

## ESTUDIOS DE FERTILIZACIÓN DE ARROZ EN EL AREA DE BAYANO

Benjamín Name\*, Rolando Lasso\*\*, Felícita Sousa\*\*\*  
Blas Palomino\*\*\*\* y Leonel Araúz\*\*\*\*

Con la finalidad de evaluar la fertilidad de los suelos y la respuesta del arroz a la fertilización, se realizaron estudios de laboratorio, invernadero y campo en el área arrocerá de la finca 32 de la Corporación Bayano. Estos trabajos se ejecutaron durante los años 1976, 1977 y 1978 en suelos de aluviones recientes. El suelo en este lugar tiene un contenido de  $P_2O_5$  bajo,  $5\mu$  g/ml determinado con el método de Carolina del Norte. El potasio presentó un nivel medio,  $87\mu$  g/ml. El contenido de materia orgánica fue mediano, 3.48%. El pH fue 5.5. El contenido de aluminio fue bajo en este suelo. Los estudios sobre capacidad de fijación de este suelo, mostraron que no tiene poder de fijación para ninguno de los elementos sometidos a dicha investigación. En el invernadero, utilizando el sorgo P 8417 como planta indicadora, se obtuvieron respuestas a nitrógeno, fósforo y azufre. Los resultados con calcio, magnesio y zinc fueron contradictorios para los métodos Carolina del Norte y Olsen Modificado. En el campo, empleando la variedad Anayansi, en sistema de secano, sólo se obtuvo respuesta significativa al nitrógeno.

Durante los años 1976, 1977 y 1978, se realizaron en Chichebre, Bayano, estudios tendientes a conocer el estado de fertilidad de los suelos, y en base a este conocimiento, la respuesta del arroz a la aplicación de los elementos, N, P, K y S.

En el área de estudio, la Empresa Agrícola de la Corporación Bayano hizo uso de 49,000 quintales de fertilizantes en la actividad arrocerá en 1979, lo que representó un gasto de B/. 612,500.00. Esta cuantiosa inversión no está respaldada por suficientes conocimientos técnicos y por ello el IDIAP ha conducido y prosigue estudios sobre fertilización de arroz en el área.

En la realización del trabajo se siguió la secuencia siguiente: Análisis químicos rutinarios, pruebas de fijación, experimentos en invernadero y ensayos de campo, bajo condiciones de secano; procedimiento aconsejado por Walker y Bejarano (1978), así como por Palacios y Portch (1973).

### MATERIALES Y METODOS

Los estudios de laboratorio e invernadero se realizaron en Divisa en las instalaciones del IDIAP, los de campo en la finca 32, Chichebre, Bayano, sitio ubicado a 3 msnm en el litoral Pacífico, con temperaturas promedios anuales de  $27^{\circ}C$ . La precipitación pluvial promedio anual es de aproximadamente 2,000 mm. En la Figura 1 se presentan los datos de lluvia mensuales para los años 1976, 1977 y 1978. El suelo a una profundidad de 15 cm es franco de

\* M.Sc., Edafólogo, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

\*\* Dr. de 3er. ciclo, Fitomejorador, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

\*\*\* M.Sc., Profesora en la Facultad de Ciencias Naturales y Farmacia, Universidad de Panamá.

\*\*\*\* Agr., Asistente, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

color pardo. Taxonómicamente se ubica en el orden de los inceptisoles.

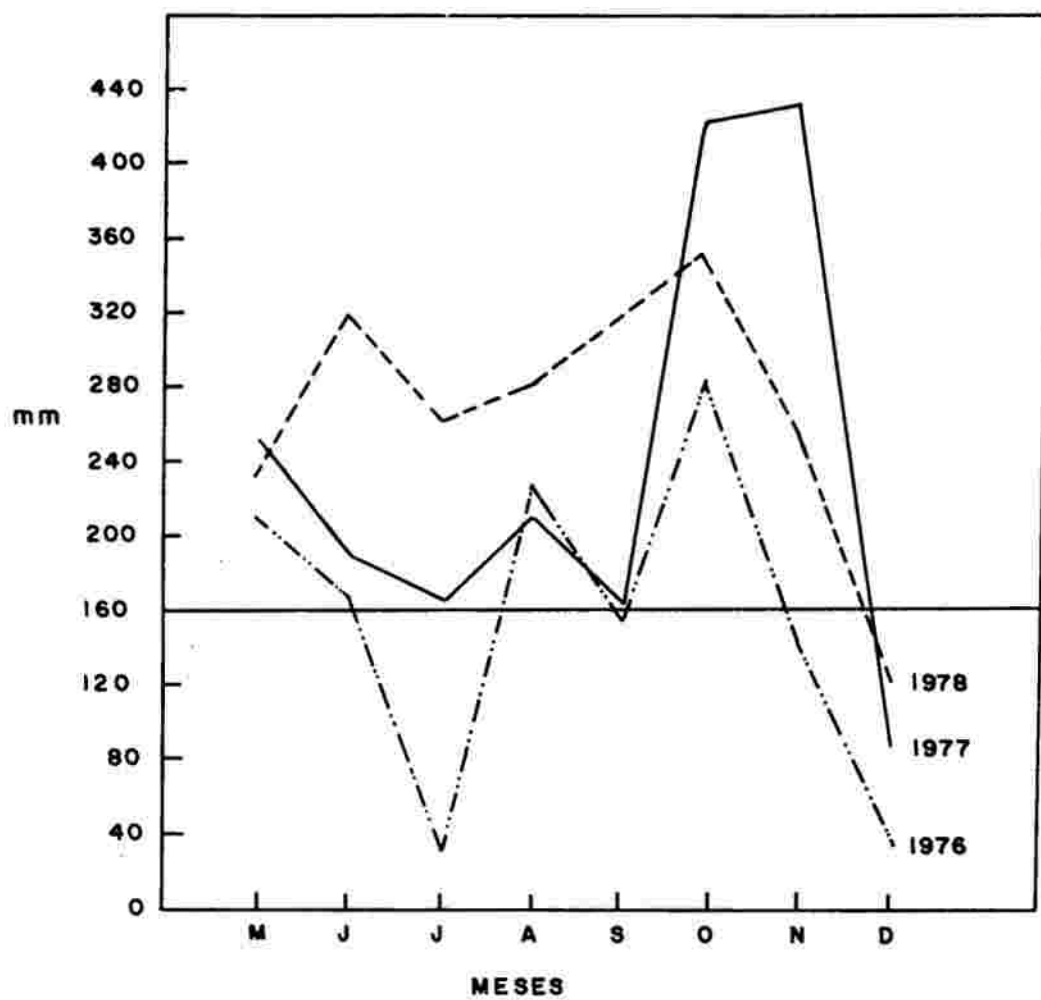


FIGURA 1. DATOS DE PRECIPITACION POR MES EN CHICHEBRE - BAYANO (1976 - 1977 - 1978).

#### Análisis de Laboratorio

Se emplearon dos métodos de extracción: Carolina del Norte (C.N.) ( $0.05N$   $HCl$  +  $0.025N$   $H_2SO_4$ ) y Olsen Modificado (O.M.) ( $NaHCO_3$  + E.D.T.A. a un pH de 8.5). También se realizaron estudios de fijación para diferentes elementos.

#### Estudios de Invernadero

Para definir los tratamientos de invernadero se usaron los resultados de laboratorio obtenidos con los dos métodos de extracción mencionados. Se usó un diseño completamente

al azar con 14 tratamientos y tres observaciones, utilizándose 167 g de suelo por maceta y como planta indicadora el sorgo P 8417. El ensayo se cosechó a las cuatro semanas de crecimiento, obteniéndose los resultados en base a peso seco.

### Estudios de campo

En base a los resultados obtenidos en el laboratorio e invernadero se definieron los niveles de P, K y S. Los niveles de N se establecieron en base a la experiencia de la Corporación Bayano y también de acuerdo a la literatura. Los niveles se ajustaron a medida que el estudio de campo avanzaba.

Se utilizaron los diseños de tratamientos: Diamante doble modificado con cuatro repeticiones, en 1976 y cuadrado doble con cuatro repeticiones, en 1977 y 1978.

La parcela total fue de 10 surcos de cinco metros de largo, separados a 20 cm. La parcela efectiva fue de seis hileras de cuatro metros de largo, es decir, de 1.20 x 4 m equivalente a 4.8 m<sup>2</sup>.

Entre parcelas y entre bloques se construyeron zanjas, en los años 1976 y 1978, para evitar que sustancias aplicadas a una parcela se desplazaran a otra. Se utilizó la variedad de arroz Anayansi a razón de 114 kg/ha.

Los experimentos se sembraron en el mes de julio para hacerlos coincidir con la segunda siembra de las fincas arroceras de la Corporación Bayano.

El fósforo, el potasio y el azufre se aplicaron al momento de la siembra. En 1977, un tratamiento consistió en fósforo al voleo e incorporado. En la mayoría de los casos los fertilizantes no nitrogenados se aplicaron en bandas y se cubrieron. El nitrógeno se fraccionó en todos los casos en tres partes: Primera a la siembra, la segunda al macollamiento y la última al primordio (70-75 días), aplicándolo en banda a la superficie.

Se utilizó la urea, superfosfato triple, cloruro de potasio y flor de azufre como fuentes de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre, respectivamente.

Las curvas de rendimiento de arroz se calcularon por regresión a través del siguiente modelo:

$$Y = b_0 + b_1 N + b_2 P + b_3 K + b_4 N^2 + b_5 P^2 + b_6 K^2 + b_7 NP + b_8 NK + b_9 PK + b_{10} NPK + e$$

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Análisis químico del suelo

Los resultados de los análisis químicos del suelo de Chichebre, por los métodos de Carolina del Norte y Olsen Modificado se presentan en el Cuadro 1.

Con el método de Carolina del Norte, el pH del suelo fue levemente ácido (5.5). El contenido de fósforo fue de 5.0  $\mu$ g/ml, el cual se considera bajo ya que es inferior al nivel crítico de 18  $\mu$ g/ml.

Según el análisis (Cuadro 1) el contenido de calcio, 7.8 meq/100 ml, es alto. La relación Ca/Mg es adecuada. El nivel de Mg es alto, el de K es medio y la relación Mg/K es muy alta.

**Cuadro 1. Resultados del análisis físico<sup>[a]</sup> y químico del suelo de Chichebre. 1976.**

Método de Carolina del Norte												
M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	Al	Rel	Rel	Mn	Fe	Zn	Cu
%		— g/ml —	— meq/100 ml —				Ca/Mg	Mg/K	—————	ppm	—————	
3.5	5.5	5.0	87.0	7.8	3.6	0.1	2.17	16.4	13.0	72.0	3.9	4.0
Método de Olsen Modificado												
3.5	5.5	2.5	525.0	7.8	3.6	0.1	2.17	267	84.0	72.0	7.2	2.7

[a] **Textura:** Arena, 44%; Limo, 38%; Arcilla, 18%. **Color:** Pardo.

Con el método de Olsen Modificado el nivel de potasio es alto y la relación Mg/K es adecuada.

El aluminio en este suelo es escaso y no representa ningún problema de consideración. La materia orgánica se encuentra en mediana cantidad en este suelo; los contenidos de hierro y cobre son adecuados. El zinc y el manganeso están deficientes.

Los estudios de fijación efectuados en este suelo indican que no posee capacidad de absorción apreciable para los diferentes elementos. Esto implica que si a este suelo se agregan cantidades suplementarias de los distintos elementos, éstos quedarán a disposición de las plantas y no serán inmovilizados por el complejo coloidal del suelo (Palacios y Portch, 1973).

### Estudios de Invernadero

En los trabajos realizados en invernadero se encontraron respuestas claras a nitrógeno, fósforo y azufre con los dos métodos de extracción (Cuadro 2). En base al rendimiento en materia seca, el método de Olsen Modificado tuvo un mejor comportamiento; esto probablemente se deba a que por este método se le agregó mayor cantidad de fósforo al suelo. Las respuestas al calcio, magnesio y zinc son contradictorias al comparar ambas metodologías, lo que sugiere la necesidad de realizar más trabajos a nivel de invernadero, con este suelo y con los elementos antes mencionados.

### Ensayos en Campo

Los rendimientos promedios de arroz para los diferentes tratamientos de fertilización durante los años 1976, 1977 y 1978 se presentan en el Cuadro 3.

Las ecuaciones de regresión obtenidas con los resultados de los rendimientos para los diferentes años fueron las siguientes:

Para 1976,

$$Y_1 = 3,662 + 8.126N + 10.375P + 5.711K - 0.018N^2 - 0.073P^2 + 0.012K^2 - 0.004NP - 0.055NK \quad (r^2 = 0.15)$$

Para 1977,

$$Y_2 = 3,343 - 1.248N - 0.987P + 1.998K + 0.014NP^2 - 0.017NP \quad (r^2 = 0.42)$$

Cuadro 2. Respuestas obtenidas en el Invernadero. Suelo de Chichebre.  
(Peso Materia Seca en gramos)

SOLUCION EXTRACTORA Carolina del Norte														
Tratamiento	Opt.*	+ Ca	+ Mg	- N	- P	- K	+ B	+ Cu	+ Fe	- Mn	+ Mo	- S	- Zn	Test.
Rendimiento	6.03	7.34	9.01	2.20	1.32	3.63	4.88	5.72	6.51	6.17	6.34	1.52	5.13	1.52
Rendimiento Normalizado	2.01	2.44	3.00	0.73	0.44	1.82	1.63	1.91	2.17	2.06	2.11	0.51	2.56	0.51
Rendimiento Relativo	100.00	121.64	149.40	36.42	21.99	90.30	80.99	94.90	107.96	102.40	105.10	25.30	127.60	25.30

SOLUCION EXTRACTORA Olsen Modificado

Tratamiento	Opt.*	+ Ca	+ Mg	- N	- P	- K	+ B	+ Cu	+ Fe	- Mn	+ Mo	- S	- Zn	Test.
Rendimiento	7.31	7.66	6.80	2.34	1.70	6.90	7.20	8.01	7.20	7.78	6.24	2.90	6.35	1.83
Rendimiento Promedio	3.66	2.55	2.27	0.78	0.57	2.30	2.40	2.67	2.40	2.59	2.08	0.97	3.18	0.61
Rendimiento Relativo	100.00	69.85	62.02	21.30	15.50	62.90	65.66	73.05	65.66	70.90	56.90	26.50	86.87	16.69

\*Opt.: N, P, K, S, Mn, Zn.

Cuadro 3. Rendimientos <sup>a</sup> promedios de arroz obtenidos con los tratamientos de fertilización.

Tratamiento No.	AÑO: 1976					AÑO: 1977					AÑO: 1978				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O	Rendimiento kg/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O	Rendimiento kg/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O	Rendimiento kg/ha	S	Rendimiento kg/ha	
1	0	90	50	4,175	0	0	0	3,112	0	0	0	1,614	0	1,614	
2	50	90	50	4,875	0	80	0	3,385	0	80	0	1,588	0	1,588	
3	100	90	50	5,000	0	160	0	3,085	0	160	0	1,835	0	1,835	
4	150	90	50	5,062	40	120	0	3,086	40	40	0	2,226	0	2,226	
5	200	90	50	4,112	40	0	0	3,385	40	120	0	2,460	0	2,460	
6	150	0	50	4,400	80	0	0	3,554	80	0	0	2,708	0	2,708	
7	150	30	50	4,512	80	80	0	3,516	80	80	0	2,369	0	2,369	
8	150	60	50	4,725	80	160	0	2,786	120	40	0	2,578	0	2,578	
9	150	120	50	4,437	120	40	0	2,890	120	40	0	2,265	0	2,265	
10	50	30	50	4,437	120	120	0	2,617	160	0	0	2,422	0	2,422	
11	100	60	50	4,400	160	0	0	3,568	160	80	0	2,304	0	2,304	
12	200	120	50	4,687	160	80	0	3,229	160	160	0	2,343	0	2,343	
13	150	90	0	4,912	160	160	0	3,049	80	80	0	2,525	20	2,525	
14	150	90	25	4,200	80	80	25	3,073	80	80	0	2,731	40	2,731	
15	150	90	75	4,462	80	80*	25	3,281	80	80	25	2,812	20	2,812	
16	200	60	50	4,887	80	80	25	3,281	80	80	25	2,682	40	2,682	
17	100	120	50	4,212	80	80	25	3,281	80	80	25	2,682	40	2,682	
18	0	0	0	3,662	80	80	25	3,281	80	80	25	2,682	60	2,682	

<sup>a</sup> Calculado al 14 % de la humedad

\* El fósforo se aplicó al voleo

Para 1978,

$$Y_3 = 2,226 + 0.019N - 0.002P - 0.00008N^2 + 0.00002P^2 \quad (r^2 = 0.58)$$

#### a. Respuesta al nitrógeno

De acuerdo con los resultados obtenidos en el año de 1976, la respuesta al nitrógeno fue cuadrática, positiva y significativa ( $P < .05$ ). Las interacciones NP, NPK y NK carecen de significación estadística.

La variedad Anayansi parece tener la capacidad de responder a niveles de N superiores a los 200 kg/ha; ello es posible en variedades enanas que resisten el acame.

El estímulo de nitrógeno parece ser más efectivo en el rango comprendido entre 0 y 100 kg de N/ha. Numerosos autores coinciden con estos resultados (Ponce y Tejeira, 1977; Villachica y Sánchez, 1977; De Datta, 1978; Chandler, 1979).

Para 1977, no hubo respuesta significativa al nitrógeno, debido posiblemente a que el ensayo se encontraba ubicado en un sitio bajo del campo, casi en una depresión a la cual concurrían aguas de escorrentía, lo cual unido a la falta de zanjas entre las parcelas, pudo enmascarar las diferencias entre los tratamientos. Otra posible causa de la falta de respuesta pudo ser la pobreza en la irradiación solar que caracteriza a la zona. Chandler (1979), reporta la existencia de una fuerte correlación entre el rendimiento y la intensidad de la irradiación solar en los últimos 45 días del ciclo de la planta de arroz.

En 1978, la respuesta al nitrógeno fue de carácter cuadrático obteniéndose el más alto incremento en el rendimiento entre los niveles 0 y 80 kg de N/ha. Este año fue de nubosidad como en 1977, y las respuestas al estímulo del nitrógeno no parecen afectadas. En base a esto, es posible descartar la posibilidad de que sea la pobreza en irradiación solar la que explique la falta de respuesta al nitrógeno, en el año de 1977. Además, no se presentó el problema de ubicación, ya que el sitio esta vez fue escogido en un lugar alto, para evitar los problemas con el agua de escorrentía y se construyeron zanjas entre las parcelas para evitar movimientos de nitrógeno entre los diferentes tratamientos.

#### b. Respuesta al fósforo

De acuerdo con los resultados observados en el Cuadro 3, no existe diferencia estadística ni hubo respuesta lineal, ni cuadrática a las aplicaciones de fósforo en los años 1976, 1977 y 1978 y las interacciones con nitrógeno y potasio tampoco tuvieron significancia. Tampoco se detectaron diferencias significativas entre las aplicaciones de fósforo al voleo y en banda.

Similares resultados se han encontrado en suelos aluviales de la Costa del Norte del Brasil, en donde no se han observado respuestas del arroz a la aplicación de fósforo (Vascondelos y Almeida, citados por Kamprath, 1973a). Basak y Bhattacharya, citados por Goswami y Banerjee (1978), observaron en suelos de aluvión la liberación de aproximadamente 420 kg de  $P_2O_5$ /ha, tan sólo debido a la mineralización de la materia orgánica.

#### c. Respuesta al potasio

No se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos que incluían 25 kg de  $K_2O$  por hectárea y los que no incluían esta nutrimento. Los datos del Cuadro 3 y las ecuaciones de regresión revelan que no existe respuesta significativa al potasio y que las interacciones con nitrógeno y fósforo carecen de significancia aún cuando el nivel de potasio en el suelo fue medio, de acuerdo al análisis. Según De Datta (1975, 1978), es difícil en el caso del potasio

correlacionar contenido de este elemento en el suelo y comportamiento de las plantas en campo y sobre todo productividad en grano de las mismas. En términos generales, o no hay respuesta a potasio en arroz o la misma es muy pequeña.

Bradfield (1966), afirma que en suelos jóvenes se liberan cantidades abundantes de potasio a medida que la meteorización de sus minerales procede. La respuesta del arroz a este elemento es poco frecuente, de acuerdo con varios investigadores (Bradfield, 1966; Cox, 1973a; De Datta, 1978; Goswami y Banerjee, 1978).

Resultados del IRRI con experimentos de larga duración indican que cuando se efectúa una sola cosecha de arroz, y si el aporte de nitrógeno es suficiente, el efecto de adiciones de P y K es marginal. De acuerdo con De Datta y Gómez (citados por De Datta, 1978), la respuesta a P y K se hace más acentuada si se realiza de dos a tres cosechas al año.

Goswami y Banerjee (1978), encontraron que en secano se liberan entre 235 y 521 kg de  $K_2O$  por hectárea, mientras que una cosecha de tres toneladas de grano de arroz extrae del suelo 75 kg de  $K_2O$ .

En un suelo fértil (12 ppm de  $P_2O_5$  y de  $\approx 12$  ppm de  $K_2O$ ), tras siete años de cultivo y dos cosechas de arroz anuales, no se detectaron respuestas a P y K (IRRI Annual Report, 1967, citado por De Datta, 1975).

#### d. Respuesta al Azufre.

No se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos con y sin azufre. Sin embargo, el aspecto general de las parcelas que tenían este elemento era mejor que el de aquellas que no lo poseían. De acuerdo con De Datta (1978), en general hay poca respuesta del arroz a la aplicación de azufre, aunque su deficiencia tiende a aumentar debido a que el superfosfato simple (12% de S) ha sido progresivamente substituído por superfosfato concentrado, y el sulfato de amonio (24% de S), por urea. Por otro lado, el uso de variedades de alto rendimiento también acentúa las extracciones de azufre.

El análisis de suelo es de poco valor para predecir el comportamiento de plantas de arroz en campo. El contenido de S en los granos parece ser un mejor indicador (Blair, Mamaril y Momuat, 1978).

Otra posible explicación para la respuesta poco clara al azufre, es la fuente utilizada, siendo ésta la flor de azufre, que debe desdoblarse a radicales sulfato, que constituyen la forma asimilable para las plantas, requiriéndose alrededor de tres meses para esto (la flor de azufre fue aplicada al momento de la siembra).

Numerosos autores recomiendan el sulfato de amonio como la mejor fuente de azufre (Engler y Patrick, citados por De Datta, 1978; Han, citado por Goswami y Banerjee, 1978; Jennings y col., 1979). Con el  $CaSO_4$  se obtuvieron muy buenos resultados en suelos latosoles (McClung y col., citados por Kamprath, 1978).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En 1976 se obtuvo el mejor resultado con 100 kg de N/ha. En 1977 no hubo respuesta y en 1978 la variedad respondió muy bien hasta 80 kg de N por hectárea. Se considera que entre 100 y 120 kg de N por hectárea son adecuados.
2. En 1976, año muy seco y de intensa irradiación solar, el ensayo recibió riego suplementario.



tario y por ello sus resultados no reflejan las condiciones típicas del secano. En dicho año se obtuvo la única respuesta aparentemente positiva al fósforo. Esto debe ser corroborado en pruebas extensivas; mientras, lo más razonable es continuar la práctica tradicional de aplicar aproximadamente 40 kg de  $P_2O_5$  por hectárea.

3. No hubo respuesta a las aplicaciones de potasio.
4. El azufre no ha dado respuesta clara; más estudios al respecto se ameritan antes de emitir cualquier recomendación.
5. Es conveniente incluir en los ensayos futuros de campo tratamientos con calcio, magnesio y zinc, pues en los estudios de invernadero se presentaron resultados contradictorios con estos elementos; sólo con investigaciones de campo se puede clarificar esta situación.
6. Se recomienda a las empresas productoras de arroz del área de Bayano hacer pruebas extensivas, con parcelas de 10 hectáreas de extensión cada una. Las modalidades a estudiar podrían ser:
  - a) 60 kg de N/ha + 40 kg de  $P_2O_5$ /ha + 25 kg de  $K_2O$ /ha
  - b) 80 kg de N/ha + 40 kg de  $P_2O_5$ /ha + 25 kg de  $K_2O$ /ha
  - c) 100 kg de N/ha + 40 kg de  $P_2O_5$ /ha + 25 kg de  $K_2O$ /ha
  - d) 120 kg de N/ha + 40 kg de  $P_2O_5$ /ha + 25 kg de  $K_2O$ /ha
  - e) 140 kg de N/ha + 40 kg de  $P_2O_5$ /ha + 25 kg de  $K_2O$ /ha
  - f) 100 kg de N/ha + 40 kg de  $P_2O_5$ /ha
  - g) 100 kg de N/ha
  - h) 100 kg de N/ha + 40 kg de S/ha
7. Aparentemente, el nivel crítico de P del suelo debe ajustarse a valores inferiores a los 18 ppm empleados actualmente. Según los resultados de este trabajo, es probable que dicho nivel se encuentre alrededor de los 5 ppm en el caso del arroz.
8. Un aspecto que deberá estudiarse con particular relevancia en las investigaciones futuras de campo, es el número de cosechas sucesivas que podrán obtenerse en este tipo de suelo, antes de reducir las reservas del mismo en fósforo y potasio, hasta niveles que limiten la productividad del cultivo de arroz.

## ABSTRACT

Laboratory, greenhouse and field work were conducted in order to evaluate soil fertility and the response to fertilization in a rice area in Bayano, Panama province. Experiments were carried out in 1976, 1977 and 1978 on recent alluvial soils. Phosphorus of these soils was rather low (5  $\mu$ g/ml, using the North Carolina method). Potassium levels were medium (87  $\mu$ g/ml). Organic matter levels were also medium (3.48%). Average pH was 5.5. Aluminum content was low. The studies on fixing capacity of these soils showed that they did not have a fixing capacity for any of the elements tested. Greenhouse work utilizing P 8417 sorgum as a tester, indicated positive response to nitrogen, phosphorus and sulfur fertilization. Calcium, magnesium and zinc results were rather contradictory as tested by the North Carolina and Modified Olsen methods. The field work, utilizing "Anayansi" rice variety showed positive response only to nitrogen fertilization.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la colaboración del Lic. Florentino Vega, Biometrista del IDIAP, quien participó en el análisis e interpretación de los resultados de este estudio.

## BIBLIOGRAFIA

- BLAIR, G.J.; MAMARIL, C.P. y MOMUATE. Sulfur. Nutrition of wetland rice. IRRI research paper series No. 21. 1978.
- BRADFIELD, R. The future of soils and crops research. In The Tropics Florida's Role in Tropical Agriculture. Soil and Crop Science Society of Florida. 1966.
- CHANDLER, R.F. Rice in the tropics. A guide to the development of National programs. Westview press. Boulder, Colorado. 1979. pp. 39-45.
- COX, F.R. Potasio. Un resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina Tropical. Soil Science Department North Carolina State University. 1973a. pp. 177-180.
- De DATTA, S.K. Fertilizantes y acondicionamiento del suelo para arroz tropical. Cultivo del Arroz. Manual de Producción. Escuela de Agricultura, Universidad de Filipinas con la colaboración del IRRI. Versión en español. Editorial Limusa, México. 1975. p. 139.
- Fertilizer management for efficient use in wetland rice soil. Soil and Rice. IRRI. 1978. p. 671.
- GOSWAMI, N.N. y BANERJEE, N.K. Phosphorus, Potassium and other macroelements. Soil and Rice. IRRI. 1978. p. 561.
- JENNINGS, P.R.; COFFMAN, W.R. y KAUFFMAN, H.E. Rice improvement. IRRI. Los Baños Philippines. 1979.
- KAMPRATH, E.J. Fósforo. Un resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina Tropical. Soil Science Department North Carolina State University. 1973a. pp. 151-156.
- PALACIOS, J.A. y PORTCH, S. El uso de curvas de fijación como base para seleccionar los niveles de tratamientos de fertilizantes. MAG, Panamá. 1973. s/p.
- PONCE, V. y TEJEIRA, R. Epocas de aplicación de nitrógeno en la variedad Nilo 1. En Investigaciones Agropecuarias 1976-1977. Facultad de Agronomía. Universidad de Panamá. Informe de Progresos de Investigaciones. 1977. p. 295.
- VILLACHICA, J.H. y SANCHEZ, P.A. Micronutrient research Amazon Jungle of Peru. Agronomic-Economic research on soils of the tropics. Science Soil Department North Carolina State University. Annual Report for 1976-1977. 1977. p. 50.
- WALKER, J.L. y BEJARANO, W. Uso práctico de los modelos discontinuos para interpretación rápida de la respuesta de cultivos a la aplicación de fertilizantes. Proyecto Centroamericano de Fertilidad de Suelos. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1978. pp. 2-12.
- WELLS, B.R. y JOHNSON, T.H. Differential response of rice varieties to timing of mid-season nitrogen applications. Agronomy Journal 62(5):608. 1970.