

## DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS Y ESTIMATIVOS SOBRE LAS NECESIDADES DE FERTILIZANTES PARA EL DISTRITO DE RIEGO DEL RIO ZULIA (NORTE DE SANTANDER)\*

### Fertility diagnosis and fertilizer estimates for the soils of the Zulia River Irrigation District (Norte de Santander)

Gloria Patricia Sánchez Ortega<sup>1</sup>, Rodrigo Hernando Yepes Orjuela<sup>1</sup>  
Luis Jorge Mesa López<sup>2</sup>

#### RESUMEN

Entre los semestres 1994 B y 1995 A, se realizó un diagnóstico de las principales características químicas de los suelos arroceros del Distrito de Riego del río Zulia (Norte de Santander), con el fin de identificar las principales limitantes nutricionales y definir parámetros sobre el manejo adecuado de fertilizantes y correctivos. El uso del levantamiento de suelos preexistente, al igual que los análisis mineralógicos, foliares y de calidad de aguas para riego, en asocio con la encuesta realizada a los agricultores, permitieron una mayor precisión en el muestreo, la interpretación de los resultados y las recomendaciones finales.

**Palabras clave:** Arroz, evaluación fertilidad, fangueo, unidad cartográfica, toxicidad de hierro.

#### SUMMARY

A diagnosis of the main chemical characteristics of the rice-growing soils of the Zulia river irrigation district (Norte de Santander) was made between the semesters 1994B and 1995A, aimed at identifying the

main nutritional constraints, and defining some parameters on the adequate managements of fertilizers and amendments. The use of the pre-existing soil mapping, as well as mineralogical, leaf and irrigation-water quality analyses, associated with a poll carried out among the farmers, allowed for a greater sample-precision, better interpretation of the results, and more accurate final recommendations.

**Key words:** Rice, fertility assessment, flooded soil mechanization, cartographic unit, iron toxicity.

#### INTRODUCCION

Colombia es un país de vocación agrícola, ya que su economía depende, en gran parte, del desarrollo de este sector; además, allí se genera la producción de materias primas y alimentos para el desarrollo de otros sectores.

Dentro de este contexto, se encuentra que el cultivo del arroz ha desarrollado un papel importante, tanto en generación de empleo, como en desarrollo regional y estabilidad socioeconómica de las zonas arroceras. Después del trigo, el arroz es el cereal más cultivado en el mundo y, en Colombia, después del café, ocupa el segundo lugar en importancia agrícola.

La fertilización, como la práctica que más altos costos genera en la producción, hace preponderante establecer mecanismos

\* Recibido: Diciembre de 1996

<sup>1</sup> Ingenieros Agrónomos, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 14490, Santafé de Bogotá, D.C.

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo, Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 14490, Santafé de Bogotá, D.C.

que conduzcan a una mayor efectividad, razón por la cual la presente investigación pretende, sobre la base de los estudios existentes para la zona del Distrito de Riego del Zulia (Norte de Santander), hacer un diagnóstico más preciso de la fertilidad de los suelos, su manejo y posibles correctivos para la región.

El presente trabajo busca ser un aporte a la evaluación de la fertilidad de los suelos, no sólo de las regiones arroceras, sino una guía para otras áreas agrícolas del país. Con los resultados obtenidos, se espera complementar la escasa información sobre fertilidad y manejo existente en la zona arrocera del Distrito de Riego del río Zulia y dejar un aporte en procura de ser útil, en primer lugar, a técnicos y extensionistas rurales para sus recomendaciones y manejo de la fertilización en los cultivos y, así, directa o indirectamente, a los agricultores de dicha región.

El presente trabajo tiene como objetivo general elaborar un diagnóstico de las principales características químicas de los suelos del Distrito de Riego del río Zulia (Norte de Santander) y, con ello, obtener un conocimiento actual del estado de fertilidad y, como objetivos específicos, se pretende:

□ Elaborar una descripción de las características químicas de los suelos de la zona de estudio.

□ Determinar los niveles de disponibilidad de elementos mayores y menores para el cultivo del arroz, estimando, a su vez, las limitaciones nutricionales.

□ Proponer parámetros para el uso adecuado, racional y eficiente de fertilizantes y correctivos en la zona, los cuales permitan mejorar la rentabilidad de los cultivos.

## MATERIALES Y METODOS

### 1. ZONA DE ESTUDIO

La zona estudiada se encuentra localizada en el departamento de Norte de Santander, situado al noroeste del país, entre las cuencas del Lago de Maracaibo y del río Magdalena.

El área de estudio está comprendida en el llamado Valle del río Zulia. El Distrito de Riego se encuentra ubicado en inmediaciones del municipio de El Zulia, ocupando gran parte del sector plano de dicha población. La mayor parte de la zona estudiada está dedicada a la producción intensiva de arroz bajo el sistema de fangueo.

**1.1 Distrito de Riego del río Zulia.** Por Resolución número 48 de noviembre 12 de 1962, la Junta Directiva del Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (*INCORA*) aprueba la creación del "Proyecto Norte de Santander N° 1", actualmente en administración delegada de usuarios del Distrito de Riego del río Zulia (Acuerdo N° 039 de mayo 31 de 1992).

El área inicial del proyecto de adecuación de tierras fue de 38.000 hectáreas, localizadas desde la bocanoma del Distrito de Riego en el río Zulia, aproximadamente a 31 Km. al norte de la ciudad de Cúcuta, hasta el corregimiento -hoy municipio- de Puerto Santander en límites con la República de Venezuela. De las cuatro etapas iniciales, esencialmente en la primera (14.500 hectáreas) se ejecutaron obras para adecuación de tierras y, actualmente, constituye el Distrito de Riego, divididas por el río Zulia en dos márgenes: la izquierda con 2.659,82 hectáreas y la derecha con 6.975,63 hectáreas, con un área total de 13.260,28 hectáreas. En la actualidad, el Distrito cuenta con un total de 1.026 predios y 1.057 usuarios. El área adecuada (irrigada) es de 9.653,13 hectáreas (72,80% de la cartografiada).

**1.2 Geología y Geomorfología.** La geología del valle del río Zulia se caracteriza por presentar sedimentos aluviales que constituyen el material de relleno de una depresión circundada por contrafuertes de la Cordillera Oriental, cuyo piso está formado por rocas duras del Cretáceo. Estos sedimentos de origen aluvial están constituidos por materiales de espesor y composición granulométrica variable y han dado lugar a diferentes formas del relieve que, además, presentan texturas contrastantes y naturaleza variada, desde muy recientes (orillares) hasta antiguos (niveles más altos de terraza); estos últimos con in-

fluencia coluvial cerca a las laderas del paisaje montañoso. En conjunto, la acción de estos procesos configura el paisaje del valle del río Zulia (IGAC, 1989).

La llanura aluvial de desborde es el tipo de relieve más extenso en la zona estudiada, en donde el curso de agua que cruza el área, al desbordar, se lleva materiales que se sedimentan selectivamente y originan formas con características específicas, tanto morfográficas como morfogenéticas (IGAC, 1989). García *et al* (1970) mencionan, igualmente, que, también, se presenta relieve quebrado en los taludes. La topografía es plana, con pendientes del 0-1%, excepto en pequeñas áreas periféricas donde se encuentran pendientes del 50%.

**1.3 Suelos.** Los suelos predominantes están en los órdenes ENTISOLES e INCEPTISOLES (Soil Survey Staff, 1992, 1994), con regímenes de humedad ústico, údico y ácuico en algunos sectores y régimen de temperatura isohipertérmico.

**1.4 Clima.** La zona estudiada está ubicada, en su cuenca media, en ambas márgenes del valle aluvial del río Zulia, con alturas sobre el nivel del mar entre 80 y 165 metros. Se encuentra localizada en el piso térmico cálido y pertenece a las clasificaciones ecológicas de bosque húmedo tropical (Bh-T) y bosque seco tropical (Bs-T), según Holdridge.

## 2 METODOLOGIA

**2.1 Muestreo.** Para el presente trabajo, éste se realizó tomando como base las Unidades Cartográficas identificadas en el mapa de suelos elaborado por el IGAC (1989) en el "Estudio detallado y semidetallado de suelos de los valles de los ríos Zulia y Pamplonita".

Inicialmente, se diseñó un mapa de suelos del Distrito de Riego del río Zulia, empleando, para ello, un plano de la obra y parte de la cartografía del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC) y, aprovechando la escala (1:25.000) de ambas cartas, se hizo un montaje que permitió trazar las unidades cartográficas correspondientes al área ocupa-

da por el sector en estudio. Posteriormente, sobre la carta de suelos obtenida, se ubicaron 50 sitios distribuidos uniformemente y siguiendo la escala en las diferentes unidades cartográficas, con el fin de realizar cateos para la verificación de los contenidos pedológicos y la clasificación taxonómica realizada por el IGAC. Así mismo, fueron tomadas cinco muestras de suelo a una profundidad de 25 cm, las cuales fueron sometidas a análisis mineralógico por rayos X, para verificar la composición de la fracción fina.

Con esta información básica, se establecieron 100 sitios de muestreo en círculos representativos de 100 hectáreas; en cada uno de estos sectores, fueron tomadas con barreno de dos a tres muestras, dependiendo de las Unidades Cartográficas presentes. Cada sitio de muestreo representó una muestra compuesta constituida, a su vez, por seis submuestras, tomadas a 25 cm de profundidad. En total, se trabajó con 199 muestras y, con esto se tiene una cobertura aproximada de 50 hectáreas por cada muestra. Los suelos fueron muestreados después de cosecha, siguiendo la metodología del ICA (1992).

Complementario a esto fueron tomadas 10 muestras de agua de los canales principales del Distrito, distribuidas de la parte más alta a la más baja, con el fin de obtener información sobre la calidad de aguas para riego. Por otra parte, se tomaron 27 muestras de tejido foliar de plantas de arroz en estado de macollamiento (45 dds), siguiendo la metodología reportada por Howeler (1983).

Finalmente y paralelo a la toma de muestras, se llevó a cabo una encuesta con el propósito de indagar acerca de los tipos de fertilizantes y enmiendas utilizados por los agricultores de la zona, así como las prácticas de manejo de los suelos que pudieran incidir en la fertilidad de los mismos. En total, se realizaron 50 entrevistas con agricultores, las cuales estuvieron distribuidas sistemáticamente en el área estudiada.

**2.2 Análisis de laboratorio.** Las técnicas de laboratorio empleadas para las determinaciones de suelos y foliares corresponden a las metodologías recomen-

dadas por el ICA. A las muestras de suelo se les practicó análisis de caracterización, incluyendo microelementos y azufre. Por su parte, las muestras de agua fueron analizadas para determinar su calidad con fines de riego. Las determinaciones mencionadas fueron llevadas a cabo en el laboratorio de COLINAGRO S.A. Por su parte, los análisis de rayos X para arcillas se realizaron en el Laboratorio de Suelos del IGAC.

### 2.3 Agrupación de la información.

Obtenida la información derivada de los análisis de suelos, ésta fue asociada en Unidades Cartográficas y categorías de fertilidad, de acuerdo con los niveles críticos de las variables más importantes para el cultivo del arroz bajo condiciones de los Llanos Orientales de Colombia, reportados por Sánchez y Owen (1981).

Con base en tales agrupaciones, se aplicó la metodología propuesta por el IGAC (1961) y modificada por Ortega (1987) (Cuadro 1), adaptándola con los niveles críticos mencionados. Tal metodología permitió realizar una evaluación global de la fertilidad del suelo para cada una de las Unidades Cartográficas estudiadas, teniendo en cuenta los valores promedios para cada variable. Así, se modificó y amplió la propuesta de evaluación para suelos arroceros y se presenta una nueva estimación, teniendo en cuenta, tanto propiedades químicas, como físicas de los mismos.

Basados en la cartografía del IGAC, el plano del Distrito y las distribuciones porcentuales y considerando el nivel bajo respectivo, se diseñaron mapas esquemáticos que visualizan y ubican geográficamente la categoría obtenida para cada variable en cada Unidad Cartográfica evaluada, así como los correspondientes a la evaluación global de la fertilidad de acuerdo con el sistema propuesto y grupos de uso y manejo de suelos. Para la sistematización y diseño de mapas, se emplearon los programas ILWIS y AUTOCAD.

Con respecto a los análisis foliares, éstos se agruparon por Unidades Cartográficas y los promedios obtenidos se

cotejaron con los niveles críticos establecidos por Howeler (1983) para el cultivo del arroz en estado de macollamiento.

**2.4 Análisis estadístico.** Con la información proveniente de los análisis de suelos y mediante el empleo del programa estadístico SAS, se realizaron distribuciones de frecuencias para cada una de las Unidades Cartográficas estudiadas, así como la correspondiente a la totalidad del Distrito. También, se obtuvieron las distribuciones respectivas para los resultados arrojados por la encuesta.

### 2.5 Interpretación de la información.

Para estimar las necesidades de fertilización del cultivo del arroz, con base en los elementos considerados como limitantes, se siguen las recomendaciones establecidas en pruebas regionales en suelos del Distrito de Riego del río Zulia y los resultados de las diferentes investigaciones realizadas en el país en zonas agroecológicamente similares (Blanco, 1981, 1990; Bernal y Giraldo, 1985; Sánchez, 1984, 1985, 1988; Vargas, 1983). En adición a la dosis del elemento recomendada, se incluyen las cantidades estimadas de las fuentes más apropiadas y una síntesis sobre las mismas, para facilitar la aplicación de los resultados por parte de técnicos y agricultores.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1 ANÁLISIS DE SUELOS.

**1.1 Reacción del suelo (pH).** Se observó que del 60% al 100% de las muestras comprende suelos ligeramente ácidos (pH 5,5-6,5), mientras que en las Unidades AVpy y ZUpt, el 75% de las muestras correspondió a suelos fuertemente ácidos (pH 4,5 - 5,5) y las Unidades TSai y GZa presentaron porcentajes similares entre las dos categorías mencionadas.

**1.2 Aluminio y Porcentaje de Saturación de Aluminio.** De acuerdo con los valores de pH ligeramente ácido predominantes, es normal encontrar bajos contenidos de aluminio intercambiable en los suelos. Los niveles alto y muy alto sólo se encontraron en aquellas Unidades que tuvieron los menores valores de pH. Es importante aclarar que las Unidades GUab, ETpxm y MOPxy no presen-

**CUADRO 1** Sistema Propuesto de evaluación de fertilidad de suelos arroceros (modificado de Sánchez y Owen, 1981 y Ortega, 1987).

<b>pH</b> Suelo:Agua 1 : 2,5	Rango Puntaje	< 4,50 1,0	4,50 - 5,50 2,0	5,51 - 6,50 3,0	6,50-7,50 4,0
<b>%SAL</b>	Rango Puntaje	> 60,00 1,0	60,00-30,00 2,0	30,00-10,00 3,0	< 10,00 4,0
<b>CICE</b> cmol/Kg.	Rango Puntaje	< 7,00 1,0	7,00-12,00 2,0	12,01-24,00 3,0	> 24,00 4,0
<b>%M.O.</b>	Rango Puntaje	< 1,00 1,0	1,00-2,00 2,0	2,01-4,00 3,0	> 4,00 4,0
<b>P</b> ppm	Rango Puntaje	< 5,00 1,0	5,00-10,00 2,0	10,01-20,00 3,0	> 20,00 4,0
<b>Ca</b> cmol/Kg	Rango Puntaje	< 1,00 1,0	1,00-2,00 2,0	2,01-5,00 3,0	> 5,00 4,0
<b>Mg</b> cmol/Kg.	Rango Puntaje	< 0,5 1,0	0,50-1,00 2,0	1,01-2,00 3,0	> 2,00 4,0
<b>K</b> cmol/Kg.	Rango Puntaje	< 0,10 1,0	0,10-0,20 2,0	0,21-0,30 3,0	> 0,30 4,0
<b>S</b> ppm	Rango Puntaje	< 5,00 1,0	5,00-10,00 2,0	10,01-20,00 3,0	> 20,00 4,0
<b>Fe*</b> ppm	Rango Puntaje	<20,00 1,0	20,0-50,0 2,0	50,01-75,00 3,0	75,01-100 4,0
<b>Mn</b> ppm	Rango Puntaje	<5,00 1,0	5,00-10,00 2,0	10,01-20,00 3,0	> 20,00 4,0
<b>Cu</b> ppm	Rango Puntaje	< 1,00 1,0	1,00-3,00 2,0	3,01-10,00 3,0	> 10,00 4,0
<b>Zn</b> ppm	Rango Puntaje	< 1,00 1,0	1,00-3,00 2,0	3,01-10,00 3,0	> 10,00 4,0
<b>B</b> ppm	Rango Puntaje	< 0,10 1,0	0,10-0,30 2,0	0,31-0,60 3,0	> 0,60 4,0
<b>Al</b> cmol/Kg.	Rango Puntaje	> 3,00 1,0	3,00-2,01 2,0	2,00-1,00 3,0	< 1,00 4,0
<b>Na</b> cmol/Kg	Rango Puntaje	> 0,90 1,0	0,90-0,50 2,0	0,49-0,30 3,0	< 0,30 4,0
	<b>ΣPuntaje</b>	16	32	48	64
	<b>ΣP x 0,16</b>	2,57	5,12	7,69	10,24

\* Contenidos de hierro superiores a 100 ppm (excesivos) tienen puntaje cero (0).

FC = 10/64 = 0,16

FC = Factor Constante para conversión a escala 0 - 10

tan contenidos de Al y no se cuantificó en los análisis respectivos, por presentar un pH mayor de 5,5 en todas las muestras.

En la mayoría de los suelos evaluados, los porcentajes de Saturación se concen-

tran en el nivel bajo y medio, presentándose, en las categorías alto y muy alto, valores de 6,3 a 10,0% y 33,4%, respectivamente, en las Unidades Cartográficas GZa, ZUpt y AVpy.

**CUADRO 2.** Sistema propuesto de evaluación de fertilidad de suelos arroceros (Modificado de Sánchez y Owen, 1981 y Ortega, 1987). (Continuación).

Relaciones de Bases (RB) importantes en arroz.

Categoría	Ca : Mg	Puntos Ca : Mg	(Ca + Mg) : K	Puntos (Ca + Mg) : K
Muy Bajo	< 1,0	- 1,0	< 25,00	- 0,25
Bajo	1,0 - 1,5	- 0,5	25,00 - 50,00	0
Medio	1,51 - 4,00	0	50,01 - 75,00	-0,25
Alto	4,01 - 8,00	-0,5	75,01 - 100,00	- 0,50
Muy Alto	> 8,00	-1,0	> 100,00	- 0,75

Importantes características Físicas y Topológicas (CFT) en arroz inundado.

Drenaje	Puntos	Pendiente (‰)	Puntos	Profundidad Efectiva (cm)	Puntos	Capas compactas o Fragmentos Rocosos	Puntos
Bueno	- 0,25	< 10/1000	0	Moderadamente superficial (30 - 50)	0	Presentes	-0,5
Moderada pobre	0	10 - 30/1000	- 0,25	Superficial (15-30)	- 0,5	Ausentes	0
Muy pobre	-2,0	> 30/1000	-1,5	Muy superficial (< 15)	- 1,0		

Estimación de puntaje para cada variable:

Para Saturación de Aluminio (%), Al y Na (cmol/Kg.):

Nivel	Puntos
MA	1,0
A	2,0
M	3,0
B	4,0

Para pH y demás variables:

pH	Nivel	Puntos
Neutro	A	4,0
Ligeramente Acido	M	3,0
Fuertemente Acido	B	2,0
Extremadam. Acido	MB	1,0

Estimación de la Fertilidad Global:  $\Sigma P \times 0,16$

Rangos de Apreciación

7,69 - 10,24  
5,13 - 7,68  
2,57 - 5,12  
Menos de 2,57

Fertilidad

Alta (A)  
Media (M)  
Baja (B)  
Muy Baja (MB)

**1.3 Materia Orgánica.** La distribución porcentual para los contenidos de materia orgánica en los suelos del Distrito muestra que entre el 14,2% y 100% de ellos se ubica en los niveles bajo (1 a 2%) y medio (2,01 a 4%), presentándose contenidos altos en las Unidades ETpxm, AVpy, ECa, RSa y GZa, con el 4% al 25% de las muestras, respectivamente.

**1.4 Fósforo.** Entre 50 y 100% de las muestras se ubicaron en niveles bajo y muy bajo de fósforo (menores de 10 ppm), destacándose los suelos que comprenden las Unidades Cartográficas JPa y ECa, con el 41,7% y 30% de las muestras en el nivel alto (mayor de 20 ppm), en cada caso.

En la mayoría de las Unidades estudiadas, el nivel de este elemento es crítico y, en el caso de las agrupaciones JPa, ECa, GZa, RSa, TSai, STbc y STcd1, se presenta una distribución en los niveles superiores.

**1.5 Azufre.** Para la mayoría de los suelos estudiados, entre el 40% y 100% de las muestras analizadas presentó bajos contenidos de S (menores de 10 ppm). En el caso de las Unidades Cartográficas GZa y ECa, predominan valores intermedios (10 a 20 ppm), mientras que las Unidades MOpxy, ZUpt, AVpy y ETpxm presentaron altos contenidos de este elemento (mayores de 20 ppm).

**1.6 Calcio, Magnesio y Relación Ca : Mg.** Entre el 50% y 100% de las muestras analizadas, presenta altos contenidos de calcio (mayores de 5 cmol/Kg.), en tanto que se encontraron porcentajes elevados para los niveles medio y bajo en las Unidades Cartográficas STcd1, STbc, TSai y AVpy, respectivamente.

Con respecto al Magnesio, entre el 18,7% y 100% de las muestras se ubicó en los niveles medio a alto, con valores superiores a 1 cmol/Kg., encontrándose contenidos bajos y/o muy bajos en las Unidades Cartográficas TSai, AVpy, STcd1 y STbc, respectivamente.

En cuanto a la relación Ca : Mg, entre el 50% y 100% de las muestras se ubicó en el rango de 1,5 a 8, con mayor tendencia hacia los niveles altos. Las Unidades Cartográficas

MOpxy, GUab, ZUpt, AVpy, GZa y GUa presentaron relaciones menores del 1,5 e, incluso invertidas, como consecuencia de los altos niveles de magnesio.

**1.7 Potasio y Relación (Ca + Mg) : K.** Los contenidos de potasio en las diferentes Unidades Cartográficas se concentran en los niveles medio y alto (15% al 100% de las muestras), con valores que superan 0,21 cmol/Kg. Sin embargo, dadas las diferencias de tipo topográfico y textural, se encuentran Unidades, como TSai, AVpy, STbc, STcd1, RSa, JPa y ECa, con alto porcentaje de muestras en los niveles bajo y muy bajo. Los menores contenidos de potasio se encontraron en las Unidades TSai y STbc, con promedios de 0,14 y 0,15 cmol/Kg., respectivamente.

De otro lado, la relación (Ca + Mg) : K se caracterizó por presentar valores en el nivel bajo (25 a 50) y medio (50 a 75), con porcentajes que oscilan entre 50% - 100% y 12,5% - 50%, respectivamente. Sólo, se encontraron relaciones superiores a 100 en los suelos correspondientes a la Unidad Cartográfica GZa.

**1.8 Hierro y Manganeso.** Referente al hierro, su contenido en las diferentes Unidades estudiadas, en un 98% de las muestras, superan las 100 ppm, siendo necesario establecer una escala apropiada para obtener una mejor distribución porcentual. Así, se encontraron porcentajes intermedios en los diferentes niveles, pero, en general, predominan los contenidos entre 300 y 900 ppm.

En lo que respecta a los contenidos de manganeso, se pudo apreciar que, entre el 50% y 100% de las muestras evaluadas, presentan valores superiores a las 20 ppm. Los niveles de Mn encontrados son suficientes para un buen desarrollo del cultivo del arroz.

**1.9 Cobre, Boro y Zinc.** Respecto al cobre, entre el 50% y 100% de las muestras analizadas presentaron valores en el rango de 3,01 a 10 ppm o superiores, encontrándose contenidos menores a 3 ppm (18,2 a 50%) en las Unidades RSa, GZa, ECa, JPa, STcd1, STbc y AVpy, respectivamente, y mayores a 10 ppm con porcentajes apreciables, en las Unidades ZUpt y ETpxm.

Los niveles de boro estuvieron por debajo de 0,3 ppm en más del 50% de las muestras analizadas en las diferentes Unidades evaluadas. Los contenidos medios más alto y más bajo se encontraron en las Unidades ECa y MOp<sub>xy</sub>, respectivamente.

Respecto al zinc, más de la mitad de las muestras se concentró en el nivel medio (3,01 - 10 ppm), a excepción de la Unidad STbc, en donde el 80% de las muestras se ubicó en el nivel bajo (1,0 - 3,0 ppm). Se destacan las Unidades ZU<sub>pt</sub> y AV<sub>py</sub> por arrojar los mayores porcentajes en el nivel alto (37% y 25%, en cada caso).

**1.10 Sodio Intercambiable.** En cuanto a los contenidos reportados por los análisis químicos, todos los valores estuvieron por debajo de 1 cmol/Kg., siendo el promedio, para el Distrito, de 0,25 cmol/Kg. y el valor más alto correspondió a la Unidad MOp<sub>xy</sub>.

## 2. MINERALOGIA DE ARCILLAS.

La composición mineralógica de la fracción arcilla está formada por caolinita (5% a 15% en todos los suelos estudiados); óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio (amorfos), en contenidos del 5% al 30%; micas en contenido inferior al 5% y cuarzo en diferentes estados de alteración, con contenidos desde trazas (<5%) hasta el 30%. Se deduce que la caolinita y los materiales amorfos son los componentes más importantes, por su frecuencia y abundancia (sin que ninguno de ellos sea dominante).

Además, para los suelos de la zona más baja del Distrito, se reportan trazas de vermiculita y lepidocrocita. La presencia de lepidocrocita (aunque en contenidos mínimos) se relaciona, estrechamente, con las condiciones hidromórficas bajo las cuales se originó el suelo, mientras que las trazas de vermiculita se asocian con la saturación del medio (altos contenidos de Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup>) y con los materiales parentales del suelo.

Considerando la naturaleza de los materiales parentales de estos suelos (sedimentos provenientes de pizarras arcillosas y are-

niscas cretácicas y terciarias de la cordillera oriental), puede afirmarse que la fertilidad actual estimada es de pobre a media y está estrechamente relacionada con la fertilidad potencial inicial de los materiales formadores. Por tratarse de sedimentos retransportados y redepositados en diferentes épocas geológicas, durante la formación del paisaje y por la composición de los mismos, ya presentaba una alteración fuerte al llegar a la posición en la que originaron los suelos, por lo cual, sólo, pudieron sintetizarse los minerales actualmente reportados.

## 3. CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO.

Los resultados de los análisis de aguas con fines de riego son evaluados tomando como base los criterios establecidos por el Laboratorio de Salinidad de Riverside (USDA, 1985).

Los resultados obtenidos permiten ubicar las aguas en Clase 1 (C1), con peligro de salinidad bajo y en la Clase 1 (S1), con peligro de sodio (alcalinización) bajo. Entonces, la clasificación de las aguas se presenta como C1-S1. En términos prácticos, los resultados muestran que estas aguas pueden usarse para riego en la mayor parte de los cultivos y en la mayoría de los suelos, con poca probabilidad de que se desarrolle salinidad.

## 4. ANALISIS FOLIARES.

Los contenidos de N a nivel foliar fueron deficientes en la mayoría de las zonas evaluadas, exceptuando la Unidad GZa, lo cual es preocupante, tratándose de un elemento tan limitante para la producción de arroz. Así mismo, se encontró un desbalance en las relaciones N : P (entre 5,6 y 9,65) y P : Zn (entre 70,13 y 94,63), indicando, por un lado, una deficiencia de N en el follaje (relación N : P demasiado baja), agravada por altas concentraciones de P y, posiblemente, un efecto negativo de este último en la absorción y/o translocación del Zn (relación P : Zn demasiado alta), si se tienen en cuenta los valores considerados como apropiados por diferentes autores (12 - 17:1 para la relación N : P y 40 - 60:1 para la relación P : Zn) (Bernal y Giraldo, 1985).

Por su parte, la relación N : S (10-15:1) estuvo por debajo del rango apropiado en todas las Unidades evaluadas, lo cual, en el caso de las Unidades GZa y ZUpt, no se presentó, si se tiene en cuenta el rango encontrado por Bernal y Giraldo (*Op. Cit*) (7 - 15:1), bajo las condiciones de arroz de riego en los Llanos Orientales con las variedad Oryzica 1 (de alta respuesta a la fertilización azufrada). De otro lado, las concentraciones más bajas de N en hojas corresponden a las Unidades RSa, ECa y JPa, caracterizadas por texturas menos pesadas, lo cual, probablemente, incrementó las pérdidas por lixiviación en el suelo, dando como resultado relaciones N : S estrechas.

En cuanto a las relaciones del calcio y potasio con el boro, éstas estuvieron dentro de los límites considerados adecuados por la literatura (80 - 1.200 : 1 y 25 - 250 : 1 para la relación Ca : B y K : B, respectivamente) y, en general, para las plantas, en la mayoría de las Unidades, aunque la relación K : B es superior en JPa, GZa y ZUpt, aunque no exageradamente.

## 5. RESULTADOS DE LA ENCUESTA

**5.1 Preparación del suelo.** El 79,60% de los encuestados utiliza la preparación bajo agua, correspondiendo un 16,32% y 4,08% a la preparación en seco y labranza mínima, respectivamente.

De acuerdo con el IGAC (1989) y teniendo en cuenta las recomendaciones para el sistema de fangueo, así como los problemas químicos encontrados en este estudio, los suelos arroceros en la zona se pueden clasificar en dos grupos, según las dificultades en su mecanización y los efectos de la preparación bajo agua en el deterioro de los mismos:

-Suelos de superficiales a profundos, con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, donde predominan limitantes químicos posibles de corregir y en menor grado, topográficos (pendiente superior a 3 %<sub>v</sub>) y físicos (texturas demasiado livianas, presencia de piedra, cascajo y gravilla).

-Suelos de moderadamente profundos a muy superficiales, con texturas moderadamente finas a muy finas, donde

predominan limitantes físicos de solución más compleja, con presencia de capas compactadas, mal drenaje, fluctuaciones del nivel freático que agravan problemas de tipo químico por la presencia de altos contenidos de hierro y en algunos casos, de medios a altos de aluminio.

El primer grupo comprende las Unidades JPa, RSa, ECa, TSai, STcd1 y STbc, en donde se ha venido generalizando el sistema de fangueo, lo cual, en muchos casos, no es muy recomendable, con el riesgo de erosionar el terreno e incrementar las pérdidas de materia orgánica y nutrientes por lixiviación y escorrentía.

El segundo grupo comprende las Unidades GUa, GUab, AVpy, MOPxy, ETpxm, GZa y ZUpt, donde se destaca el sistema de fangueo, pues, por tratarse de suelos muy pesados bajo condiciones de mal drenaje y alta precipitación, los agricultores han querido aprovechar las ventajas del mismo, ya que se evita la tarea de construir caballones cada semestre y la preparación en seco, que, en estas circunstancias, resulta muy complicado

**5.2 Variedad y cantidad de semilla.** El 83,68% de los agricultores prefieren la variedad Oryzica-1, correspondiendo el 16,32% a otras variedades como ROA-1 (no comercial), IR-22 y Oryzica Caribe-8, ésta última de reciente introducción en la zona. Eventualmente se encuentran lotes sembrados con la variedad CICA-4.

En cuanto a la cantidad de semilla, el 67,35% de los encuestados utiliza excesivas densidades de siembra, aplicando, en algunos casos, entre 200 y 300 o más Kg./ha. Un 28,57% de los agricultores aplica cantidades moderadas de semilla que oscilan entre 100-149 y 50-99 Kg./ha, consideradas adecuadas en el sistema de fangueo, ya sea empleando la siembra directa con semilla pregerminada o bajo el sistema de trasplante, respectivamente.

**5.3 Dosis y fraccionamiento de elementos nutritivos.** Según las recomendaciones de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O para la zona, se exagera un poco en la fertilización nitrogenada, ya que se han logrado los mejores resultados

con dosis de 120 Kg. de N/ha bajo el sistema de fanguero e incluso excelentes rendimientos para la variedad Oryzica-1, con 102 Kg./ha. Para el caso de arroz con riego tradicional, la dosis de nitrógeno encontrada es apropiada. Las dosis de  $P_2O_5$  y  $K_2O$  se consideran adecuadas, según las investigaciones. Es de resaltar que, las dosis recomendadas se han obtenido en la Granja Experimental "El Zulia", ubicada sobre los suelos más productivos del Distrito, por lo cual se requieren ajustes para las zonas menos productivas.

Se destaca el uso de una dosis baja de azufre, factor que, posiblemente, esté disminuyendo la respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada, máxime en el caso de Oryzica-1, variedad que parece requerirlo en altas cantidades. El magnesio es otro elemento poco tenido en cuenta en los planes de fertilización y, en muchos lotes pobres en el mismo o con relación Ca : Mg amplia y/o Mg : K estrecha, es necesario.

En cuanto a la distribución de los diferentes elementos en las fertilizaciones realizadas al cultivo, se deduce un buen fraccionamiento del nitrógeno total empleado y épocas adecuadas de aplicación junto con el potasio y, no es lo mismo para el caso del fósforo y el azufre, en donde una gran proporción del fósforo utilizado (casi un 30%) se aplica en forma tardía (mejor época 0 a 30 dds, dependiendo de la fuente seleccionada) y, en el segundo caso, el 100% de la dosis de azufre se emplea después de los 60 dds, aunque se recomienda, para obtener los mejores resultados, las aplicaciones repartidas a los 30 y 60 dds, con tendencia a concentrar la mayor parte de las dosis en épocas tempranas del cultivo.

**5.4 Uso de fuentes fertilizantes y correctivos.** En cuanto a las fuentes de N, el orden de preferencia es Urea, Triple 15 y Sulfato de Amonio. Se destaca el bajo uso de Sulfato de Amonio (9% aproximadamente), a pesar de su buen comportamiento en condiciones de arroz inundado (menores pérdidas por volatilización del amonio en suelos con pH cercano a la neutralidad) y superar a la urea con respecto al aporte de azufre para el cultivo (Vleck y Craswell, 1979, citados por Guerrero, 1994).

En lo relacionado con las fuentes de fósforo, el 44,68% y el 38,30% de los encuestados utilizan DAP y Triple 15, respectivamente. Referente al potasio, sucede algo similar al fósforo, correspondiendo el 44,68% y el 31,91% a fuentes, como KCl y Triple 15, respectivamente. Un 14,89% de los encuestados utiliza una combinación de ambos fertilizantes y cerca del 9% no tienen en cuenta este elemento en los programas de fertilización.

Con respecto al azufre, como era de esperarse por el tipo de fertilizantes nitrogenados de preferencia (urea y Triple 15), el 80,85% de los encuestados no utilizan ninguna fuente del elemento, el 14,89% emplea el SAM y el 4,26%, una combinación de SAM y Sulcamag.

De otra parte, el 95,74% de los encuestados no aplican calcio y magnesio. Esto se justifica, puesto que la mayoría de los suelos del Distrito presentan contenidos de medios a altos para estos elementos. El 75,52% de los encuestados no aplican elementos menores al suelo, pero, en cambio, este mismo porcentaje utiliza la fertilización foliar (una o dos aplicaciones), buscando mejorar, en ambos casos, las respuestas medias a bajas en la fertilización edáfica con NPK, pero sin una evaluación clara del efecto en producción, sobre todo en el caso de los foliares.

En cuanto al uso de correctivos, se destaca el hecho de que un 93,88% de los agricultores encuestados no utilicen cales de algún tipo, aunque el manejo intensivo de estos suelos, así como los problemas causados por los altos niveles de Fe encontrados, justifican su aplicación. Esto se atribuye, posiblemente, al método de preparación de suelos bajo agua y a la falta de un descanso prudente entre cosechas, unas veces obligado por las condiciones climáticas y de suelo (zonas bajas) y, otras veces, estimulado por la disponibilidad media de maquinaria y los compromisos crediticios.

**5.5 Productividad y área de las explotaciones.** Se observó que el 48,98% de los agricultores encuestados obtiene rendi-

mientos aceptables en sus cosechas, los cuales oscilan entre 5,1 y 6,0 Ton./ha de arroz paddy (21 - 24% de humedad), mientras que solo el 22,44% supera las 6,0 Ton./ha. El 28,58% restante, corresponde a aquellos agricultores cuyos rendimientos no alcanzan las 5 Ton./ha de arroz paddy (menos de 80 bultos de 62,5 Kg).

Finalmente, el 89,9% de las parcelas presenta áreas inferiores a 20,5 hectáreas, mientras que el 6,12% y 4,08% corresponde a predios con áreas entre 20,6 - 30 ha y mayores de 30 ha, respectivamente.

## 6. RECOMENDACIONES DE FERTILIZANTES Y CORRECTIVOS.

Para estimar las cantidades de correctivos y fertilizantes en las 13 Unidades Cartográficas estudiadas, se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

□ La distribución porcentual en los niveles (muy bajo, bajo, medio y alto) de cada uno de los elementos.

□ La dosis recomendada para dichos niveles (ajustada a las condiciones de la zona)

□ El área sembrada en cada zona.

□ Características físicas de los suelos.

El cálculo de la cantidad requerida del elemento se hace teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

Cantidad requerida del elemento = Área del cultivo x % MB, B, M, A, del elemento x Dosis recomendada para cada nivel

El área del cultivo varía de acuerdo con la Unidad Cartográfica respectiva.

**6.1 Necesidades de correctivos** La cantidad de cal requerida está sujeta a varias consideraciones, tales como: efectos de la inundación, % saturación de aluminio tolerable por el cultivo y/o variedad, cantidad de calcio necesaria como nutriente y contenido de otros elementos (Mg, K). De este modo, se ha establecido que, para las diferentes variedades de arroz, los estimativos de cal pueden calcularse con la siguiente fórmula (Sánchez, 1988):

Cantidad de cal (Ton/ha) =  $0.35 \times Al$  (cmol/Kg.)

La cantidad de correctivo para cada zona se estimó teniendo en cuenta el contenido de Al intercambiable en los diferentes niveles, el área de cada Unidad Cartográfica y la dosis recomendada para cada nivel. Las cantidades de cal requeridas en las diferentes Unidades se estiman como cal agrícola y cal dolomítica.

## 7. EVALUACION GLOBAL DE LA FERTILIDAD.

A cada propiedad enumerada en el Cuadro 1, se le asignó un puntaje de uno a cuatro, correspondiendo el mayor valor a la condición óptima.

Para el cálculo de la fertilidad, se consideran los primeros 25 cm del suelo; el valor SP corresponde al puntaje total obtenido al evaluar cada propiedad en las Unidades Cartográficas estudiadas. Con el objeto de ajustar dichos valores a una escala de cero a 10, es necesario multiplicar la sumatoria de puntajes por la constante 0,16, así:

$$F = SP \times 0,16$$

dónde F corresponde a la fertilidad promedio del suelo arrocero, la cual debe ser comparada con los rangos de apreciación que aparecen en el Cuadro 1.

Si se presentan Relaciones de Bases Intercambiables (RBI) ó Características Físicas y Topográficas (CFT) desfavorables, se deben estimar los diferentes valores de SP y multiplicarlos por 0,16; a tales valores, se le sustrae el puntaje asignado de acuerdo con la presencia de relaciones de bases y/o condiciones físicas y topográficas alejadas del óptimo para arroz. Esta diferencia representa la Fertilidad Global del Suelo Arrocero, así:

$$FG_{SA} = F - \text{Aspectos Negativos}$$

Una vez obtenidos los valores de  $FG_{SA}$ , se deben comparar con los rangos de apreciación mencionados.

CUADRO 3. Valores promedios de las variables analizadas a nivel foliar<sup>(1)</sup> en algunas Unidades Cartográficas<sup>(2)</sup> (Abril de 1995).

Variable	UNIDAD CARTOGRAFICA									
	E Ca	J Pa	R Sa	G Za	Z Upt	Distrito	LI <sup>(3)</sup>	LS		
N (%)	2,25	2,43	2,18	2,66	2,48	2,45	1,94	3,39		
P (%)	0,35	0,30	0,39	0,34	0,26	0,34	0,22	0,54		
K (%)	1,92	2,19	1,31	1,89	1,69	1,81	0,84	2,80		
Mg (%)	0,29	0,29	0,28	0,25	0,21	0,26	0,08	0,51		
Ca (%)	0,91	0,59	0,62	0,47	0,45	0,56	0,20	1,22		
Al (ppm)	290,75	331,0	251,20	355,00	355,00	323,05	165,50	505,50		
Na (%)	0,01	0,07	0,01	0,04	0,02	0,03	0,01	0,17		
S (%)	0,41	0,50	0,36	0,32	0,31	0,37	0,12	0,75		
Fe (ppm)	339,25	460,47	264,80	425,42	637,87	418,64	218,50	1360,62		
B (ppm)	76,60	70,62	76,04	69,98	59,20	70,58	26,00	142,00		
Cu (ppm)	5,68	7,93	10,43	8,04	7,27	8,21	4,00	15,45		
Mn (ppm)	1344,38	1016,50	1056,25	1176,25	1053,75	1116,66	580,62	1795,62		
Zn (ppm)	37,60	40,97	45,52	60,17	42,81	48,99	26,10	200,60		
N : P	6,45	8,22	5,60	8,13	9,65	7,67	4,88	11,56		
N : S	6,02	5,22	6,11	9,73	8,06	7,52	2,87	18,81		
P : Zn	94,63	74,44	88,87	80,19	70,13	80,75	13,96	193,20		
Ca : B	119,58	92,51	86,53	93,06	79,32	92,07	25,97	226,92		
K : B	250,98	341,27	199,14	351,97	290,95	301,71	78,36	730,77		
N° muestras <sup>(4)</sup>	2	5	5	9	3	24				

(1) Variedad Oryzica-1 a los 45 dds (macollamiento).

(2) Las Unidades Cartográficas evaluadas, representan un 86% de los suelos del Distrito aproximadamente.

(3) LI = Límite Inferior; LS = Límite Superior

(4) Se descartaron tres muestras por tratarse de variedades diferentes a Oryzica-1

La evaluación global de la fertilidad en las Unidades estudiadas, aplicando la metodología anterior, se presenta en el Cuadro 7.

Los resultados de este Cuadro, califican a las Unidades JPa, ECa, RSa y TSai de fertilidad media, mientras que las restantes correspondieron a la categoría baja; también, se aprecia un descenso gradual en los valores obtenidos, explicable por las diferencias en características físicas y topográficas, ya que, a excepción de las líneas STcd1 y STbc, la evaluación por características químicas fue muy similar.

Las Unidades ubicadas en la categoría media y otras, como AVpy, se caracterizan por limitantes de tipo químico y corresponden a Grupos de Manejo con pocas restricciones de tipo productivo; por su parte, las Unidades con baja fertilidad presentan condiciones físicas y/o topográficas desfavorables, las cuales dificultan su explotación y manejo (IGAC, 1989).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los cálculos realizados en el presente estudio, se requieren para el Distrito de Riego las siguientes cantidades de correctivos y fertilizantes:

-4.116,12 Ton. de Cal Agrícola, que equivalen a 3.523,09 Ton. de Cal Dolomítica

-1.390,05 Ton. de N

-518,78 Ton. de  $P_2O_5$

-296,61 Ton. de  $K_2O$

-128,75 Ton. de Mg

-120,50 Ton. de  $ZnSO_4$

-En general, los suelos presentan deficiencias de N, P, S, K, Mg y Zn, así como niveles tóxicos para Al y Fe. Las primeras son frecuentes en Unidades, como JPa, ECa, RSa,

CUADRO 4. Limitantes químicos para la producción de arroz en el Distrito de Riego del río Zulia<sup>(1)</sup>.

### UNIDAD CARTOGRAFICA

Limitante <sup>(2)</sup>	JPa	ECa	RSa	TSai	GUa	GUab*	MOpxy*	ETpxm*	AVpy	STcd1	STbc	GZa	ZUpt
Nivel tóxico Al	M	A	M	MA	B	B	B	B	MA	B	B	M	B
Deficiencia N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Deficiencia P	M	A	A	M	A	A	A	M	A	M	A	M	A
Deficiencia K	B	M	B	A	MB	MB	MB	M	M	B	A	B	MB
Deficiencia Mg	MB	MB	MB	M	MB	MB	MB	MB	M	B	B	MB	MB
Deficiencia S	M	B	A	A	M	A	MB	M	MB	M	M	B	MB
Deficiencia Zn	B	MB	B	M	MB	M	MB	M	B	B	A	MB	MB

<sup>(1)</sup> Con base en las distribuciones de frecuencia, considerando el nivel bajo respectivo:

Deficiencia A o Nivel tóxico B: Mas del 75% de las muestras en el nivel Bajo

Deficiencia M o Nivel tóxico M: 50 a 75% de las muestras en el nivel Bajo

Deficiencia B o Nivel tóxico A: 25 a 49,5% de las muestras en el nivel Bajo

Deficiencia MB o Nivel tóxico MA: Menos del 25% de las muestras en el nivel Bajo

<sup>(2)</sup> Nivel tóxico o Deficiencia: MB = Muy Baja; B = Baja; M = Media; A = Alta; MA = Muy Alta

\* En estas Unidades se asume bajo nivel tóxico de Aluminio, ya que se presentaron valores de pH promedio superiores a 5,5.

**CUADRO 5.** Cantidad del elemento o correctivo recomendado de acuerdo con los contenidos actuales en las Unidades Cartográficas estudiadas.

Unidad Cartogr.	Elemento o Correctivo (Kg./ha/semestre)							
	N <sup>(1)</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg <sup>(2)</sup>	S	Zn	C. Agr.	C. Dol.
JPa	120 - 145	40 - 60	20 - 40	0 - 25	50 - 70	2 - 4	0	480
ECa	120 - 145	60 - 75	40 - 60	0 - 25	30 - 50	0 - 2	0	800
RSa	120 - 145	60 - 75	20 - 40	0 - 25	70 - 90	2 - 4	0	480
TSai	120 - 145	40 - 60	60 - 80	25 - 50	70 - 90	4 - 6	0	950
GUab	120 - 145	60 - 75	0 - 20	0	70 - 90	4 - 6	370	0
AVpy	120 - 145	60 - 75	40 - 60	25 - 50	0 - 30	2 - 4	0	950
GUa	120 - 145	60 - 75	0 - 20	0	50 - 70	0 - 2	370	0
MOpxy	120 - 145	60 - 75	0 - 20	0	0 - 30	0 - 2	370	0
ETpxm	120 - 145	40 - 60	40 - 60	0	50 - 70	4 - 6	0	320
ZUpt	120 - 145	60 - 75	0 - 20	0	0 - 30	0 - 2	370	0
GZa	120 - 145	40 - 60	20 - 40	0 - 25	30 - 50	0 - 2	0	480
STcd1*	145 - 180	40 - 60	20 - 40	0 - 25	50 - 70	2 - 4	0	320
STbc*	145 - 180	60 - 75	60 - 80	0 - 25	50 - 70	6 - 10	0	320

<sup>(1)</sup> Dependiendo de la variedad sembrada y demás aspectos mencionados.

\* La dosis de N es mayor, por tratarse de zonas con pendientes excesivas (superiores a 3%)

<sup>(2)</sup> La dosis de Mg considera el valor de la relación Ca : Mg y la misma debe ajustarse, si se utiliza la cal dolomítica como correctivo, ya que esta aporta 11% de Mg

**CUADRO 6.** Fertilizantes recomendados como fuente principal de los elementos limitantes para la producción de arroz en las Unidades Cartográficas estudiadas.

Unidad Cartogr.	Fuente Recomendada					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	S*	Zn
JPa	Urea - SAM	DAP	KCl	Cal Dol.	SAM - Yeso	ZnSO <sub>4</sub>
ECa	Urea	DAP	KCl	Cal Dol.	Yeso	ZnSO <sub>4</sub>
RSa	Urea - SAM	DAP	KCl	Cal Dol.	SAM - Yeso	ZnSO <sub>4</sub>
TSai	Urea - SAM	DAP	KCl	Cal Dol.	SAM - Yeso	ZnSO <sub>4</sub>
GUab	Urea - SAM	DAP	KCl	-	SAM - Yeso	ZnSO <sub>4</sub>
AVpy	Urea	Roca F. - DAP	KCl	Cal Dol.	Yeso	ZnSO <sub>4</sub>
GUa	Urea - SAM	DAP	KCl	-	SAM - Yeso	ZnSO <sub>4</sub>
MOpxy	Urea - SAM	DAP	KCl	-	SAM - Yeso	ZnSO <sub>4</sub>
ETpxm	Urea - SAM	DAP	KCl	Cal Dol.	SAM - Yeso	ZnSO <sub>4</sub>
ZUpt	Urea	DAP	KCl	-	Yeso	ZnSO <sub>4</sub>
GZa	Urea	DAP	KCl	Cal Dol.	Yeso	ZnSO <sub>4</sub>
STcd1*	Urea	Roca F. - DAP	KCl	Cal Dol.	Yeso	ZnSO <sub>4</sub>
STbc*	Urea - SAM	Roca F. - DAP	KCl	Cal Dol.	SAM - Yeso	ZnSO <sub>4</sub>

\*El Sulcamag puede utilizarse (como fuente de S y Mg) en reemplazo del yeso, cuando no se utilice la cal dolomítica, sobre todo en suelos de texturas gruesas y relación Ca : Mg amplia o normal.

CUADRO 7. Evaluación global de la fertilidad en las Unidades Cartográficas estudiadas.

Unidad Cartográfica	Valor Fertilidad Global	Categoría*
JPa	6,52	M
ECa	6,34	M
RSa	6,02	M
TSai	5,38	M
GUab	5,09	B
AVpy	5,06	B
GUa	5,00	B
MOpxy	4,93	B
ETpxm	4,68	B
ZUpt	4,34	B
GZa	4,00	B
STcd1	3,93	B
STbc	3,63	B

\*De acuerdo con los rangos de apreciación del Cuadro 1: A = Alta; M = Media; B = Baja; MB = Muy baja

ANEXO. Leyenda del mapa de suelos del Distrito de riego del río Zulia (Norte de Santander).

Símbolo	Unidad Cartográfica	Contenido Pedológico	% de ocurrencia
JPa	Asociación JAVILLA-Puerto León	Fluventic Eutropept, franca fina, mezclada, isohipertérmica	55%
		Fluvaquentic Eutropept, franca fina, mezclada, isohipertérmica	45%
ECa	Asociación ESTANCIA-Cámbulos	Aeric Tropaquept, franca gruesa, mezclada, sílicea, isohipertérmica. ácida	60%
		Fluventic Eutropept, franca gruesa, mezclada, sílicea	40%
TSai	Complejo LOS TECONES -Sta. Helena	Aeric Tropaquept, franca gruesa, sílicea, isohipertérmica, no ácida	50%
		Typic Ustifluent, franca gruesa sobre esquelal arenosa, sílicea, isohipertérmica	50%
ETpxm	Consociación ESTANCIA	Aeric Tropaquept, franca gruesa, mezclada, sílicea, isohipertérmica. ácida	
MOpxy	Consociación MONTERREY	Aeric Tropaquept, franca fina, mezclada, isohipertérmica, ácida	
GUa GUab	Consociación GUARUMITO	Aeric Tropaquept, arcillosa fina, caolínica, isohipertérmica. ácida	85%
GZa	Asociación GUARUMITO-Zulia	Aeric Tropaquept, arcillosa fina, caolínica, isohipertérmica, ácida	50%
		VerticTropic Fluvaquent, arcillosa muy fina, caolínica, isohipertérmica, ácida	50%
ZUpt	Consociación ZULIA	Vertic Tropic Fluvaquent, arcillosa muy fina, caolínica, isohipertérmica, ácida	
AVpy	Consociación ALTO VIENTO	Oxic Dystropepts, franca fina, sílicea, isohipertérmica	
RSa	Asociación RISARALDA- La Ye Las Torres	Fluventic Dystropept, franca fina, sílicea, isohipertérmica	40%
		Aeric Tropaquept, franca fina sobre esquelal franca, sílicea, isohipertérmica, no ácida	40%
		Typic Tropofluent, franca gruesa sobre esquelal franca, sílicea, isohipertérmica	20%
STbc	Asociación SANTACRUZ	Typic Dystropept (Conjunto Santacruz)	45%
		Oxic Dystropept (Conjunto Ramal)	20%
		Fluventic Dystropept (Conjunto Oripaya)	20%
		Typic Troporthent (Inclusiones)	15%

TSai, AVpy, STbc y STcd1; las segundas, a pesar de ocurrir en diferentes zonas del Distrito, tienen mayor efecto en las líneas caracterizadas por problemas de drenaje, tales como GZa, ZUpt, MOPxy, ETpxm, GUa y GUab.

□ Se presentan niveles adecuados de los diferentes micronutrientes, aunque excesivos en el caso de Fe y Mn. Con respecto al boro, los contenidos predominantes son bajos; sin embargo, no parecen ser limitantes para el buen desarrollo del arroz.

□ Las Unidades JPa, ECa, RSa, TSai y AVpy presentan las mejores propiedades físicas, químicas y topográficas para el cultivo del arroz bajo el sistema de fangueo; las Unidades STbc y STcd1 se caracterizan por pendientes excesivas (mayores del 3%), mientras que las Unidades restantes (ZUpt, GZa, MOPxy, ETpxm, GUa y GUab) requieren un manejo especial del riego, drenaje y preparación del suelo, así como la aplicación de correctivos, ya que su principal limitante es la asociación de problemas físicos y químicos.

## LITERATURA CITADA

**AREVALO, L., y SANCHEZ, M.** 1991. Evaluación de la fertilidad de suelos y su manejo en la zona cafetera de Viotá (Cundinamarca). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá. 165 p.

**ASOCIACION DE USUARIOS DEL DISTRITO DE RIEGO DEL RIO ZULIA (ASOZULIA).** 1994. Información catastral y cartográfica del Distrito de Riego del río Zulia. Cínera La Floresta. Cúcuta.

**BERNAL, M., y GIRALDO, J.** 1985. Respuesta de dos variedades de arroz de riego a nitrógeno, azufre y zinc en un inceptisol de los Llanos Orientales. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá. 169 p.

**BLANCO, J.O.** 1981. Manejo del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo el sistema de fangueo en el Distrito del río Zulia. Pág 73-78 *En:* Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Programa Nacional de Suelos. Informe de progreso 1981. Bogotá.

**BUOL, S. W., SANCHEZ, P. A., CATE, R. B. y GRANGER, M.A.** 1973. Clasificación de suelos con base a su fertilidad. Universidad Estatal de Carolina del Norte. Pág. 43.

**COLINAGRO S.A.** 1994. Archivo Departamento Técnico. Zona N° 1: Cúcuta.

**ESCOBAR, C. y LORA, R.** 1987. Estado de la fertilidad de algunos suelos del Caquetá. *Suelos Ecuatoriales*: 17(1): 215-220.

**GALIANO, F.** 1988. Diagnóstico foliar. Fundamento y empleo en algunos cultivos. *En:* Fertilidad de Suelos. Diagnóstico y Control. Tercera edición. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá. Pág. 211-234.

**GARCIA, A., BERNAL, R., MANJARRES, O. y VILLEGAS, J.** 1970. Estudio detallado de suelos y clasificación de tierras para riego. Proyecto Norte de Santander N° 1 (Valles de los ríos Zulia y Pamplonita). Volumen I y II. Estudios Agrotécnicos Ltda. Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA). 830 p.

**GUERRERO, R.** 1988. El diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. *En:* Fertilidad de suelos. Diagnóstico y control. Tercera edición. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá. Pág. 151-210.

**GUERRERO, R.** 1994. Sulfato de Amonio 21-0-0-24(S). Uso Agronómico. Monómeros Colombo Venezolanos S:A. (EMA). Manual Técnico. Pág. 30-33.

**HOWELER, R. H.** 1983. Análisis del tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales: algunos cultivos tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Programa de Yuca. Cali. 28 p.

**HOWELER, R. H.** 1985. Anaranjamiento y toxicidad de hierro en arroz con riego en suelos ácidos. *En:* Arroz: Investigación y Producción. CIAT - PNUD. Pág. 149-156.

**INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA).** 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de Asistencia Técnica N° 25. Subgerencia de Investigación. Sección Recursos Naturales. Tibaitatá. 64 p.

**INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI" (IGAC).** 1989. Estudio detallado y semidetallado de suelos de los valles de los ríos Zulia y Pamplonita (Norte de Santander). Subdirección Agrológica. Bogotá. 216 p. 12 planchas.

**MALAGON, D.** 1979. Fundamentos de mineralogía de suelos. Tomo I y II. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT). Serie Suelos y Climas SC-36. Mérida (Venezuela). 747 p.

**MALAGON, D., PULIDO, C., LLINAS, R. D., CHAMORRO, C. Y FERNANDEZ, J.** 1995. Suelos de Colombia. Origen, distribución, clasificación y uso. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Subdirección de Agrológica. Santafé de Bogotá, D.C. 632 p.

**MARIN, G. y MANZANO, A.** 1970. Algunas propiedades químicas de los suelos de la región algodonera de los departamentos del Magdalena, Cesar y Guajira. Agricultura Tropical: 26(2): 49-56.

**MARIN, M. y De ROBERTI, R. P.** 1992. Importancia del análisis foliar en la evaluación de la fertilidad de suelos en Venezuela. Una revisión. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia: 9(1): 1-15.

**MUÑOZ, R. y JURADO, R.** 1981. Fertilidad general de los suelos de la zona bananera de Urabá. *En:* Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Programa Nacional de Suelos. Informe de progreso 1981. Bogotá. Pág. 44.

**ORTEGA, D.** 1987. Sistema de evaluación de la fertilidad del suelo. Suelos Ecuatoriales: 17(2): 281-285.

**RAMIREZ, A.** 1983. Generalidades sobre la fertilidad de los suelos del Valle del Cauca y cálculo de las necesidades mínimas de fertilizantes. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Subgerencia de Investigación. División de Agronomía. Programa de Suelos. Boletín Técnico N° 105. Bogotá. 35 p.

**SANCHEZ, L. F. y OWEN, E.** 1981. La fertilidad de los suelos en el piedemonte llanero. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Programa Nacional de Suelos. Boletín Técnico N° 110. Tibaitatá. 25 p.

**SANCHEZ, L. F.** 1988. Fertilización del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en los Llanos Orientales. Revista SIALL (Sociedad de Ingenieros Agrónomos del Llano): 5(1): 4-8.

**SANCHEZ, L. F.** 1990. Algunos aspectos básicos sobre suelos inundados y fertilización de arroz riego en Colombia. *En:* Curso de Arroz. Banco Ganadero. Vicepresidencia de Fomento Agropecuario. Bogotá. Pág. 43-52.

**SOIL SURVEY STAFF.** 1992. Keys to Soil Taxonomy, 5a edición. SMSS technical monograph N° 19. Blacksburg, Virginia. Pocahontas Press, Inc. 556 p.

**SOIL SURVEY STAFF.** 1994. Keys to Soil Taxonomy, 6a. edición. SMSS technical monograph N° 19. U.S. Government printing office. U.S. Dept. of Agriculture. Soil Conservation Service. Washington, D.C. 306 p.

**UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA).** 1985. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 6a. edición. Editorial Limusa. México. 172 p.