesta agroindustrial que ha mantenido en todo el país (CHAVES 1996, 1999ab, 2000, 2003). El resultado del análisis de suelos reporta concentraciones de S en general bastante satisfactorias con un promedio regional de 23 μ /ml, con la excepción de Quesada cuyo valor medio fue de 13,4 μ /ml y en menor grado La Palmera (18,9 μ /ml).

La región norte reporta en toda el área muestreada contenidos muy variables de S cuyos límites superior e inferior fueron de 72 y 1,7 μ /ml, respectivamente, para una significativa amplitud de 70,3 μ /ml. El 70% de las concentraciones es inferior a 30 μ /ml y el 50% a 23 μ /ml, lo que demuestra su buen nivel de concentración en los suelos de la zona.

En términos generales se califica como muy favorable y ventajosa la condición del S en la región norte, lo que indudablemente contribuye a establecer una condición potencial favorable y positiva, para satisfacer las pretensiones empresariales de alcanzar productividades agroindustriales elevadas y rentables. Lo anterior resulta viable cuando se tiene evidencia demostrada de que la planta de caña de azúcar posee una elevada capacidad de absorción y acumulo de S en sus tejidos, como lo aseverara CHAVES (1988).

G) MICRONUTRIMENTOS

Como se ha demostrado suficientemente con la investigación de campo, la presencia o ausencia de micronutrientes en el medio puede favorecer o limitar la productividad de la planta (*Ley del Mínimo de Liebig*), al operar estos sobre procesos y actividades metabólicas muy particulares y específicas (CHAVES 1999a).

Los antecedentes nacionales e internacionales en producción de caña demuestran efectos sinérgicos para el Zn y el B y en algún grado para el Mn; y por el contrario, negativos cuando las concentraciones de Fe, Cu y Mn son elevadas y próximas a provocar efectos tóxicos sobre las raíces de la planta.

Las concentraciones de Zn en el suelo pueden calificarse en promedio como suficientes en la región al alcanzar un valor general de 3,2 $\mu\text{/ml}$ y limitante en algunas localidades, como acontece con Pocosol y Cutris (Cuadros 3, 8 y 9) donde los contenidos medios fueron bajos (1,5 y 1,8 $\mu\text{/ml}$, respectivamente) y la respuesta esperable a su adición positiva. Destaca por el contrario la alta concentración promedio identificada en Florencia (4,6 $\mu\text{/ml}$).

El Boro (B) por su alta variabilidad e inestabilidad en el suelo no parece prudente comentarlo con base en la valoración de sus concentraciones, aunque si cabe destacar que pareciera encontrarse en una condición dentro del ámbito Medio. Pese a todo, el B ha sido un nutriente de relativamente buena respuesta en el país, principalmente en asocio con el Zn, por lo que vale la pena investigar su respuesta en la región, principalmente cuando adicionado por la vía foliar.

Todas las concentraciones promedio de Fe y Mn (135 y 65 $\mu\text{/ml}$, respectivamente) superan el ámbito de concentración calificado como Medio y pasan a la categoría de Alta, lo que es evidencia confiable de posibles efectos de solubilidad (reducción) por exceso de lluvia y presencia de problemas de drenaje en los suelos. Las concentraciones promedio más altas de Fe se identificaron en Cutris (158 $\mu\text{/ml}$) y las de Mn en La Palmera (86 $\mu\text{/ml}$), como se indica en los Cuadros 3, 7 y 8). Es importante ejecutar medidas de manejo que favorezcan el drenaje y salida de las aguas, pues podrían de lo contrario darse efectos tóxicos sobre las raíces de la planta.

El contenido de Cu se encontró en general dentro del ámbito Medio y por tanto de adecuación, mostrando Los Chiles la menor concentración en el suelo (9 $\mu\text{/ml}$) y Quesada por el contrario la más alta (13 $\mu\text{/ml}$), para una media de 11 $\mu\text{/ml}$. El valor extremo más alto se encontró en el distrito de Florencia (27 $\mu\text{/ml}$) y el más bajo en Cutris (4 $\mu\text{/ml}$), para una significativa amplitud de 23 $\mu\text{/ml}$.

H) REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CULTIVO

La caña de azúcar es una planta considerada como nutricionalmente exigente virtud de la alta productividad de materia verde y seca (Biomasa) que genera en cada zafra, la cual cosecha a cosecha representa y significa una salida (pérdida) neta de nutrimentos del medio, pues relativamente poco es reintegrado y restituido de nuevo al medio.

Esta pérdida nutricional se ve sin embargo favorecido y de alguna manera compensada, por la reconocida capacidad y eficiencia extractora de nutrimentos del suelo que posee la planta de caña de azúcar. Esta aparente y circunstancial ventaja se torna sin embargo desventaja con el tiempo, porque el cultivo llega a agotar rápidamente la fertilidad del suelo y con ello su capacidad productiva real y potencial, como lo demostraron ALPIZAR (1976); ALFARO y CHAVES (2000, 1999a).

En el Cuadro 12 se anota con fines informativos y de ubicación el resultado de una amplia revisión internacional de literatura, por medio de la cual se demuestra y documentan los índices de extracción nutricional de la caña de azúcar reportados a nivel mundial.

Cuadro 12. Rango y Promedio Mundial de Extracción de Nutrimentos por la Caña de Azúcar.

NUTRIMENTO	N° REPORTES	RANGO	AMPLITUD	PROMEDIO ***
N *	54	0,44 – 2,24	1,80	0,93
P	53	0,06 – 0,70	0,64	0,27 (0,62)
K	54	0,27 – 4,10	3,83	1,65 (1,98)
Ca	26	0,12 – 1,10	0,98	0,34 (0,48)
Mg	28	0,10 – 0,50	0,40	0,25 (0,41)
S	19	0,12 – 0,58	0,46	0,29 (0,87)
Si	1	-	-	0,93 (1,99)
Fe **	13	2 – 155	153	42
Mn	19	1 – 37	36	11,6
Zn	19	2,3 – 9	6,70	4,39
Cu	22	0,05 – 27,12	27,07	6,52
B	19	0,04 – 2,52	2,48	1,69
Al	1	-	-	0,30
Na	1	-	-	6
Mo	2	-	-	0,02

Referido a: * kg/TM y ** g/TM de caña. Sólo incluye tallos y no sección foliar ni raíces.

*** El valor entre paréntesis se refiere a su forma absorbible.

FUENTE: CHAVES (1999a).

Como derivación de la información contenida en el Cuadro 12, seguidamente se exponen los modelos dominantes de extracción nutricional promedio de la caña de azúcar para los Macro y los Micronutrientes Esenciales.

MODELOS DE EXTRACCIÓN NUTRICIONAL PREFERENCIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR

K > N = Si > Ca > S > P > Mg

Fe > Mn > Cu > Na > Zn > B > Al > Mo

En lo concerniente a requerimientos nutricionales y potencial de respuesta de la caña de azúcar a la fertilización comercial, se podría con base en los análisis de suelos, los antecedentes conocidos de extracción del cultivo, las experiencias investigativas y productivas desarrolladas en esa región cañera en particular, señalar (cuadro 13) que los ámbitos de respuesta nutricional obtenida hasta el momento se ubica genéricamente para cada nutrimento y ciclo vegetativo como sigue:

CUADRO 13. Ámbitos de Respuesta Nutricional de la Caña de Azúcar Obtenidos en la Zona Norte.

NUTRIMENTO	CANTIDAD (kg/ha)	
	PLANTA	SOCA
N	110 - 150	120 - 150
P	120 - 200	100 - 150
K	130 - 180	130 - 160
Ca	0 - 1 *	-
Mg (MgO)	40	40
S (SO ₄)	30	30
Zn (SO ₄)	10	10

* Dada en TM/ha como CaCO₃
Fuente: CHAVES (2003).

La sugerencia anterior se plantea en términos de **ÁMBITO ÓPTIMO** tanto para el ciclo vegetativo de planta como el de soca o retoño, lo que sugiere una respuesta creciente de la productividad en el tanto la misma crezca (dosis mayor) dentro del mismo, por lo que los extremos pueden ser vistos en la práctica como: piso y techo. Abajo del piso se tendría una condición nutricional deficitaria y de insuficiencia y arriba del techo sería considerada como un gasto innecesario donde la tasa de retorno: Unidad Fertilizante vs. Producción no sería favorable, pues se gastaría más de lo que se recibe.

CONCLUSIONES

Con fundamento en la información expuesta y comentada anteriormente, pueden concluirse los siguientes asuntos:

1. El suelo es un factor de la producción de relevancia incuestionable, cuya condición general (física, química, microbiológica) debe necesaria y obligadamente optimizarse y mejorarse de manera sistemática y continua, para satisfacer con carácter creciente y permanente las necesidades básicas del cultivo.
2. La caña de azúcar es una planta exigente que requiere para ser productiva, necesariamente satisfacer sus altos requerimientos nutricionales, lo cual debe ser proveído naturalmente por el suelo o en su caso, ser aportado por medio de la fertilización comercial.
3. Por sus características anatómico-estructurales (sistema radicular por ej.) y propiedades ecofisiológicas (Ciclo C₄), la caña dispone naturalmente de atributos particularmente especiales que le permiten explorar y extraer altas cantidades de nutrimentos del suelo, que llegan sistemáticamente con el tiempo sin embargo si no son reforzados, a agotar los mismos volviéndolos infértiles e improductivos.
4. El análisis de suelos asociado a otros elementos del entorno, debe operar como guía que conduzca a procurar orientar y operar la zonificación del cultivo a nivel regional, como principio básico para alcanzar incrementar la productividad agroindustrial, la competitividad y la rentabilidad de la empresa.
5. Se encontró en el estudio variaciones nutricionales importantes tanto entre como dentro de los mismos distritos, en cuanto a las características químicas de los suelos de la región norte, las cuales ameritan y obligan a identificar y adoptar medidas de manejo diferencial del cultivo.
6. La acidez del suelo valorada e interpretada por medio del pH, la acidez intercambiable y el % de saturación, no representa en términos generales una limitante de fertilidad seria en la zona, pese a lo cual hay condiciones puntuales en algunas localidades que merecen un tratamiento y una atención especial y particularizada. Los distritos de La Palmera y Cutris mantienen en promedio, los índices de acidez más altos sin llegar sin embargo a ser preocupantes, por lo que merecen monitoreo constante y medidas particulares de manejo como son el encalamiento sistemático en dosis preferiblemente bajas (0,5 TM/ha) para mejorar en el tiempo esa condición, sobre todo en La Palmera.
7. Los contenidos de Ca y Mg son en promedio regional adecuados y suficientes para sostener y satisfacer las necesidades agroproductivas de la caña de azúcar, excepto en el distrito de La Palmera donde el Ca es bajo (2,60 cmol (+) /l).

Resultan excepcionalmente altas a su vez, las concentraciones de Ca y Mg verificadas en Florencia (7,08 y 2,49 cmol (+) /l, respectivamente).

8. No existiendo problemas serios de Acidez Intercambiable (Al^{3+}) que corregir en los suelos la región, excepto en algunas pocas localidades muy puntuales (Los Chiles, La Palmera y Cutris) como ya se comentó, parece entonces prudente recomendar el empleo de la Cal en dosis que no superen 1,0 TM de $CaCO_3$ y preferiblemente de ser viable con Dolomita, lo que opera más como una adición de Ca y Mg que como una corrección de acidez.
9. El K se encontró contenido regionalmente dentro del ámbito de suficiencia nutricional, exceptuando en los suelos del distrito de Pocosol donde fueron en promedio bajos (0,14 cmol (+) /l); el Percentil 80 aplicado a esa localidad y nutrimento reveló que el contenido es en el 80% de los casos igual o inferior a 0,14 cmol (+) /l lo que resulta realmente preocupante. Localidades como Cutris y La Palmera podrían eventualmente, si no se mejoran sus contenidos, alcanzar rápidamente grados de insuficiencia, principalmente inducidos por la alta extracción y afinidad que la caña de azúcar tiene hacia el K.
10. La Suma de Bases y la CICE mantuvieron un comportamiento muy similar, alcanzando Florencia la mejor condición promedio (10,09 y 10,55 cmol (+) /l, respectivamente), y La Palmera la más baja (4,13 y 4,88 cmol (+) /l, respectivamente).
11. Resulta un imperativo aplicar ajustes a los programas de fertilización química en la región, que consideren estrategias para incrementar el contenido de bases en el suelo, en particular el Ca y el Mg y regular su equilibrio con respecto al K.
12. Las Relaciones Catiónicas evidencian los desequilibrios que existen entre nutrimentos y entre localidades. Pocosol muestra una relación Ca+Mg/K alta (54,1) virtud del bajo contenido promedio de K (0,14 cmol (+) /l) que hay en los suelos del lugar. La Palmera muestra por su parte un valor relativamente bajo para la relación (18,5) en consideración de que las concentraciones de Ca son bajas (2,60 cmol (+) /l) y las de K mayores (0,29 cmol (+) /l) respecto a otras localidades.
13. Es por ello necesario establecer y operar estrategias que favorezcan el uso y la frecuencia de aplicación de enmiendas (encalado) cuando sea requerido, y el uso de materia orgánica para mejorar las condiciones generales del suelo y su fertilidad.
14. El P es un nutrimento deficitario en casi toda la región (media de 10 μ /ml), con la excepción de Florencia donde las concentraciones promedio son mayores (15,7 μ /ml) respecto al resto de regiones. Esta condición limitante obliga inevitablemente a tener que incorporar mediante programas comerciales bien concebidos y equilibrados de fertilización el P en las plantaciones, pues caso

contrario, resulta inviable pretender alcanzar altas productividades agroindustriales consistentes y sostenibles en el tiempo.

15. El S no parece tener problemas en la región exceptuando en la zona alta de Quesada donde las concentraciones son relativamente bajas (13,4 μ /ml), por lo que podría presuntamente existir respuesta positiva a su adición al suelo. No debe desconocerse el hecho de que la planta de caña responde muy satisfactoriamente a su presencia en el suelo.
16. Los micronutrientes resultan necesarios e importantes considerarlos e incorporarlos dentro del concepto de nutrición integral, en especial el Zn y el B. Las concentraciones de Zn en los suelos de la región son en promedio satisfactorios en Florencia (4,6 μ /ml) y La Palmera (3,6 μ /ml) y limitantes en Cutris y Pocosol (1,8 y 1,5 μ /ml, respectivamente), donde se esperaría en principio, respuesta productiva positiva a su adición. El B parece encontrarse dentro del ámbito de suficiencia.
17. Las concentraciones promedio de Fe y Mn fueron altas en todos los distritos, superando el ámbito calificado como medio ubicándose por el contrario en el de Alto. Pareciera válido pensar que dicha situación se da por solubilidad del elemento por condiciones de oxi-reducción (REDOX) favorables, inducidas por exceso de humedad y drenaje restringido, lo que justifica aplicar medidas que contrarresten ese efecto y eviten posibles afecciones por toxicidad de las raíces.
18. El Cu se encuentra dentro del ámbito de adecuación por lo que no muestra problema alguno.
19. Debe adecuarse y promoverse el uso diferenciado y particularizado de las prácticas de manejo agronómico del cultivo de acuerdo con las características del clima, el suelo y las condiciones de producción de las localidades cañeras, con el fin de incrementar la productividad agroindustrial de la planta mediante la implementación de sistemas sostenibles.
20. No debe olvidarse que la mejor forma de evaluar la fertilidad de un suelo consiste en la conducción de experimentos de fertilización representativos perfectamente planeados y concebidos, para identificar las respuestas del cultivo más deseadas. Complementario a esto el conocimiento de los suelos y la planta resultan necesarios.
21. Es necesario continuar con los muestreos de suelo y llegar oportunamente a desarrollar un estudio pedogenético con análisis de unidades fisiográficas que permitan ubicar, caracterizar y clasificar los suelos cultivados con caña de azúcar en la región con base en su aptitud.

LITERATURA CITADA

1. ALFARO, R; CHAVES, M. 2000. Observaciones Sobre la Capacidad de Extracción y Agotamiento Nutricional de un Ultisol Cultivado con Caña de Azúcar. En: Congreso ATALAC, 5, Congreso ATACA, 13 y Congreso ATACORI, 14, Heredia, Costa Rica, setiembre del 2000. POSTER. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. Volumen 2. p: 84.
2. ALPÍZAR QUESADA, R. 1976. Fertilidad de Suelos Cañeros Costarricenses. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 120 p.
3. BERTSCH. H., F. 1987. Manual para Interpretar la Fertilidad de los Suelos de Costa Rica. 2^{da} ed. San José, Costa Rica: Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. 81 p.
4. CHAVES SOLERA, M. A. 1986. Requerimientos, Extracción y Remoción de Nutrientes por la Caña de Azúcar. Boletín Informativo DIECA (Costa Rica). Año 4, N° 29. p: 1-2.
5. CHAVES SOLERA, M. A. 1989. Nutrición de la caña de azúcar en Costa Rica, sus logros y la necesidad de nuevos enfoques en su estudio. En: Congreso Agronómico Nacional, 8, Cartago, Costa Rica, 1989. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, julio. Volumen 1. p: 106-107.
6. CHAVES SOLERA, M. A. 1988. Efeito de Relações Ca:Mg, Utilizando Carbonatos e Sulfatos, Sobre o Crescimento e a Nutrição Mineral da Cana-de-Açúcar. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, Brasil. 186 p. Têse de Mestrado. También En: DIECA. 1991. Congreso Tecnológico de la Caña de Azúcar, San José, Costa Rica, 1989. Memorias. San José, DIECA, noviembre-diciembre. p: 159-200.
7. CHAVES S., M. A.; ALVARADO H., A. 1994. Manejo de la Fertilización en Plantaciones de Caña de Azúcar (*Saccharum spp*) en Andisoles de Ladera de Costa Rica. En: World Congress of Soil Science International Society of Soil Science (ISSS), 15, Acapulco, México, del 11 al 15 julio. Memorias. México, International Society of Soil Science, julio. Volumen 7a. p: 353-372.
8. CHAVES, M. 1996. Experiencias con la Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. En: Congreso ATACORI "Cámara de Productores de Caña del Pacífico", 10, Guanacaste, Costa Rica, setiembre de 1996. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 76-84.
9. CHAVES, M. 1999a. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa

- Rica, Julio de 1999. Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. San José, Colegio de Ingenios Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 193-214.
10. CHAVES SOLERA, M. 1999b. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, setiembre. 130p.
 11. CHAVES, M. 2000. La Práctica del Encalado de los Suelos Cañeros en Costa Rica. En: Congreso ATALAC, 5, Congreso ATACA, 13 y Congreso ATACORI, 14, Heredia, Costa Rica, setiembre del 2000. POSTER. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. Volumen 2. p: 216-223.
 12. CHAVES S., M. 2003. Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica: Experiencias de los Últimos 20 Años (Periodo 1980-2000). En: Congreso ATACORI "*Ing. José Luís Corrales Rodríguez*", 15, Guanacaste, Costa Rica, setiembre del 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 49 -54.
 13. CHAVES, M.; RODRÍGUEZ, M.; ALFARO, R.; VILLALOBOS, C.; ANGULO, A.; BARRANTES M., J. C.; CALDERÓN, G.; RODRÍGUEZ, J. M. 2004. Censo de Variedades de Caña de Azúcar Sembradas en Costa Rica. Año 2003. LAICA-DIECA, San José, Costa Rica. Setiembre del 2004. 126 p.

CUADRO 3
PROMEDIO DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS REALIZADOS
EN LOS DISTRITOS (6) CAÑEROS DE LA REGIÓN HUETAR NORTE, COSTA RICA.

Distrito	n	pH	cmol (+) / l						μ / ml							Saturación Acidez (%)	Ca/K	Ca/Mg	Mg/K	$\frac{100 \times K}{Ca + Mg + K}$	$\frac{Ca + Mg}{K}$
			Acidez	Ca	Mg	K	Suma Bases	CICE	P	Fe	Cu	Zn	Mn	B	S						
QUESADA	14	5,2	0,46	5,71	1,28	0,41	7,40	7,86	7,8	141,6	13,2	3,24	67,0	0,64	13,4	9,20	16,2	4,3	4,2	7,2	20,4
FLORENCIA	33	5,3	0,45	7,08	2,49	0,52	10,09	10,55	15,7	130,8	12,9	4,56	73,8	0,85	23,0	5,89	20,1	3,0	7,2	5,2	27,4
PALMERA	9	4,9	0,74	2,60	1,24	0,29	4,13	4,88	9,4	104,6	12,7	3,60	85,7	0,60	18,9	16,54	9,3	2,0	6,5	6,7	18,5
CUTRIS	20	5,3	0,52	5,12	1,73	0,29	7,14	7,66	8,9	157,7	9,8	1,78	60,4	0,93	25,1	7,63	23,2	3,8	7,6	4,5	30,8
POCOSOL	10	5,2	0,23	4,53	1,41	0,14	6,08	6,31	3,2	126,3	10,5	1,55	55,9	1,08	27,3	3,85	41,4	3,2	12,7	2,8	54,1
LOS CHILES	30	4,9	0,40	4,59	1,62	0,31	6,51	6,91	8,1	132,6	9,5	3,15	55,0	0,86	25,8	6,89	21,6	4,6	7,8	4,4	29,4
PROMEDIO	116*	5,1	0,45	5,37	1,80	0,36	7,52	7,98	10,0	134,8	11,3	3,23	65,2	0,84	23,0	7,50	21,6	3,6	7,5	5,0	29,3
RANGO ÓPTIMO **		5,6- 6,5	0,51- 1,5	4,1- 20	1,1- 5	0,21- 0,6	5,01- 25	5,01- 25	11- 20	11- 100	3-20 10	2,1- 10	6-50 1,0	0,5- 50	20- 50	10,1-50	5,1-25	2,1 - 5	2,6-15	-	10,1 - 40

** De acuerdo con BERTSCH (1987).

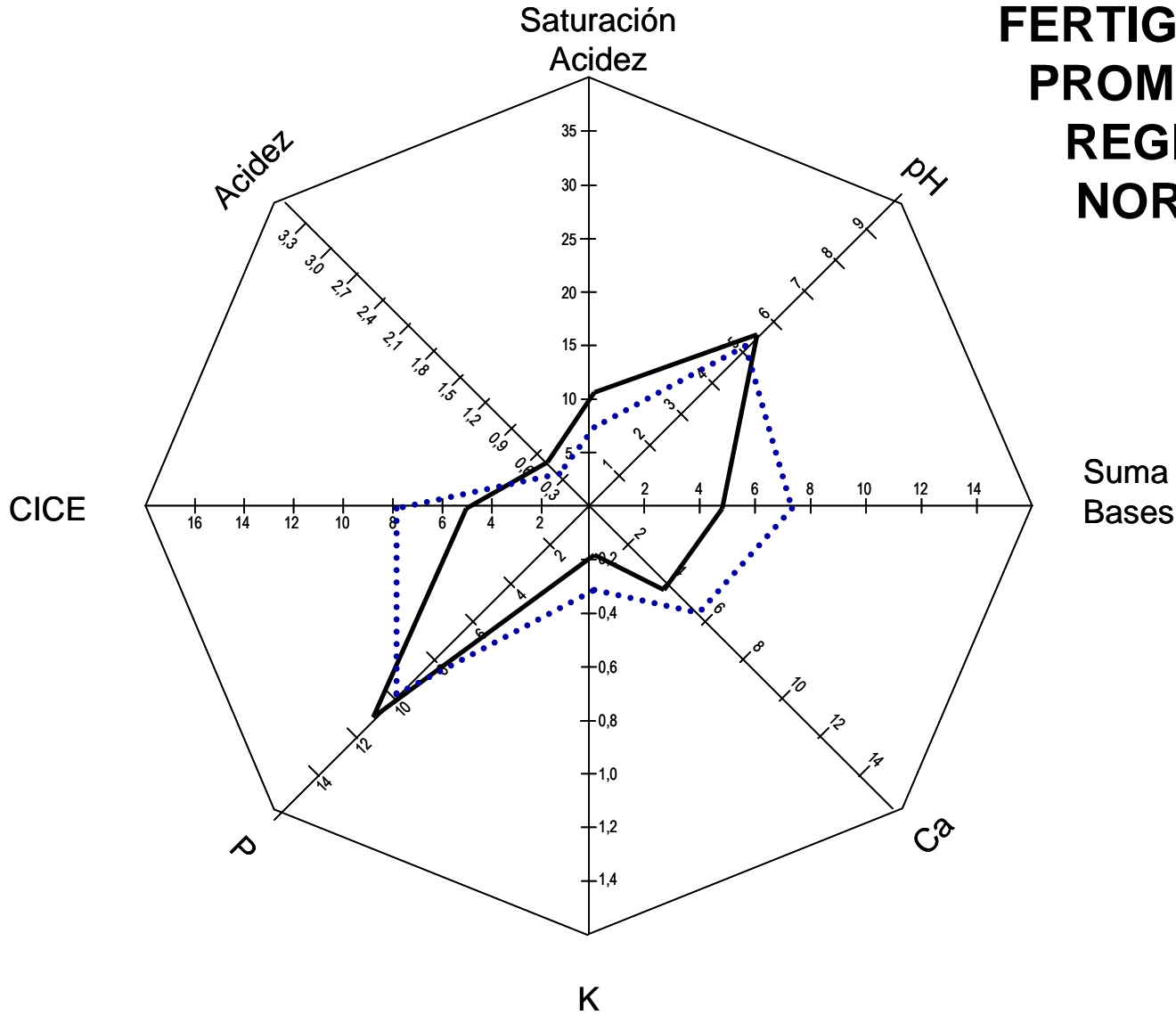
* Se refiere al total de muestras analizadas.

CUADRO 4.
INDICADORES ESTADÍSTICOS ANÁLISIS DE SUELOS, CANTON DE SAN CARLOS.

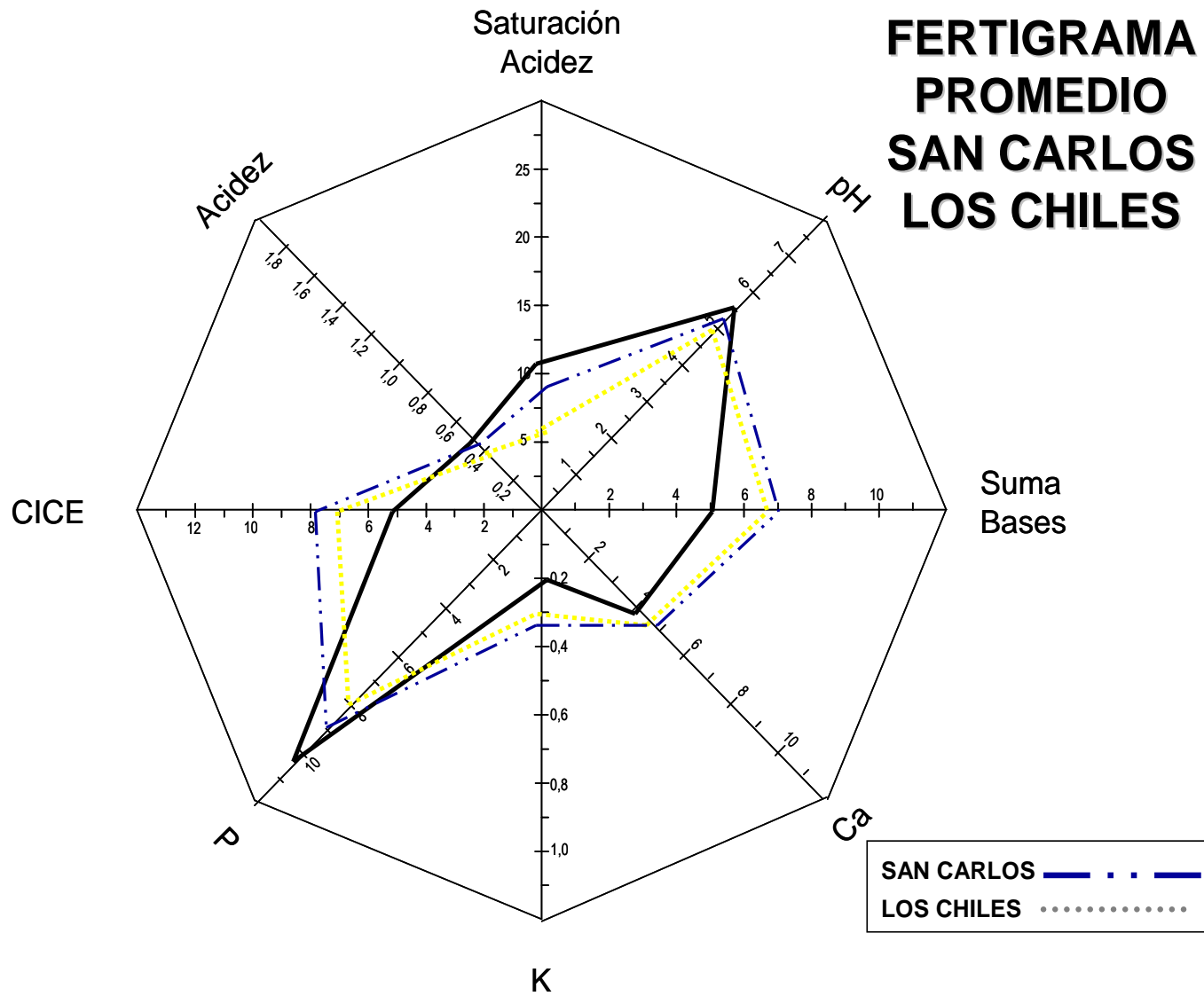
VARIABLE	pH	cmol (+) / l						μ / ml							% Saturación Acidez	Ca/K	Ca/Mg	Mg/K	$\frac{100 \times K}{Ca + Mg + K}$	$\frac{Ca + Mg}{K}$
		Acidez	Ca	Mg	K	Suma Bases	CICE	P	Fe	Cu	Zn	Mn	B	S						
PROMEDIO	5,1	0,45	5,37	1,80	0,36	7,52	7,98	10,0	134,8	11,3	3,23	65,2	0,84	23,0	7,50	21,6	3,64	7,5	5,0	29,3
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,51	0,38	3,47	1,02	0,31	4,43	4,38	9,20	81,54	3,95	3,03	38,41	0,35	13,7	6,82	16,1	4,86	5,54	3,18	20,58
CV (%)	9,89	83,61	64,63	56,8	87,1	58,90	54,94	91,8	60,5	35,0	93,8	58,93	42,0	59,6	90,97	74,8	133,5	73,93	63,43	70,35
MÁXIMO	6,6	2,00	20,20	5,10	1,50	23,40	23,50	54,0	799,0	27,0	22,5	187,0	2,00	72,0	33,33	70,0	52,00	23,0	18,2	93,0
MÍNIMO	3,8	0,01	0,60	0,10	0,10	1,10	1,40	1,0	30,0	4,0	0,30	1,0	0,10	1,7	0,05	2,7	0,78	1,0	1,1	4,5
AMPLITUD	2,8	1,99	19,60	5,00	1,40	22,30	22,10	53,0	769,0	23,0	22,2	186,0	1,90	70,3	33,28	67,3	51,22	22,0	17,1	88,5
PERCENTIL 50	5,2	0,35	4,65	1,49	0,30	6,45	6,70	7,0	122,5	11,0	2,60	65,5	0,77	23,0	5,14	15,0	2,76	5,5	4,4	21,7
PERCENTIL 70	5,3	0,60	5,90	2,05	0,40	8,00	8,40	10,0	155,0	13,0	3,45	84,0	1,01	30,0	9,90	21,8	3,56	8,7	6,4	33,7
PERCENTIL 80	5,5	0,70	7,10	2,70	0,50	10,20	10,57	15,3	179,0	14,0	4,00	97,0	1,11	33,2	13,97	36,8	4,00	13,0	7,0	50,0
PERCENTIL 90	5,7	0,90	9,20	3,35	0,85	13,17	13,57	22,5	199,5	16,0	5,55	114,5	1,40	37,6	17,42	48,50	5,22	16,0	8,8	61,0

n = 116

FERTIGRAMA PROMEDIO REGIÓN NORTE



FERTIGRAMA PROMEDIO SAN CARLOS LOS CHILES

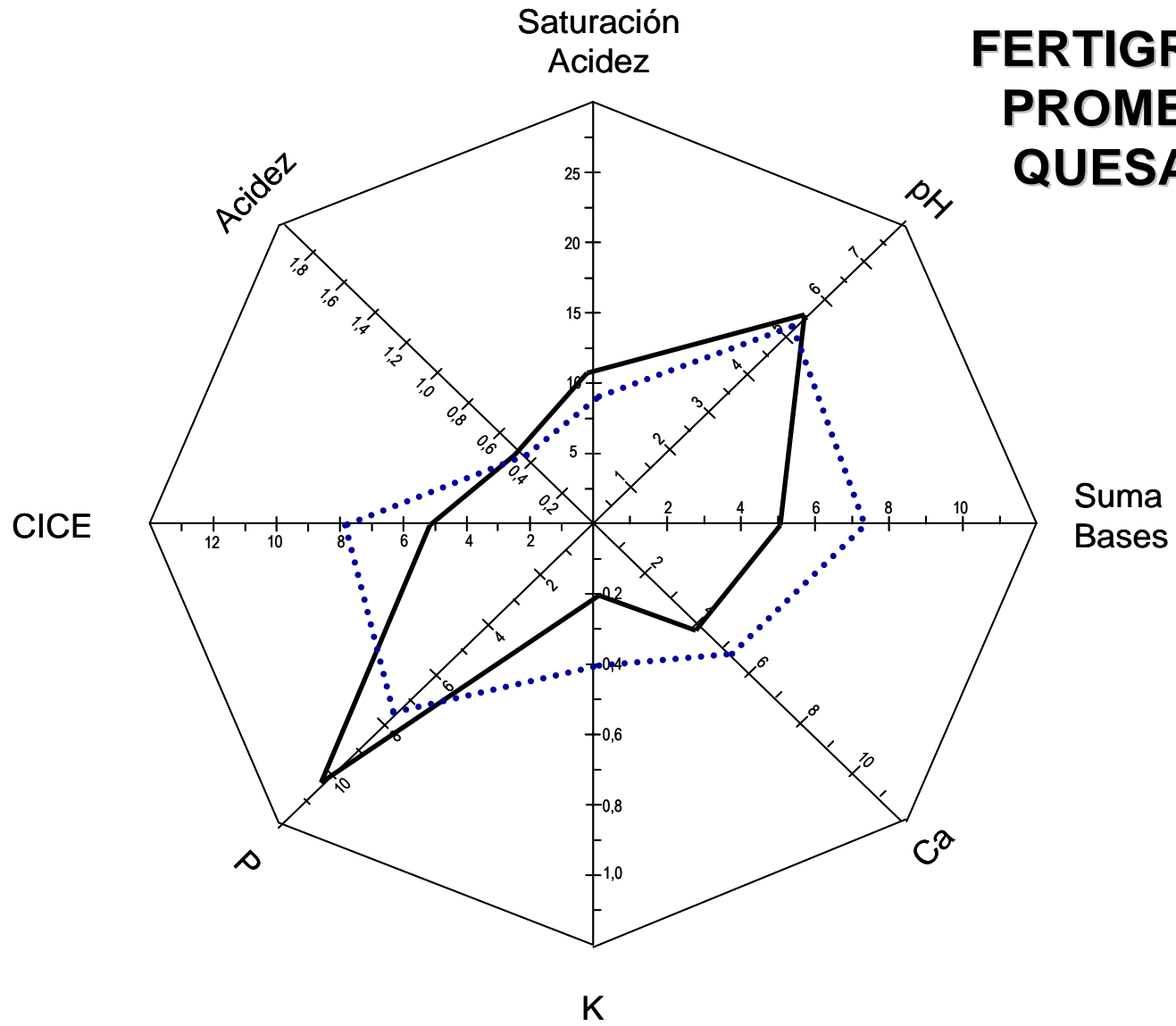


CUADRO 5.
INDICADORES ESTADÍSTICOS ANÁLISIS DE SUELOS, DISTRITO DE QUESADA. CANTÓN DE SAN CARLOS.

VARIABLE	pH	cmol (+) / l						μ / ml							% Saturación Acidez	Ca/K	Ca/Mg	Mg/K	$\frac{100 \times K}{Ca + Mg + K}$	$\frac{Ca + Mg}{K}$
		Acidez	Ca	Mg	K	Suma Bases	CICE	P	Fe	Cu	Zn	Mn	B	S						
PROMEDIO	5,2	0,46	5,71	1,28	0,41	7,40	7,86	7,8	141,6	13,2	3,24	67,0	0,64	13,4	9,20	16,2	4,3	4,2	7,2	20,4
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,42	0,37	5,07	0,92	0,34	6,22	6,15	6,17	44,74	2,80	1,08	44,08	0,12	12,1	6,96	14,94	1,86	3,63	4,33	18,32
CV (%)	8,09	78,62	88,76	72,2	83,7	84,01	78,17	79,0	31,59	21,2	33,2	65,79	19,0	90,5	75,68	92,08	43,77	87,14	60,38	89,83
MÁXIMO	5,8	1,30	18,20	3,50	1,50	23,20	23,30	22,0	197,0	17,0	5,60	120,0	1,00	44,0	21,43	50,7	7,8	14,0	18,2	64,0
MÍNIMO	4,5	0,10	0,60	0,30	0,10	1,10	1,40	1,00	51,0	8,7	1,40	6,0	0,50	1,8	0,43	3,0	1,3	1,0	1,5	4,5
AMPLITUD	1,3	1,20	17,60	3,20	1,40	22,10	21,90	21,0	146,0	8,3	4,20	114,0	0,50	42,2	21,00	47,7	6,5	13,0	16,7	59,5
PERCENTIL 50	5,4	0,30	3,80	0,80	0,30	5,40	5,70	6,4	139,0	13,0	3,1	50,0	0,60	9,9	9,09	10,8	4,8	2,3	7,3	12,8
PERCENTIL 70	5,5	0,40	5,00	1,40	0,40	6,50	7,10	7,0	149,0	14,0	4,0	78,0	0,60	11,0	11,11	12,1	5,2	4,7	8,2	17,0
PERCENTIL 80	5,6	0,50	5,40	1,40	0,50	6,90	7,30	11,0	174,0	15,0	4,3	84,0	0,60	14,0	16,44	12,3	5,4	6,0	10,3	18,0
PERCENTIL 90	5,6	0,50	15,20	2,90	0,50	18,40	18,60	20,0	195,0	15,0	4,5	106,0	0,80	27,0	20,83	50,0	7,0	9,7	12,5	60,3

n = 14

FERTIGRAMA PROMEDIO QUESADA

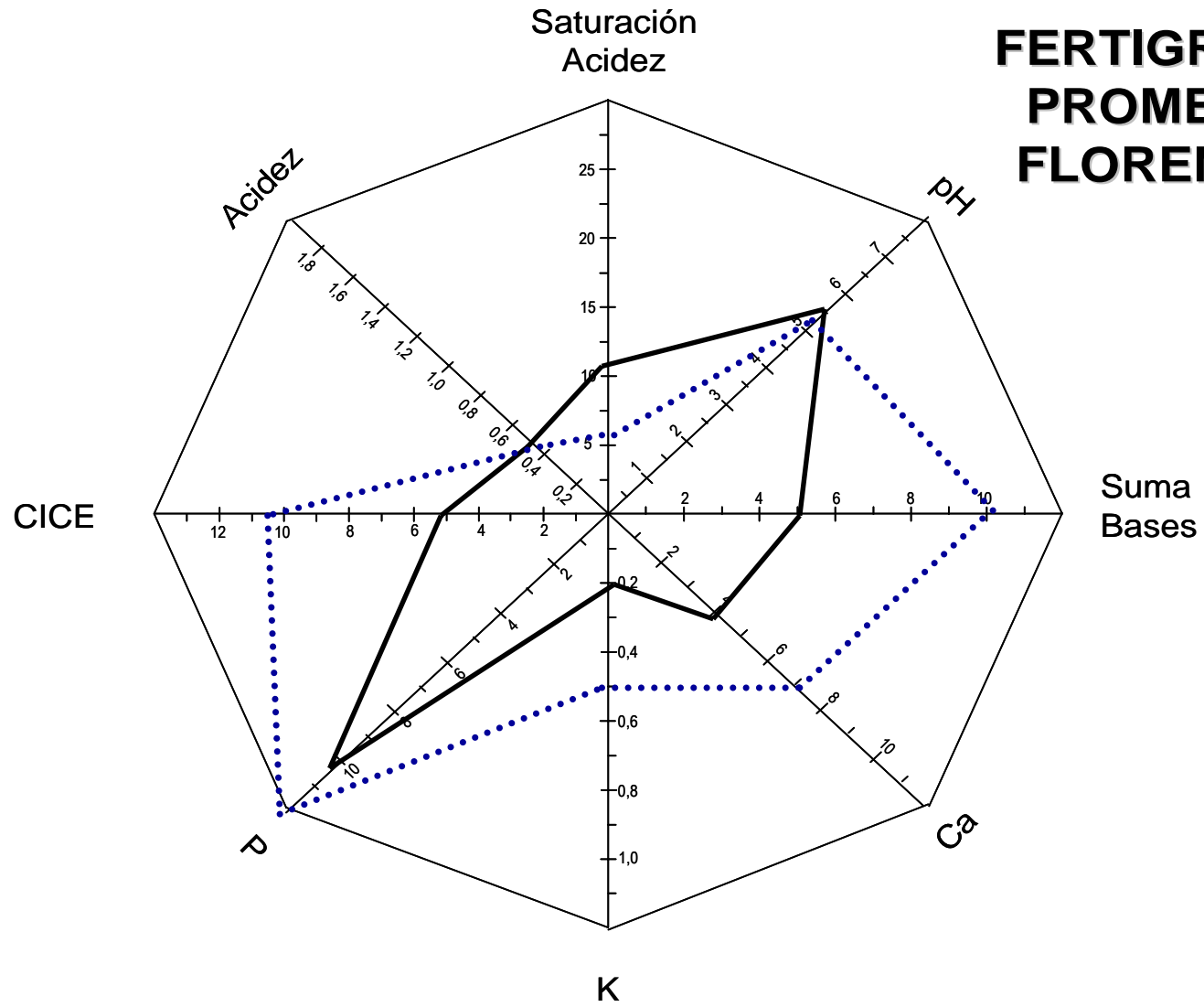


CUADRO 6.
INDICADORES ESTADÍSTICOS ANÁLISIS DE SUELOS, DISTRITO DE FLORENCIA. CANTÓN DE SAN CARLOS.

VARIABLE	pH	cmol (+) / l						μ / ml							(% Saturación Acidez	Ca/K	Ca/Mg	Mg/K	100 x K	
		Acidez	Ca	Mg	K	Suma Bases	CICE	P	Fe	Cu	Zn	Mn	B	S					Ca + Mg	
																			Ca + Mg + K	K
PROMEDIO	5,3	0,45	7,08	2,49	0,52	10,09	10,55	15,7	130,8	12,9	4,56	73,8	0,85	23,0	5,89	20,1	3,0	7,2	5,2	27,4
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,26	0,31	4,17	1,16	0,36	5,27	5,13	13,4	52,67	4,39	4,59	37,46	0,45	17,9	5,28	16,18	1,38	5,90	2,59	21,52
CV (%)	4,98	69,48	58,85	46,8	68,8	52,22	48,61	85,3	40,27	34,2	100,5	50,79	52,34	78,0	89,53	80,43	45,68	81,58	50,01	78,67
MÁXIMO	5,8	1,10	20,20	5,10	1,40	23,40	23,50	54,0	239,0	27,0	22,50	169,0	2,00	72,0	16,67	70,0	7,4	23,0	10,1	93,0
MÍNIMO	4,7	0,01	2,70	0,50	0,10	4,00	4,60	2,0	33,0	5,8	0,60	14,0	0,10	2,3	0,00	6,5	1,7	1,3	1,1	9,0
AMPLITUD	1,1	1,09	17,50	4,60	1,30	19,40	18,90	52,0	206,0	21,2	21,90	155,0	1,90	69,7	16,67	63,5	5,7	21,7	9,0	84,0
PERCENTIL 50	5,2	0,40	6,50	2,50	0,40	9,30	9,50	7,70	124,0	12,0	3,40	69,0	0,80	17,0	4,08	13,0	2,7	4,3	5,6	17,0
PERCENTIL 70	5,4	0,64	7,44	3,20	0,74	11,70	12,40	23,0	166,6	14,4	3,92	85,8	0,90	32,2	7,96	21,5	3,0	6,9	6,8	28,3
PERCENTIL 80	5,4	0,80	9,24	3,36	0,90	13,38	13,74	26,8	183,6	16,6	4,62	111,6	1,28	39,7	11,26	32,0	3,4	11,2	7,1	45,0
PERCENTIL 90	5,6	0,90	12,46	4,04	1,00	17,52	17,56	32,0	193,0	18,7	7,06	116,6	1,50	46,3	14,27	38,0	4,5	15,6	8,6	56,4

n = 33

FERTIGRAMA PROMEDIO FLORENCIA

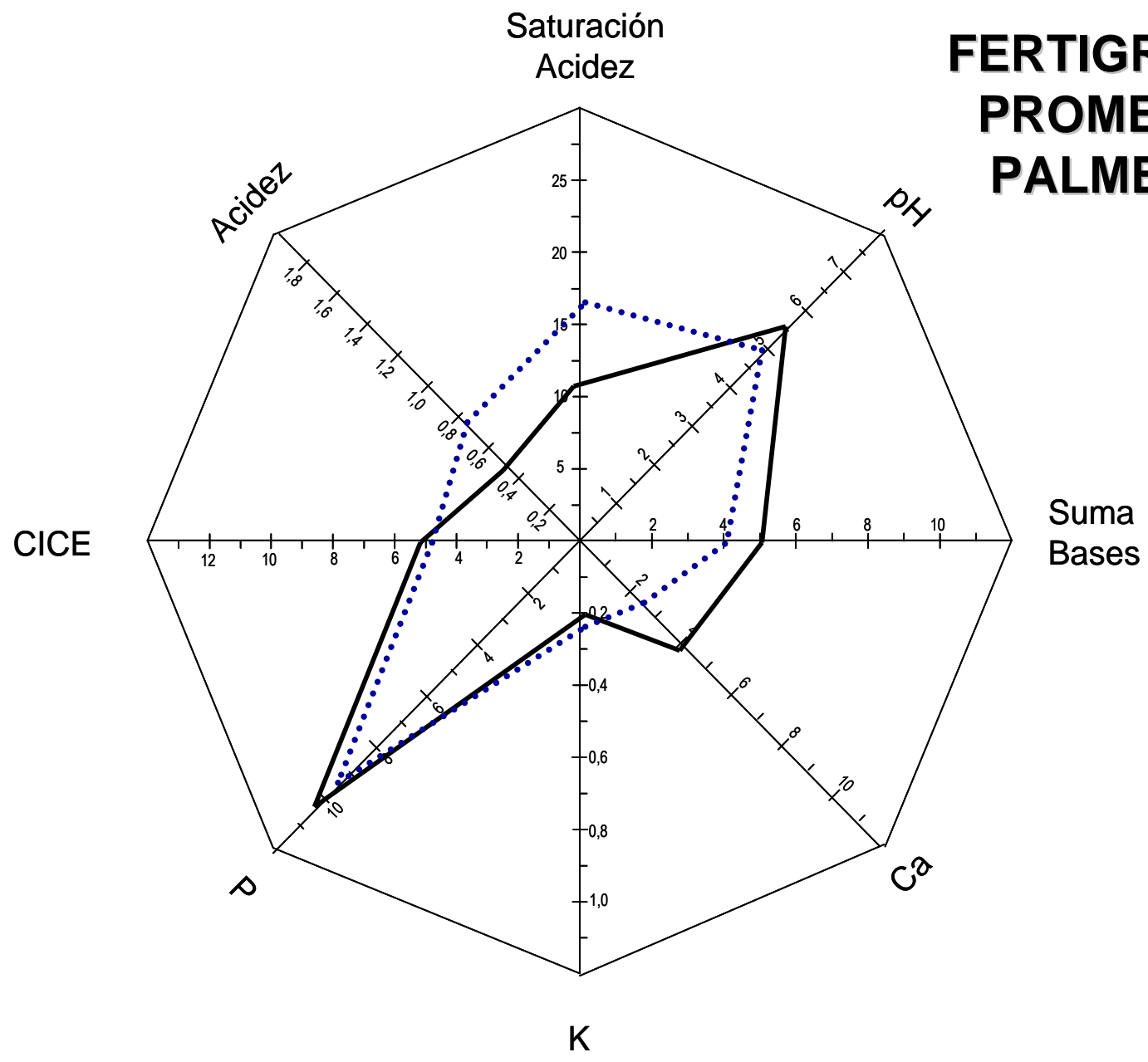


CUADRO 7.
INDICADORES ESTADÍSTICOS ANÁLISIS DE SUELOS. DISTRITO LA PALMERA. CANTÓN DE SAN CARLOS

VARIABLE	pH	cmol (+) / l						μ / ml							(%) Saturación Acidez	Ca/K	Ca/Mg	Mg/K	<u>100 x K</u> Ca + Mg + K	<u>Ca + Mg</u> K
		Acidez	Ca	Mg	K	Suma Bases	CICE	P	Fe	Cu	Zn	Mn	B	S						
PROMEDIO	4,9	0,74	2,60	1,24	0,29	4,13	4,88	9,4	104,6	12,7	3,60	85,7	0,60	18,9	16,54	9,3	2,0	6,5	6,7	18,5
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,31	0,35	1,26	0,23	0,26	1,62	1,72	7,99	32,90	3,34	1,36	27,78	0,19	8,17	8,57	5,08	0,91	3,59	3,59	10,51
CV (%)	6,44	47,54	48,7	18,5	89,0	39,14	35,25	85,3	31,47	26,2	37,8	32,42	31,18	43,3	51,81	54,70	44,46	55,42	53,89	56,91
MÁXIMO	5,5	1,40	4,50	1,60	0,90	6,90	8,30	20,5	154,0	18,0	6,30	114,0	0,90	36,0	33,33	17,0	3,8	13,0	13,0	40,0
MÍNIMO	4,4	0,20	0,70	0,90	0,10	1,80	2,70	1,00	68,0	8,7	1,70	31,0	0,40	4,5	3,33	2,7	0,78	1,7	2,4	6,7
AMPLITUD	1,1	1,20	3,80	0,70	0,80	5,10	5,60	19,5	86,0	9,3	4,60	83,0	0,50	31,5	30,00	14,3	3,02	11,3	10,6	33,3
PERCENTIL 50	4,8	0,70	2,60	1,20	0,20	4,10	5,00	5,20	118,0	13,0	3,60	89,0	0,60	18,0	17,65	8,4	1,9	6,0	5,6	17,0
PERCENTIL 70	4,9	0,90	3,12	1,36	0,20	4,80	5,58	14,2	119,6	14,8	4,06	102,2	0,70	20,6	18,55	12,2	2,1	7,6	7,8	23,0
PERCENTIL 80	5,0	0,90	3,72	1,44	0,32	5,44	5,94	19,1	128,4	16,0	4,26	106,6	0,74	21,1	19,84	13,8	2,5	8,8	9,6	25,0
PERCENTIL 90	5,2	1,00	4,26	1,52	0,58	6,02	6,46	20,3	143,6	16,4	4,86	112,4	0,82	24,2	23,64	15,4	3,2	10,6	11,5	28,0

n = 9

FERTIGRAMA PROMEDIO PALMERA

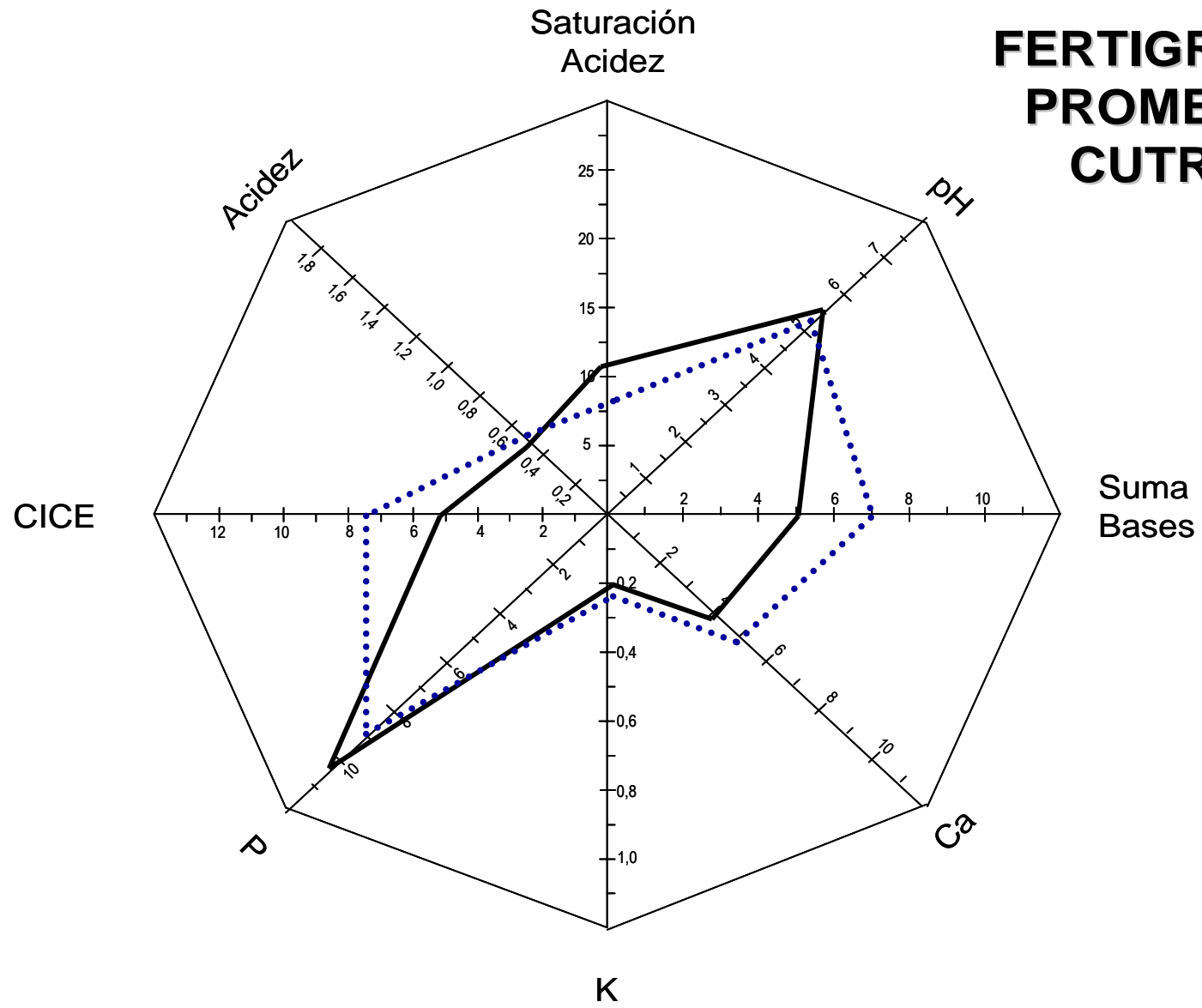


CUADRO 8.
INDICADORES ESTADÍSTICOS ANÁLISIS DE SUELOS, DISTRITO DE CUTRIS. CANTÓN DE SAN CARLOS.

VARIABLE	pH	cmol (+) / l						μ / ml								Saturación Acidez (%)	Ca/K	Ca/Mg	Mg/K	100 x K	
		Acidez	Ca	Mg	K	Suma Bases	CICE	P	Fe	Cu	Zn	Mn	B	S	Ca + Mg						
															Ca + Mg + K					K	
PROMEDIO	5,3	0,52	5,12	1,73	0,29	7,14	7,66	8,9	157,7	9,8	1,78	60,4	0,93	25,1	7,63	23,2	3,82	7,6	4,5	30,8	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,69	0,55	2,96	1,07	0,19	3,83	4,07	7,30	164,4	4,10	1,05	46,20	0,38	15,4	6,68	16,36	3,08	5,65	2,66	20,10	
CV (%)	13,0	105,44	57,76	61,6	64,2	53,59	53,19	82,2	104,3	41,8	59,1	76,55	40,4	61,2	87,55	70,44	80,52	74,21	58,70	65,18	
MÁXIMO	6,6	2,00	13,20	3,90	0,70	15,80	16,60	29,4	799,0	16,0	4,00	140,0	1,70	70,9	23,08	60,0	12,0	21,0	10,0	65,0	
MÍNIMO	4,5	0,10	0,90	0,50	0,10	2,00	2,60	1,0	38,0	4,0	0,30	1,0	0,20	1,7	0,63	4,5	0,9	1,7	1,5	9,0	
AMPLITUD	2,1	1,90	12,30	3,40	0,60	13,80	13,83	28,4	761,0	12,0	3,70	139,0	1,50	69,2	22,45	55,5	11,1	19,3	8,5	56,0	
PERCENTIL 50	5,2	0,40	4,70	1,65	0,25	6,45	6,60	6,6	127,5	10,0	1,60	61,5	1,00	24,5	5,69	16,0	2,8	5,2	4,1	23,7	
PERCENTIL 70	5,3	0,53	6,03	2,10	0,33	7,72	8,10	10,3	157,2	12,7	2,05	82,4	1,10	30,6	9,29	25,9	3,5	7,9	5,5	36,8	
PERCENTIL 80	5,9	0,62	6,54	2,32	0,50	9,62	10,20	14,3	171,4	13,2	2,90	111,2	1,22	32,4	14,14	42,0	4,4	11,0	7,0	54,6	
PERCENTIL 90	6,5	1,09	7,87	3,61	0,51	12,26	13,83	18,2	228,8	14,2	3,23	121,5	1,40	35,8	16,23	47,1	9,4	17,2	8,7	63,1	

n = 20

FERTIGRAMA PROMEDIO CUTRIS

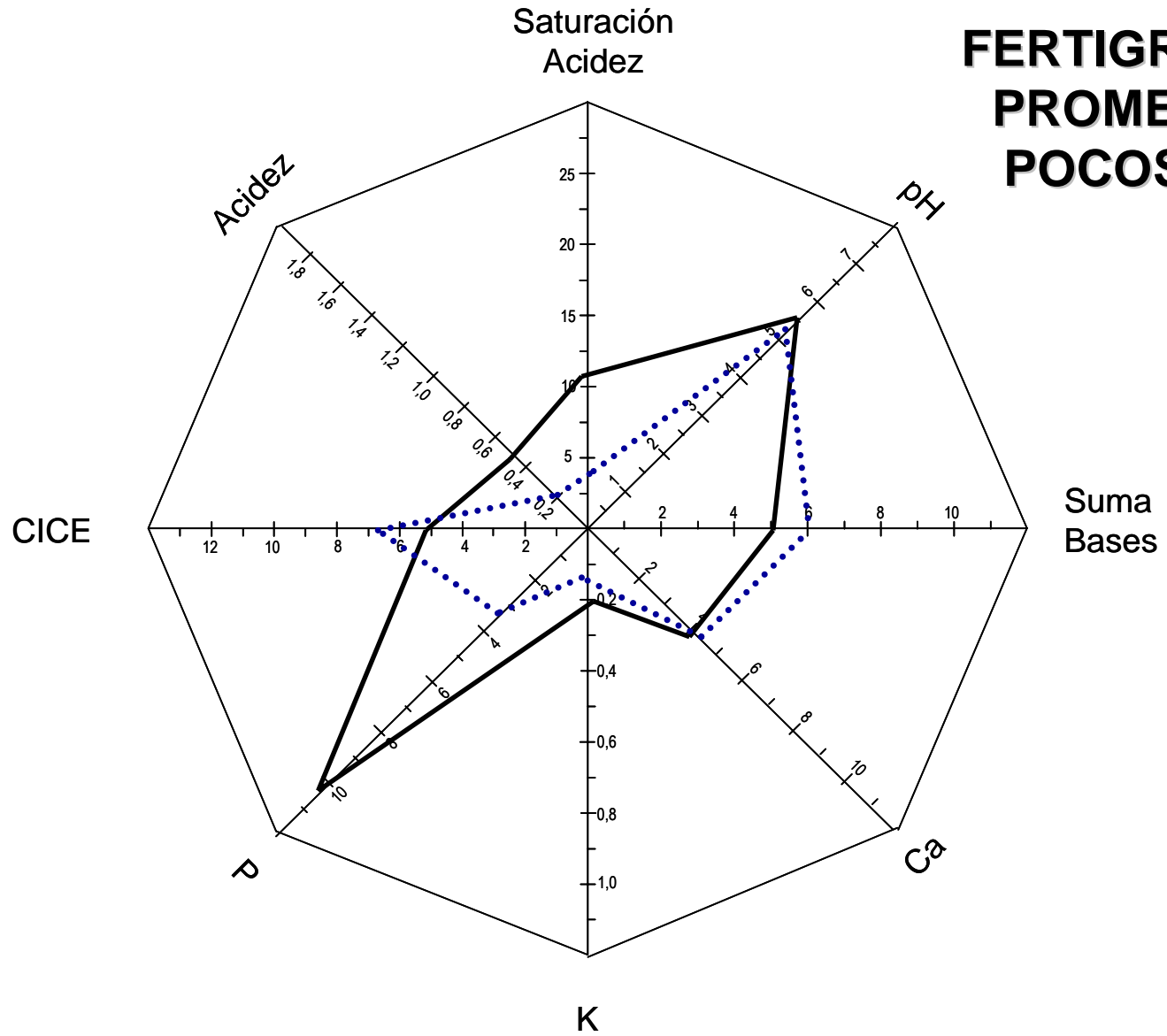


CUADRO 9.
INDICADORES ESTADÍSTICOS ANÁLISIS DE SUELOS, DISTRITO DE POCOSOL. CANTÓN DE SAN CARLOS.

VARIABLE	pH	cmol (+) / l						μ / ml							Saturación Acidez (%)	Ca/K	Ca/Mg	Mg/K	100 x K Ca + Mg + K	Ca + Mg K
		Acidez	Ca	Mg	K	Suma Bases	CICE	P	Fe	Cu	Zn	Mn	B	S						
PROMEDIO	5,2	0,23	4,53	1,41	0,14	6,08	6,31	3,2	126,3	10,5	1,55	55,9	1,08	27,3	3,85	41,4	3,2	12,7	2,8	54,1
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,20	0,13	1,33	0,36	0,08	1,59	1,57	0,64	68,25	5,27	0,79	27,6	0,35	7,01	2,36	19,14	0,59	5,75	2,60	24,65
CV (%)	3,89	58,15	29,3	25,8	60,2	26,12	24,85	20,0	54,04	50,5	50,9	49,4	32,0	25,6	61,34	46,19	18,44	45,28	94,37	45,53
MÁXIMO	5,6	0,50	6,40	2,10	0,30	8,20	8,30	4,0	253,0	22,0	3,40	97,0	1,70	34,0	8,20	64,0	4,0	21,0	9,1	81,0
MÍNIMO	4,9	0,10	2,00	1,00	0,10	3,30	3,40	2,0	30,0	4,7	0,80	22,0	0,40	10,3	1,20	6,7	2,0	3,3	1,2	10,0
AMPLITUD	0,7	0,40	4,40	1,10	0,20	4,90	4,90	2,0	223,0	17,3	2,60	75,0	1,30	23,7	7,00	57,3	2,0	17,7	7,9	71,0
PERCENTIL 50	5,2	0,20	4,50	1,35	0,10	5,90	6,20	3,0	114,0	10,0	1,30	53,5	1,10	29,5	2,99	45,0	3,4	13,5	1,7	58,0
PERCENTIL 70	5,3	0,23	5,17	1,56	0,10	6,85	7,05	3,4	160,2	13,0	1,49	73,6	1,13	31,3	4,41	51,7	3,5	15,6	2,0	67,5
PERCENTIL 80	5,3	0,32	5,84	1,72	0,14	7,92	8,12	4,0	173,4	13,0	1,84	83,0	1,24	32,2	5,87	58,4	3,6	17,2	2,8	78,2
PERCENTIL 90	5,4	0,41	6,04	1,83	0,30	8,02	8,21	4,0	193,6	13,9	2,50	88,0	1,43	33,1	7,25	60,4	3,8	18,3	6,1	79,2

n = 10

FERTIGRAMA PROMEDIO POCOSOL



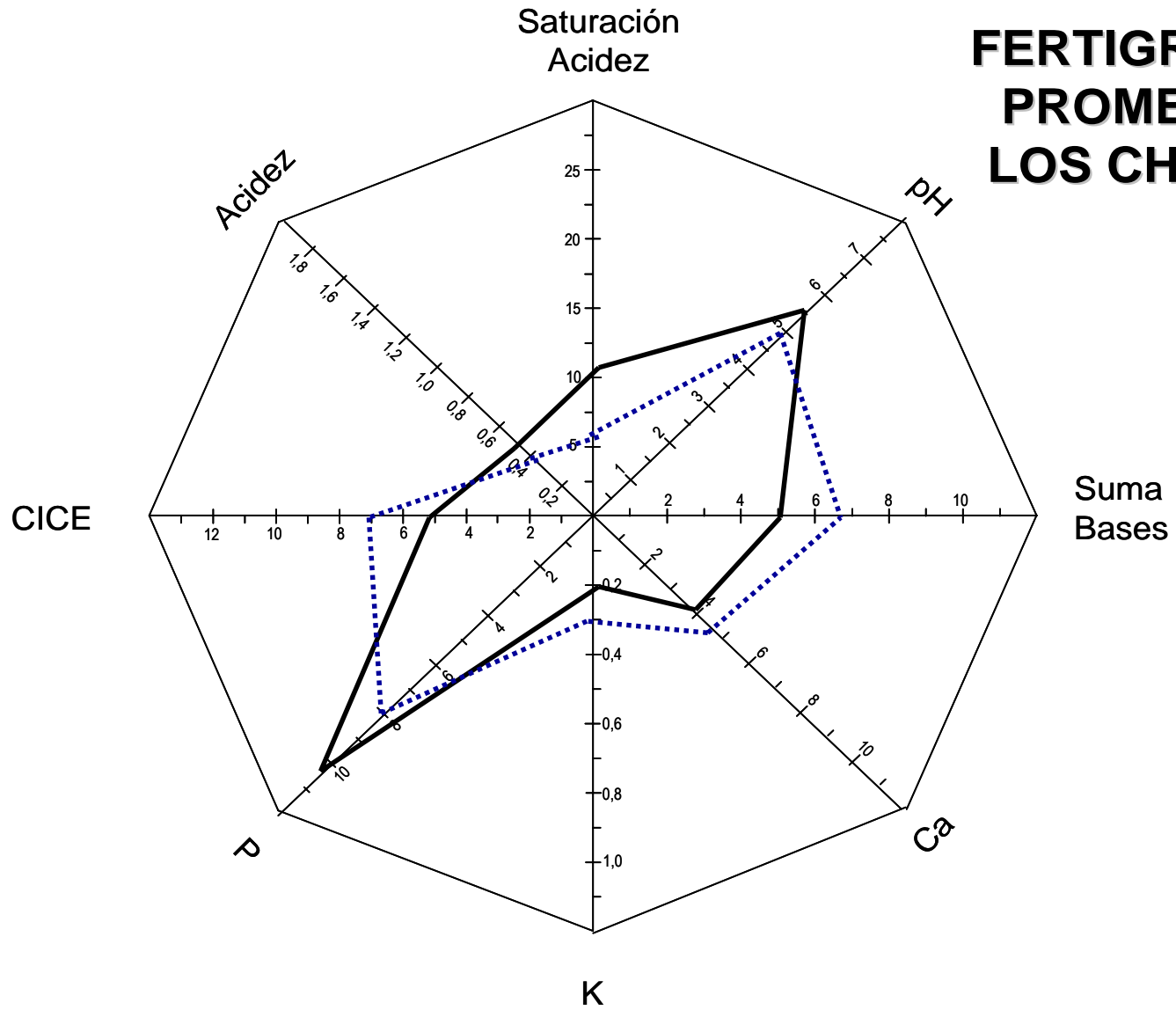
CUADRO 10.

INDICADORES ESTADÍSTICOS ANÁLISIS DE SUELOS, DISTRITO DE LOS CHILES. CANTÓN DE SAN CARLOS.

VARIABLE	pH	cmol (+) / l						μ / ml								(% Saturación Acidez	Ca/K	Ca/Mg	Mg/K	$\frac{100 \times K}{Ca + Mg + K}$	$\frac{Ca + Mg}{K}$
		Acidez	Ca	Mg	K	Suma Bases	CICE	P	Fe	Cu	Zn	Mn	B	S							
PROMEDIO	4,9	0,40	4,59	1,62	0,31	6,51	6,91	8,1	132,6	9,5	3,15	55,0	0,86	25,8	6,89	21,6	4,6	7,8	4,4	29,4	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,63	0,34	1,89	0,76	0,32	2,42	2,26	2,97	47,30	2,02	2,57	34,85	0,26	8,17	6,81	12,06	9,01	5,24	2,95	15,54	
CV (%)	12,89	86,19	41,3	47,3	103,4	37,09	32,72	36,8	35,67	21,3	81,67	63,33	30,1	31,7	98,73	55,97	197,7	67,00	66,74	52,91	
MÁXIMO	6,0	1,00	10,60	4,27	1,48	13,43	13,54	12,4	223,0	16,0	11,80	187,0	1,40	46,3	21,88	52,0	52,0	21,4	14,3	65,0	
MÍNIMO	3,8	0,09	2,47	0,10	0,10	3,37	4,07	1,0	63,0	6,1	0,90	9,0	0,44	14,0	0,81	4,53	4,5	1,0	1,5	6,0	
AMPLITUD	2,2	0,91	8,13	4,17	1,38	10,06	9,47	11,4	160,0	9,9	10,90	178,0	0,96	32,3	21,07	47,5	47,5	20,4	12,8	59,0	
PERCENTIL 50	5,0	0,19	4,28	1,50	0,21	6,04	6,52	8,3	118,5	9,5	2,35	51,0	0,77	24,2	3,03	18,58	2,7	5,7	3,9	25,0	
PERCENTIL 70	5,2	0,63	5,08	1,77	0,29	7,33	7,79	9,1	156,4	10,3	2,93	71,6	1,06	30,0	9,32	20,95	3,7	9,4	4,6	31,6	
PERCENTIL 80	5,5	0,72	5,32	1,86	0,34	7,87	8,32	10,7	184,8	10,8	4,12	75,8	1,11	33,4	12,09	33,02	3,9	13,7	5,4	46,9	
PERCENTIL 90	5,8	0,91	6,27	2,36	0,50	9,26	9,45	11,2	204,3	11,7	6,14	82,0	1,20	37,0	17,39	37,72	4,6	15,0	6,6	53,1	

n = 30

FERTIGRAMA PROMEDIO LOS CHILES



CUADRO 11.
DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS (5%) SEGÚN PRUEBA DE DMS ENTRE INDICADORES DE FERTILIDAD DEL SUELO
SEGÚN DISTRITO. CANTONES DE LOS CHILES Y SAN CARLOS, 2007.

DISTRITO	VARIABLE	COMPARADOR/REGIÓN	DISTRITO	VARIABLE	COMPARADOR/REGIÓN
	pH			BASES	
CHILES	4,9	CUTRIS – FLORENCIA	CHILES	6,51	FLORENCIA
FLORENCIA	5,3	PALMERA	CUTRIS	7,14	FLORENCIA
CUTRIS	5,3	PALMERA	FLORENCIA	10,09	PALMERA - POCOSOL - QUESADA
	K			CICE	
POCOSOL	0,14	QUESADA	CHILES	6,91	FLORENCIA
CUTRIS	0,29	FLORENCIA	CUTRIS	7,66	FLORENCIA
CHILES	0,31	FLORENCIA	FLORENCIA	10,55	PALMERA-POCOSOL-QUESADA
FLORENCIA	0,52	PALMERA – POCOSOL			
	Mg			P	
CHILES	1,62	FLORENCIA	CHILES	8,1	FLORENCIA
CUTRIS	1,73	FLORENCIA	CUTRIS	8,9	FLORENCIA
FLORENCIA	2,49	PALMERA-POCOSOL-QUESADA	FLORENCIA	15,7	POCOSOL - QUESADA
	ACIDEZ			S	
CHILES	0,40	PALMERA	FLORENCIA	23,0	QUESADA
FLORENCIA	0,45	PALMERA	CUTRIS	25,1	QUESADA
CUTRIS	0,52	POCOSOL	CHILES	25,8	QUESADA
PALMERA	0,74	POCOSOL	POCOSOL	27,3	QUESADA

	Ca			Zn	
PALMERA	2,60	QUESADA	CUTRIS	1,78	FLORENCIA
CHILES	4,59	FLORENCIA	FLORENCIA	4,56	POCOSOL
CUTRIS	5,12	FLORENCIA		Cu	
FLORENCIA	7,08	PALMERA – POCOSOL	CHILES	9,5	FLORENCIA - PALMERA - QUESADA
	Mn		CUTRIS	9,9	FLORENCIA – PALMERA - QUESADA
CHILES	55,0	PALMERA			
	B			SATURAC ACIDEZ	
PALMERA	0,60	POCOSOL	POCOSOL	3,85	QUESADA
FLORENCIA	0,85	PALMERA	FLORENCIA	5,89	PALMERA
CHILES	0,86	PALMERA – QUESADA	CHILES	6,89	PALMERA
CUTRIS	0,93	PALMERA – QUESADA	CUTRIS	7,63	PALMERA
POCOSOL	1,08	QUESADA	PALMERA	16,54	POCOSOL - QUESADA
	Ca/K			K/BASES	
PALMERA	9,3	POCOSOL	POCOSOL	2,8	QUESADA
FLORENCIA	20,1	POCOSOL	CHILES	4,4	PALMERA - QUESADA
CHILES	21,6	PALMERA – POCOSOL	CUTRIS	4,5	QUESADA
CUTRIS	23,2	PALMERA – POCOSOL	FLORENCIA	5,2	POCOSOL
POCOSOL	41,4	QUESADA	PALMERA	6,7	POCOSOL
	Mg/K			Ca+Mg/K	
PALMERA	6,5	POCOSOL	PALMERA	18,5	POCOSOL
FLORENCIA	7,2	POCOSOL	FLORENCIA	27,4	POCOSOL
CUTRIS	7,6	POCOSOL	CHILES	29,4	POCOSOL
CHILES	7,8	POCOSOL – QUESADA	CUTRIS	30,8	POCOSOL
POCOSOL	12,7	QUESADA	POCOSOL	54,1	QUESADA

LAS DIFERENCIAS SON EQUIVALENTES A $P(t) < 0,05$ CORRESPONDIENTE A UNA SIGNIFICANCIA DEL 5%.

DMS = SE REFIERE A LA PRUEBA DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA.