

6) Educación del agricultor para conseguir que sean bien entendidos los resultados del análisis así como para conseguir que los materiales recomendados estén disponibles.

El Proyecto en cuestión seguirá en cierto modo el patrón de actividades de una organización nacional que funcionó muy bien en USA y que se llamó "El equipo nacional de trabajo de análisis de suelos". Con este propósito se asignaron científicos especialistas en suelos, a regiones específicas, los que serán responsables del programa en varios países. La primera tarea será el hacer una encuesta en los países cooperadores para reunir la información sobre lo que se está ha-

ciendo en relación con los seis pasos del programa de suelos antes anotados. Luego se hará un estudio de las actuales condiciones de trabajo y se desarrollará un programa con los países cooperadores para reforzar las áreas que requieren mayor atención.

El principal propósito de este Proyecto es el de suplementar los programas ya existentes y no duplicar el trabajo ya hecho o en vista de hacerse. Con esta meta en perspectiva no se escatimará esfuerzo alguno para cooperar con todos los grupos o programas que estén trabajando en el mejoramiento de la producción agrícola de Centroamérica.

## RESUMEN GENERAL DE LOS EXPERIMENTOS DE FERTILIZACION LLEVADOS A CABO EN FORMA COOPERATIVA POR EL PCCMCA DURANTE EL PERIODO 1960-1963

R. J. LAIRD

### Resumen de los resultados reportados en 1963.

En 1963 se reportaron los resultados obtenidos de 10 experimentos de fertilización de maíz. Dos de estos se llevaron a cabo en cada uno de los siguientes países: El Salvador, Panamá, Nicaragua, Costa Rica y Guatemala. Se muestra información general de siete de los experimentos en el Cuadro 1. El experimento llevado a cabo en Nongo, Panamá, que no se menciona en el Cuadro 1, fue puesto en un sitio cerca del nivel del mar en un suelo aluvial. En Guatemala se pusieron experimentos cerca de Chimaltenango (2021 M.S.N.M.) y Bárcena (1372 M.S.N.M.). El experimento puesto en Barranca, Costa Rica recibió riego suplementario, según lo iba necesitando.

En el cuadro 2 se reportan algunas propiedades químicas y físicas de los suelos de seis localidades; estos análisis se hicieron en los laboratorios de los países donde se llevaron a cabo los experimentos.

En el cuadro 3 se indican los rendimientos de maíz obtenidos en los 10 experimentos. La aplicación de nitrógeno aumentó los rendimientos en siete localidades y el efecto medio de la aplicación de 60 kg. de nitrógeno por hectárea fue un aumento de 0.70 ton./ha. Un segundo incremento de 60 kg. de nitrógeno por hectárea aumentó el rendimiento medio de grano en 0.31 ton./ha.

Por medio de la aplicación de fósforo se aumentaron en forma significativa los rendimientos de maíz

en dos localidades. El aumento medio en el rendimiento de grano debido a la aplicación de 60 kg. de  $P_2O_5$  por hectárea fue de 0.21 ton./ha.

Se estudió en tres localidades el efecto de las aplicaciones de potasio en los rendimientos de maíz. No se observaron cambios estadísticamente significativos en el rendimiento debidos al uso de potasio. El efecto medio de la aplicación de 60 kg. de  $K_2O$  por hectárea en los tres experimentos fue una reducción en el rendimiento de 0.25 ton./ha.

### Resumen de los resultados obtenidos durante el período 1960-1963.

Durante el período de 4 años, 1960-1963, se llevaron a cabo 46 experimentos de fertilización de maíz. En Guatemala se pusieron 6 de éstos, 3 en Honduras, 8 en El Salvador, 13 en Nicaragua, 10 en Costa Rica y 6 en Panamá. Once experimentos se llevaron a cabo en 1960, 11 en 1961, 14 en 1962 y 10 en 1963.

Los incrementos en los rendimientos de maíz debido a la aplicación de nitrógeno fueron estadísticamente significativos en 27 de los 46 experimentos, o sea en 58.7%. El rendimiento obtenido sin la aplicación de nitrógeno fue menor del 90% del rendimiento obtenido con los niveles óptimos de nitrógeno y fósforo en 68% de los experimentos. El aumento medio en el rendimiento del grano conteniendo 12% de humedad, debido a la aplicación de 40 kg. de nitrógeno por hectárea en 44 de los experimentos, fue de 0.50 ton./ha. El costo de las aplicaciones de nitrógeno y

el precio del maíz que se reportaron para Costa Rica en 1961 (2), sirvieron para estimar la frecuencia de las respuestas económicas a nitrógeno. El aumento en el rendimiento debido a la aplicación de 40 kg. de nitrógeno por hectárea fue equivalente en valor a más de dos veces el costo del tratamiento de fertilizante en 39% de los experimentos; en 52% de los experimentos el aumento fue equivalente en valor a más de 1.5 veces el costo del tratamiento de fertilizante.

Las respuestas debidas a la aplicación de fósforo fueron estadísticamente significativas en 17 de los 46 experimentos, o sea en 36.9%. El rendimiento obtenido sin la adición de fósforo fue menor de 90% del rendimiento obtenido con los niveles óptimos de nitrógeno y fósforo en 47% de los experimentos. El aumento medio en el rendimiento de grano debido a la aplicación de 40 kg. de  $P_2O_5$  por hectárea fue equivalente en valor a más de dos veces el costo del tratamiento de fertilizante en 40% de los experimentos; en 47% de los experimentos el aumento fue equivalente en valor a más de 1.5 veces el costo del tratamiento de fertilizante.

De 23 de los experimentos llevados a cabo en 1960, 1961 y 1963, se disponía de información para poder estimar el efecto de la aplicación de potasio. El aumento en rendimiento debido a la adición de potasio no fue estadísticamente significativo en ninguna de las localidades. El efecto medio de la aplicación de 40 kg. de  $K_2O$  por hectárea fue un aumento de 0.07 Ton./ha. de grano. En dos localidades el rendimiento obtenido sin la aplicación de potasio fue menor de 90% del rendimiento obtenido con el tratamiento conteniendo nitrógeno, fósforo y potasio; también en dos experimentos, el rendimiento obtenido sin la adición de potasio fue más de 110% del rendimiento obtenido con el tratamiento NPK. Aún cuando no se incluyó información completa acerca del efecto de potasio en el resumen de los resultados obtenidos en 1962 (3), se reportaron respuestas significativas a potasio en dos localidades en Costa Rica (5).

Este breve resumen indica que se pueden esperar respuestas económicas debidas al uso de nitrógeno y fósforo en aproximadamente 50% de las siembras de maíz hechas bajo condiciones semejantes a aquéllas comprendidas en este estudio. También, con la posible excepción de lugares de Costa Rica, parece ser que por el momento el uso de potasio en la producción de maíz no es económicamente factible.

En virtud de que aparentemente el aumento del rendimiento debido a uno o más de los nutrientes de la planta fue de poca importancia en diversas localidades, es esencial que se desarrolle algún procedimiento para identificar aquellas condiciones donde el uso de uno o más de los elementos de fertilización son de valor económico. El Comité de Fertilización del PCCMM, que se reunió en Nicaragua en el mes de febrero de 1960, hizo dos recomendaciones con miras de conseguir datos valiosos para la divulgación a los agricultores.

La primera de estas recomendaciones consistió en la sugerencia de que los experimentos de fertilización se pusieran en lugares representativos de 3 condiciones ecológicas importantes. Implícita en esta recomendación, existía la idea de que los diferentes sistemas de productividad en la región posiblemente necesitarían diferentes tratamientos de fertilizantes, y que reconociendo y definiendo las condiciones de productividad al momento de localizar los experimentos, sería relativamente fácil decidir si es que las necesidades de fertilizantes estaban relacionadas con los factores de productividad. Desgraciadamente la información reportada para cada localidad experimental muy a menudo ha sido insuficiente, ya sea por asignar el suelo a una de las tres categorías originales o por formar nuevas categorías.

Informes presentados de 21 experimentos llevados a cabo en 1960 y 1961, no obstante, permiten hacer una evaluación aproximada de la relación entre el color del suelo y la necesidad de fósforo. Ocho de estos experimentos se llevaron a cabo en suelos rojizos y 13 en suelos de otros colores. Las aplicaciones de fósforo aumentaron los rendimientos significativamente (nivel de 5%) en 62% de los suelos rojizos y en 8% de los suelos no rojizos. El aumento medio en el rendimiento debido a la aplicación de 40 kg. de  $P_2O_5$  por hectárea fue de 0.80 ton./ha. en suelos rojizos y de 0.05 ton./ha. en los otros. Aparentemente el color del suelo es útil pero no un indicador infalible de la necesidad de aplicar el fósforo.

La segunda recomendación hecha por el Comité de Fertilización en 1960 fue de que las muestras de suelos representativos de cada experimento, sean analizadas por el laboratorio de suelos local y por el laboratorio del Centro Nacional de Agronomía en Santa Tecla, El Salvador, para determinar las cantidades disponibles de nitrógeno, fósforo y potasio. El propósito de esta recomendación fue para conseguir información útil en la calibración de los procedimientos analíticos químicos usados en los diferentes países, y así llegar a una utilización más adecuada de la información productiva por las pruebas químicas en la determinación de las necesidades de fertilizantes en los campos de los agricultores.

Se analizaron muestras de suelos en el laboratorio de Santa Tecla de 22 de los experimentos llevados a cabo durante 1960-1963 para determinar las cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles. Se estudió la correlación entre los rendimientos sin aplicación de nitrógeno, expresados como porcentajes, y las cantidades de nitratos en las muestras (4). Se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.46, el cual fue significativo a un nivel de 5% de probabilidades. La ecuación de regresión fue:  $y = 3.26 \pm 51.54 \log x$ , y el coeficiente de determinación ( $r^2 \times 100$ ) fue 21%. La distribución de frecuencias de 3 categorías de rendimiento relativo para 3 niveles de nitratos, así como las probabilidades de una respuesta económica a la aplicación de 40 kg. de nitrógeno por hectárea en suelos conteniendo diferentes niveles de nitratos se mues-

tran en el Cuadro 4. Estos tres análisis sobre la relación entre la respuestas a la fertilización nitrogenada y el nivel de nitratos en el suelo, nos indica que el procedimiento analítico químico usado actualmente es de valor limitado para determinar las necesidades de nitrógeno en el maíz.

Se estudió la correlación entre los rendimientos sin haber aplicado fósforo, expresados como porcentajes, y las cantidades de fósforo disponible en las muestras (Método I de Bray (1) ). El coeficiente de correlación fue 0.40, el cual fue significativo a un nivel de 5% de probabilidades. La ecuación de regresión fue:  $y = 4.00 \pm 45.22 \log x$ , y el coeficiente de determinación fue 16%. La distribución de frecuencias de tres categorías de rendimiento relativo para tres niveles de fósforo del suelo, así como las probabilidades de una respuestas económica a la aplicación de 40 kg. de  $P_2O_5$  por hectárea en suelos, conteniendo diferentes niveles de fósforo disponibles, se muestran en el Cuadro 5. Como en el caso de nitrógeno estos análisis nos indican que la prueba actual para fósforo es de valor limitado para determinar la cantidad de este elemento que debería aplicarse al maíz.

#### Conclusiones:

Los resultados reportados sobre la respuesta de maíz a la fertilización durante 1960-1963 indican que las deficiencias de nitrógeno y fósforo son extensas y que las deficiencias de potasio son raras. Muchos de los 46 experimentos comprendidos en este estudio se llevaron a cabo en estaciones experimentales. En virtud de que el manejo de suelos y las prácticas culturales en las estaciones experimentales muy a menudo no son representativas de un sector grande de producción agrícola, es posible que estos experimentos no representen un muestreo adecuado de las condiciones de productividad en estos países. Sería recomendable ubicar experimentos futuros en tal forma que muestren sistemas importantes de productividad, los cuales no han sido estudiados con anterioridad.

Como se menciona, las condiciones de productividad no siempre han sido debidamente descritas al reportar los resultados de un experimento. Es proba-

ble que una definición precisa de las condiciones de productividad sea necesaria para poder llegar a conseguir datos útiles para hacer recomendaciones de fertilización a los agricultores. Sería muy ventajoso incluir en el reporte de un experimento informes detallados sobre los factores de productividad: suelo, planta, clima y manejo. Existe información sobre morfología de suelos en la mayoría de las regiones y debería usarse para localizar los experimentos y reportar los resultados. Información general del clima para la localidad experimental puede ser suplementada con datos de lluvias obtenidos con un pluviómetro localizado en las cercanías del lugar donde se encuentra ubicado el experimento. Observaciones de las condiciones adversas tales como competencia de malezas, daño causado por insectos y enfermedades, sequía y exceso de humedad pueden ser muy útiles para interpretar los resultados obtenidos por medio de la aplicación de fertilizantes, siempre y cuando sean tomados cuidadosamente al hacer visitas frecuentes a los experimentos.

La baja correlación entre respuestas a nitrógeno y fósforo y las cantidades disponibles de nutrientes en el suelo indica la importancia de desarrollar procedimientos analíticos químicos altamente calibrados. Esto es muy cierto en el caso de la prueba de fósforo, la que en muchos países es un indicador muy útil de las necesidades de fósforo. Puede ser necesario establecer diferentes límites de respuesta para la prueba de fósforo en diversas condiciones de suelos. Al tratar de calibrar una prueba para nitrógeno, tal vez sería conveniente poner más atención al manejo pasado del suelo, el cual a menudo es de primordial importancia para determinar el contenido de nitrógeno disponible en el suelo.

#### Referencias

1. Bray, Roger H. and L. T. Kurts. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
2. Laird, Reggie J. 1961. Discusión general sobre los experimentos de fertilizantes realizados por el PCCMM en 1960. 7a. Reunión PCCMM.
3. Malcolm, John L. 1963. Resumen general de los ensayos cooperativos sobre fertilizantes 1962. 9a. Reunión PCCMM.
4. Peech, Michael and Leah English. 1944. Rapid microchemical soil tests. *Soil Sci.* 57: 167-195.
5. Salas, Carlos A. y Nevio Bonilla. 1963. Fertilización química del maíz en Costa Rica. 9a. Reunión PCCMM.

CUADRO 1. DATOS RELACIONADOS CON LOS EXPERIMENTOS DE FERTILIZACION DEL MAIZ LLEVADOS A CABO EN LOS PAISES DE CENTROAMERICA EN 1963

Concepto	El Salvador		Panamá	Nicaragua		Costa Rica	
	Chalatenango	Moncagua	Divisa Retén	Managua	León	Barranca	Alajuela
Altura (M.S.N.M.)	305	105	1.5	—	—	28	840
Temp. med. Jun.—Oct., 1963 ( C.)	—	—	26.7	25.2 *	—	28.5	21.4
Precipitación (mm):							
Junio	—	—	1.09	156 **	502 **	188	305
Julio	—	—	2.33	110	369	148	203
Agosto	—	—	2.47	85	296	110	179
Septiembre	—	—	1.93	—	—	363	335
Octubre	—	—	2.52	—	—	284	263
Cultivos anteriores:							
1960	Baldío	Maíz	Pasto	—	—	Arroz	Café
1961	"	"	"	—	—	Algodón	Rabiza
1962	"	"	Maíz	—	—	Maíz	Frijol- Rabiza
Color del suelo	—	—	Pardo	—	—	Gris Amarillento	Café obscuro
Variiedad	H-503	H-503	Corneli-54	Nicaragua H-2	Nicaragua H-2	Corneli-54	Eto Blanco
Población (miles ha.)	—	—	40	36	36	40	40
Fechas:							
Siembra	Jun. 6	Jun. 1	Jun. 22	Sept. 3	Sept. 4	Jun. 25	Mayo 17
1a. apl. de fert.	—	—	—	" 3	" 4	" 25	" 20
Aclareo	Jun. 20	Jun. 15	—	" 23	No hubo	Jul. 18	Jun. 18
2a. apl. de N.	" 27	" 22	—	" 25	Oct. 1	" 18	" 18
Cosecha	Oct. 20	Oct. 15	—	Dic. 12	Dic. 18	Oct. 10	Oct. 21
Factores limitantes del rendimiento	(1) Sequía (2) Drenaje deficiente	— —	— —	(1) Vientos fuertes al tiempo de espigar. (2) Sequía.	— —	Competencia de malezas	— —

\* La temperatura media corresponde al período septiembre a noviembre.

\*\* Las precipitaciones corresponden a los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Maíz recién cosechado, secándose en el sol. Honduras. 1964

**CUADRO 2. CARACTERISTICAS QUIMICAS Y FISICAS DE LOS SUELOS DONDE SE LLEVARON A CABO LOS EXPERIMENTOS DE FERTILIZACION DEL MAIZ EN LOS PAISES DE CENTRO-AMERICA EN 1963**

Concepto	El Salvador	Panamá	Nicaragua		Costa Rica	
	Chalatenango	Divisa Retén	Managua	León	Barranca	Alajuela
Profundidad de la muestra (cm)	—	—	0-30	0-30	0-50	0-50
pH	5.4	6.2	6.6	6.3	6.0	5.6
Materia orgánica (%)	2.34	1.3	3.61	3.14	2.42	10.49
Nitrógeno total (%)	—	—	0.245	0.183	0.09	0.42
Relación C:N	—	—	8.5	9.9	15.5	14.5
Nitratos (Kg./ha. de N.)	5	9	109	103	—	—
Nitratos (nivel)	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo
Fósforo asimilable (Kg./ha.)	18	111	450	397	115	60
Fósforo asimilable (nivel)	Muy bajo	Medio	Alto	Alto	Medio	Bajo
Potasio asimilable (Kg./ha.)	422	205	3619	2082	538	762
Potasio asimilable (nivel)	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto
Textura	—	—	Franco arenoso	Franco	—	—



CUADRO 3. RENDIMIENTO EN TONELADAS POR HECTAREA DE GRANO DE MAIZ CON 12% DE HUMEDAD EN EXPERIMENTOS LLEVADOS A CABO EN LOS PAISES DE CENTROAMERICA EN 1963

Tratamiento de fertilizante	El Salvador		Panamá		Nicaragua		Costa Rica		Guatemala	
	Chalatenango	Moncagua	Divisa Nongo	Divisa Retén	Managua	León	Barranca	Alajuela	Chimaltenango	Bárcena
0-0-0	0.25	2.67	0.39	1.41	1.92	3.43	1.37	4.85	1.14	4.28
0-30-0	0.41	3.23	—	—	—	—	—	—	—	—
0-60-0	0.86	2.22	0.27	0.88	2.07	3.28	1.59	3.86	1.41	4.55
0-90-0	0.51	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0-120-0	0.60	2.83	0.29	1.15	1.83	3.51	1.65	4.85	—	—
60-0-0	0.26	3.99	1.00	1.09	1.91	3.30	3.21	4.51	2.25	4.94
60-30-0	1.14	3.95	—	—	—	—	—	—	—	—
60-60-0	0.81	3.82	1.35	2.23	1.97	3.70	3.24	4.59	2.36	4.91
60-90-0	1.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60-120-0	1.36	3.50	1.36	1.75	1.91	3.63	3.07	4.54	—	—
60-60-60	—	—	—	—	—	3.48	—	—	—	—
120-0-0	0.34	3.92	0.92	1.28	1.84	3.39	3.56	4.76	3.22	5.20
120-30-0	1.67	4.25	—	—	—	—	—	—	—	—
120-60-0	1.55	4.20	1.54	1.66	1.96	3.45	3.54	4.54	3.15	5.48
120-90-0	2.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
120-120-0	2.36	3.92	1.92	2.22	1.96	3.64	3.48	4.96	—	—
120-120-30	2.35	4.30	—	—	—	—	—	—	—	—
120-120-60	1.95	3.80	—	—	—	—	—	—	—	—
120-120-120	2.39	3.60	—	—	—	3.55	—	—	—	—
180-0-0	—	—	1.58	1.73	—	—	—	—	4.32	4.73
180-60-0	—	—	1.73	2.15	—	—	—	—	3.43	—
180-120-0	—	—	1.59	2.16	—	—	—	—	—	—
D.M.S. al 5%	0.55	0.79	—	—	No hay	No hay	—	—	—	0.35
Coficiente de variación	—	—	—	—	—	—	21.9%	9.0%	—	—
Respuesta a:	NP	N	NP	N	Ninguno	Ninguno	N	P	N	N

**CUADRO 4. RELACION ENTRE LOS VALORES OBTENIDOS EN LOS ANALISIS QUIMICOS Y LAS RESPUESTAS DEL MAIZ A LA FERTILIZACION NITROGENADA**

A. Distribución de frecuencias de respuestas.

Nivel de nitrógeno	Rendimiento relativo sin nitrógeno		
	< 70	70-89	> 89
Bajo	8	10	6
Medio	—	1	2
Alto	—	—	3

B. Probabilidad de respuesta económica a nitrógeno.

Nitrógeno kg/ha	Probabilidad de respuesta
0-50	12 en 21 ó 57%
> 50	1 en 7 ó 14%

**CUADRO 5. RELACION ENTRE LOS VALORES OBTENIDOS EN LOS ANALISIS QUIMICOS Y LA RESPUESTA DEL MAIZ A LA FERTILIZACION FOSFATADA**

A. Distribución de frecuencias de respuestas.

Nivel de fósforo	Rendimiento relativo sin fósforo		
	< 70	70-89	> 89
Bajo	9	6	7
Medio	1	1	3
Alto	—	—	5

B. Probabilidad de respuesta económica a fósforo.

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	Probabilidad de respuesta
0-65	13 en 18 ó 72%
66-130	2 en 7 ó 29%
> 130	0 en 5 ó 0%

Cultivo de maíz y frijol asociado.  
Guatemala

