

# REVISTA

TECNICA AGROPECUARIA

Año 1

Número 1



INSTITUTO NACIONAL  
DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

QUITO - ECUADOR

## EL EMPLEO CORRECTO DE FERTILIZANTES EN CULTIVOS ANUALES Y PERENNES

Por: Washington Bejarano\*  
José Láinez C.\*\*  
Sam Portch\*\*\*

### INTRODUCCION

La investigación sobre fertilización de cultivos sigue diferentes caminos. Hay países en los cuales, para obtener información que sirva de base a las recomendaciones de fertilización, se da mayor énfasis al uso del análisis químico de suelo (15); en otros se trata de obtener ese conocimiento sobre la base de la experimentación de campo (5).

Estas dos formas de enfocar el problema han tenido un limitado éxito sobre la producción agrícola, porque no permiten hacer recomendaciones fidedignas de fertilización, dada la variabilidad del clima y de los suelos, esto último debido especialmente al manejo. Esta situación ha llevado a la búsqueda de modelos de investigación, que sean más eficaces para desarrollar recomendaciones de fertilización apropiadas para los campos específicos de cada agricultor y que a la vez se hallen de acuerdo con su capacidad de manejo.

Fitts (10) recomienda que para evaluar la fertilidad de los suelos es necesario la ejecución de las siguientes fases: (1) un buen muestreo, (2) análisis de laboratorio precisos, (3) determinación de curvas de fijación de nutrientes e interpretación de los datos obtenidos, (4) realización de pruebas de invernadero sobre la base de los resultados de laboratorio, (5) ejecución de experimentos de campo de acuerdo con la información obtenida en las primeras fases, (6) correlación del análisis químico con los rendimientos porcentuales alcanzados en los experimentos de campo, (7) determinación de las dosis óptimas de fertilización basadas en las curvas de respuesta a la aplicación de fertilizantes en el campo, y (8) recomendaciones de fertilización de acuerdo con la capacidad económica del agricultor.

\* Ing. Agr., M. Sc., Jefe del Departamento de Suelos de la Estación Experimental "Santa Catalina" del INIAP.

\*\* Ing. Agr., M. Sc., Jefe del Departamento de Suelos de la Estación Experimental "Pichilingue" del INIAP.

\*\*\* Ph. D., Director Regional del ISFEI, Panamá-Ecuador. Contrato A.I.D.

Además es preciso indicar que la investigación de campo debe ser realizada en propiedades de agricultores, en cada una de las zonas de producción (17), mediante la ejecución de una serie de experimentos estratégicamente ubicados en las áreas de ambientes favorables, que permitan aumentos en los rendimientos de los cultivos.

El INIAP — Ecuador — en colaboración con el ISFEI, y siguiendo la metodología de Fitts (10), ha realizado recientes investigaciones en varios cultivos. En este trabajo se presentan solamente los resultados de cinco experimentos en papa, tres en café y dos en cacao.

### MATERIALES Y METODOS

#### Metodología General.

El procedimiento general de INIAP para seleccionar los sitios experimentales, es el de visitar las zonas de producción de los cultivos más importantes y elegir un número de lugares equivalente al doble de sitios necesarios para sus experimentos. En cada sitio se elabora un croquis del lote experimental y se toman cinco muestras del suelo, estratégicamente localizadas y compuestas de varias submuestras. Una vez analizadas las muestras se seleccionan los lotes por su uniformidad dentro de un rango preestablecido de fertilidad.

Con las muestras de suelos de los lotes seleccionados se elaboran las curvas de fijación para P, K, Mg, Ca, Cu, Mn y Zn de acuerdo con el procedimiento elaborado por Hunter (14), Palacios y Portch (19). Sobre la base de las curvas de fijación obtenidas se calculan los tratamientos, para realizar pruebas del elemento faltante en el invernadero con el suelo de cada lote seleccionado, utilizando el método sugerido por Hunter (14) con modificaciones de Portch. Estas modificaciones involucran comparaciones con el método de Stephenson y Shuster (20) y el uso del método de Hunter pero incluyendo S, Mo y B.

Anteriormente se usó en "Pichilingue" el método de Stephenson y Shuster con ligeras modificaciones realizadas en esa Estación (9). Actualmente se ha adoptado la metodología sugerida por Hunter (14) con las modificaciones de Portch (19).

En este caso, basándose en las deficiencias nutritivas detectadas en las pruebas del elemento faltante realizadas en el invernadero, se seleccionaron los elementos y niveles a estudiarse en el campo.

En el campo, se tomaron datos agronómicos durante la época de crecimiento de los ensayos.

#### PAPA

Los experimentos se ejecutaron durante el año agrícola 1972-1973 y estuvieron localizados en las zonas paperas del Sur de la Provincia de Pichincha y

el Norte de la Provincia de Cotopaxi, a una altitud de 3 000 a 3 500 msnm. El clima de la zona tiene una temperatura media de 10 a 14 °C y una precipitación anual de 900 a 1 400 mm.

El diseño experimental fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones, en arreglo de diamante doble con 13 tratamientos (6) con N y P, más dos con K, lo que dio un total de 15 tratamientos.

El tamaño de las parcelas fue de 8 m de longitud por 6 m de ancho, formados por cinco surcos separados a 1,20 m.

La correlación sirve para establecer la relación que existe entre los datos de laboratorio y los rendimientos porcentuales obtenidos en los experimentos de campo (4).

Las dosis óptimas económicas de fertilización, se estimaron obteniendo los derivados de las ecuaciones de regresión cuadrática y estableciendo la relación costo del insumo—precio del producto (2). Sobre la base de toda esta información se prepararon tablas para hacer recomendaciones de fertilización de acuerdo con el análisis de suelo.

#### CAFE Y CACAO

El análisis químico foliar, sirvió para evaluar la eficiencia de la fertilización probada sobre la condición nutricional de las plantas (3). Para el efecto se tomó mensualmente una muestra de hojas de cada parcela. El muestreo para café se hizo de acuerdo con lo indicado por Chaverri y Bornemissa (7) y para cacao según lo señalado por Boynton (1). El lavado, secado y molido de las muestras se hizo por los métodos convencionales. La digestión del N se realizó siguiendo el método de Kjeldhal, modificado por Muller (18) y la digestión de los otros minerales se hizo por vía húmeda, empleando una mezcla 5:1 de los ácidos nítrico y perclórico, respectivamente. Para el análisis químico propiamente dicho se usaron los métodos de la Estación Experimental "Pichilingue" (16).

#### Experimentos de Campo.

Los experimentos de fertilización en café (variedad 'Robusta') y cacao (clon EET-19) se realizaron en la zona de Quevedo, ubicada en el área central de la Costa ecuatoriana, a una altura de 80 msnm., con una temperatura de 22 a 25 °C y una precipitación anual de 1 900 mm.

#### Café.

Los experimentos de este cultivo se ejecutaron en suelos que corresponden al grupo laterítico, descrito por Frei (11). El primero fue un ensayo factorial, con dos niveles de N, P y K. En el segundo se estudiaron cinco niveles de N, en combinación con tres de K.

Para estos dos experimentos se empleó el diseño de bloques al azar con cinco repeticiones, nueve plantas por parcela, sembradas a 3 x 3 m. En el tercero se probaron diferentes dosis y fraccionamientos de N y niveles de riego. El diseño usado fue el de parcelas divididas con tres repeticiones, cinco plantas por subparcela, sembradas a 3 x 2,5 m.

En los dos primeros ensayos de café se aplicó la mitad de N (urea) y de K al inicio de la época lluviosa, junto con la cantidad total de P y la otra mitad de N y K al finalizar la misma. En el tercer ensayo los tratamientos de fertilizantes se fraccionaron en dos y tres aplicaciones.

#### Cacao.

Los ensayos estuvieron ubicados en suelos representativos de la reciente formación aluvial del Rfo Quevedo. El primero fue un factorial completo con tres niveles de N, P y K, con un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones, seis plantas por parcela sembradas a 3 x 4 m. En el segundo se estudiaron niveles de N y otros nutrimentos que resultaron deficientes de acuerdo con las pruebas de invernadero. El diseño usado fue el de bloques al azar con cinco plantas del mismo clon por parcela.

En el primer ensayo se aplicó la mitad de N (Urea) y de K junto con la cantidad total de P al iniciarse la época lluviosa y la otra mitad al finalizar la misma. En el segundo experimento se aplicó el N (Sulfato de Amonio), en igual forma que en el primero. El Nutri-leaf 60 se aplicó con bomba de motor, bimestralmente, un litro de solución por planta en una concentración 1,4 o/o.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### PAPA

#### Análisis de Suelo.

Los resultados de los análisis de suelo de los cinco sitios usados para los ensayos de papa, empleando el método de Olsen modificado (13), demostraron que todos los suelos tuvieron un contenido mediano en N, bajo en P y de mediano a alto en K (cuadros 1 y 2). Debido a que no hay suficientes datos de correlación, se usaron los niveles críticos sugeridos por Hunter (13) como una primera aproximación para la interpretación.

#### Curvas de Fijación.

El poder de fijación de aniones y cationes que tiene un suelo está relacionado con su naturaleza mineralógica. Es necesario conocer este poder de fijación para que sirva como una de las bases en la selección de los tratamientos de fertilización, tanto para las pruebas de invernadero como para las de campo. Los suelos que tienen un bajo poder de

CUADRO 1. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LOS SUELOS EXPERIMENTALES EN PAPA\*

LOCALIDAD	PH	Al+H	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn
		meq/100 ml	ug/ml	ug/ml	ug/ml	ug/ml	ug/ml	ug/ml	ug/ml	ug/ml	ug/ml
Santa Rosa	6.1	0.2	34	9	124	920	105	4.9	2.7	64.5	1.5
Umbría	6.2	0.3	58	8	147	1 556	140	5.6	4.0	120.0	19.0
Santa Catalina	5.5	0.5	41	14	155	985	90	5.2	6.4	212.0	1.8
El Retiro	6.7	0.4	50	6	240	1 880	401	14.5	4.8	256.0	1.5
Aychapicho	6.3	0.3	41	4	174	1 750	155	6.0	5.8	100.0	16.5

\* Promedio de cinco muestras.

CUADRO 2. INTERPRETACION DEL ANALISIS DE SUELO

LOCALIDAD	PH	Al+H	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn
Santa Rosa	med. ácido	bajo	medio	bajo	medio	alto	alto	medio	medio	alto	bajo
Umbría	med. ácido	bajo	medio	bajo	medio	alto	alto	medio	medio	alto	medio
Santa Catalina	med. ácido	bajo	medio	bajo	alto	alto	alto	medio	alto	alto	bajo
El Retiro	lig. ácido	bajo	medio	bajo	alto	alto	alto	alto	alto	alto	bajo
Aychapicho	med. ácido	bajo	medio	bajo	alto	alto	alto	medio	alto	alto	medio

fijación, lógicamente recibirán la aplicación de menores cantidades de un nutrimento que aquellos con alto poder de fijación.

En este caso se determinaron las curvas de fijación de los suelos muestreados y los datos correspondientes se presentan en el cuadro 3. En este cuadro, sólo constan los nutrimentos cuyos contenidos no son altos según la interpretación.

Los datos demuestran que todos los suelos estudiados tienen poder de fijación de fósforo, lo cual se explica por la presencia de materiales amorfos en los suelos de origen volcánico, posiblemente del suborden Andepts de las localidades en donde se hicieron los experimentos.

#### Pruebas de Invernadero

En estas pruebas se determinó un efecto significativo de reducción del rendimiento cuando el fósforo fue el elemento faltante en comparación con el

tratamiento completo; resultados que estuvieron de acuerdo con los análisis de suelo donde se encontraron bajas cantidades de fósforo disponible. (Cuadro 1).

En tres de los cuatro suelos probados hubo respuestas significativas a la adición de azufre, lo que sugiere que el método de Hunter (14) que recomienda la emisión de S en el tratamiento completo, no es lo más adecuado. En concordancia con estas observaciones, se aplicó azufre a todos los tratamientos en las pruebas que se efectuaron posteriormente.

En dos de los cuatro suelos se notó efectos significativos al aplicar Ca. Este resultado no estuvo de acuerdo con la interpretación de los análisis de suelo (cuadro 2). Se requiere por lo tanto una mayor investigación relacionada con el comportamiento del Ca.

CUADRO 3. VALORES DE FIJACION DE NUTRIMENTOS DE LOS SUELOS

LOCALIDAD	ug/ml				
	P	K	Zn	Cu	Mn
Santa Rosa	132	84	11,75	3,50	45
Umbría	108	130	11,5	0,25	40
Santa Catalina	167		11,5	-----	40
Aychapicho	75	7	-----	-----	35

CUADRO 4. RENDIMIENTOS PROMEDIOS DE PAPA EN ton/ha

TRATAMIENTO Nº.	TRATAMIENTOS kg/ha N — P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> — K <sub>2</sub> O	LUGAR				
		Santa Rosa	Umbrfa	Santa Catalina	El Retiro	Aychapicho
1	0 — 200 — 0	7 217	9 926	7 490	10 243	8 130
2	0 — 200 — 0	12 161	18 896	12 135	13 225	23 500
3	50 — 200 — 0	22 801	34 910	20 971	22 960	33 066
4	100 — 200 — 0	28 672	42 263	21 220	26 728	40 032
5	150 — 200 — 0	28 159	47 414	22 860	27 586	44 398
6	200 — 200 — 0	28 955	41 783	22 472	24 379	42 545
7	100 — 0 — 0	6 264	9 232	6 222	14 746	6 430
8	100 — 100 — 0	24 410	37 523	16 231	25 471	30 214
9	100 — 200 — 0	27 189	45 744	23 652	No se puso este trat.	38 505
10	100 — 300 — 0	28 336	47 238	20 680	27 694	44 035
11	100 — 400 — 0	28 786	45 731	25 141	27 269	47 149
12	200 — 0 — 0	5 188	6 997	6 483	13 058	5 290
13	0 — 400 — 0	16 947	22 940	13 543	14 954	27 149
14	200 — 400 — 0	34 847	45 571	30 975	28 107	47 612
15	100 — 200 — 100	29 821	45 121	23 118	25 914	42 864

En uno de los suelos hubo una respuesta significativa a la aplicación de B. El resto de los doce elementos probados no acusaron ningún efecto significativo.

#### Experimentos de Campo.

Los rendimientos obtenidos se presentan en el cuadro 4, y el análisis de varianza de los rendimientos consta en el cuadro 5.

El análisis químico indicó que los suelos acusaban un contenido medio de nitrógeno, bajo de fósforo y medio de potasio en algunos casos.

Las curvas de fijación de fósforo en todos los suelos indicaron fijación de este elemento, y de potasio en Umbrfa. A la vez las pruebas de invernadero

también demostraron una deficiencia de P, pero no de N. Como era de esperarse (cuadro 5), hubo efectos de carácter cuadrático, tanto del nitrógeno como del fósforo, de los rendimientos en todos los suelos. También se observa que hubo efecto significativo del potasio en Umbrfa, cuyo análisis acusó un contenido medio de este elemento.

Estos efectos, representados como curvas de respuesta por medio de ecuaciones de regresión cuadrática, se pueden observar en las figuras 1, 2, 3, 4 y 5. A través de un análisis de las curvas se puede detectar que el fósforo en contenido bajo en los suelos, es el elemento más crítico, con cuya adición se obtuvieron mayores aumentos en el rendimiento que con el nitrógeno (contenido medio), en cuatro casos. En "El Retiro", el efecto del fósforo fue lineal.

CUADRO 5. CUADRADOS MEDIOS OBTENIDOS CON LOS DATOS DE RENDIMIENTO DE PAPA EN CINCO LOCALIDADES

FUENTES DE VARIACION	GL	Santa Rosa	Umbrfa	Santa Catalina	El Retiro	Aychapicho
T O T A L	59					
Replicaciones	3	88,8 **	22,4	32,0	76,7 *	34,5 *
Tratamientos	14	385,0 **	942,2 **	224,5 **	178,5 **	898,8 **
Testigo vs. Tratamientos	1	934,5 **	2 369,4 **	506,6 **	555,1 **	2 459,9 **
K <sub>0</sub> vs. K <sub>1</sub>	1	9,5	2 855,4 *	1,2	1,3	34,4 *
N <sub>1</sub>	1	606,7 **	1 358,5 *	203,6 **	290,1 **	961,2 **
N <sub>p</sub>	1	194,2 **	591,2 **	83,1 **	236,8 **	190,7 **
P	1	959,2 **	2 736,4 **	715,2 *	297,4 **	3 629,8 **
P <sub>p</sub>	1	365,5 **	1 256,7 **	131,9 **		555,6 **
Residuo	8	2 321,2	2 027,5	1 502,15	939,5	571,2
Error	42	10,0	7,4	10,2	12,4	6,22
C. V. (o/o)		14,43	8,16	17,60	17,49	7,77

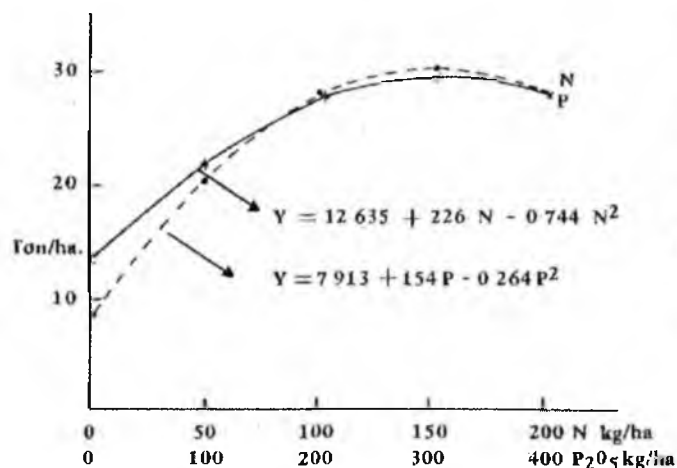


FIGURA 1. Relación entre los rendimientos de papa y las dosis de nitrógeno y fósforo en Santa Rosa.

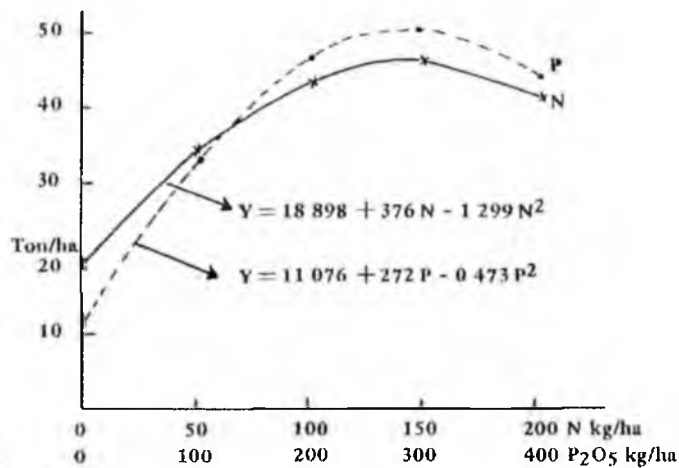


FIGURA 2. Relación entre los rendimientos de papa y las dosis de nitrógeno y fósforo en Umbría.

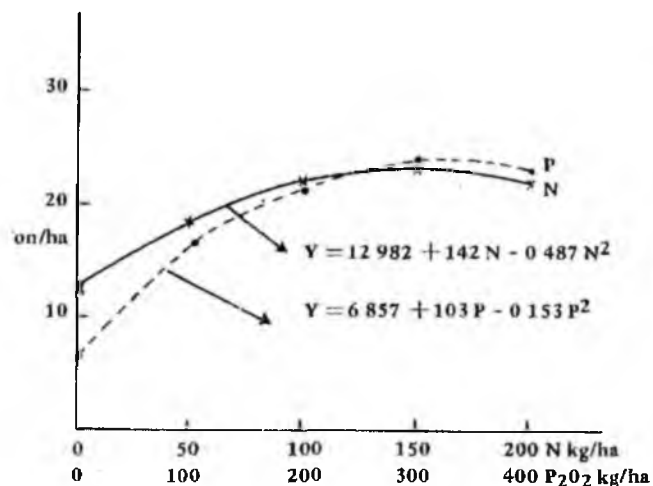


FIGURA 3. Relación entre los rendimientos de papa y las dosis de nitrógeno y fósforo en Santa Catalina.

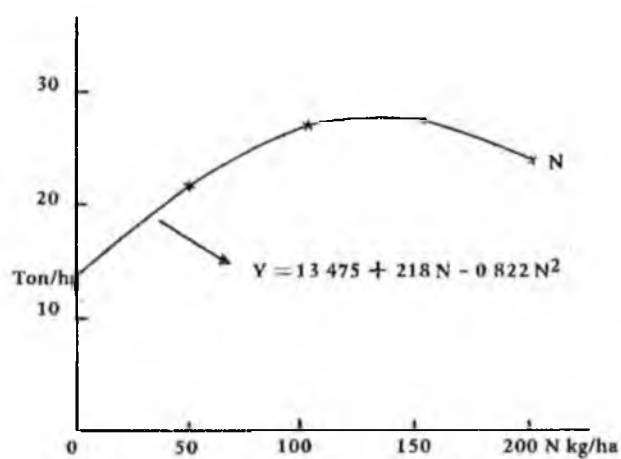


FIGURA 4. Relación entre los rendimientos de papa y las dosis de nitrógeno y fósforo en el Retiro.

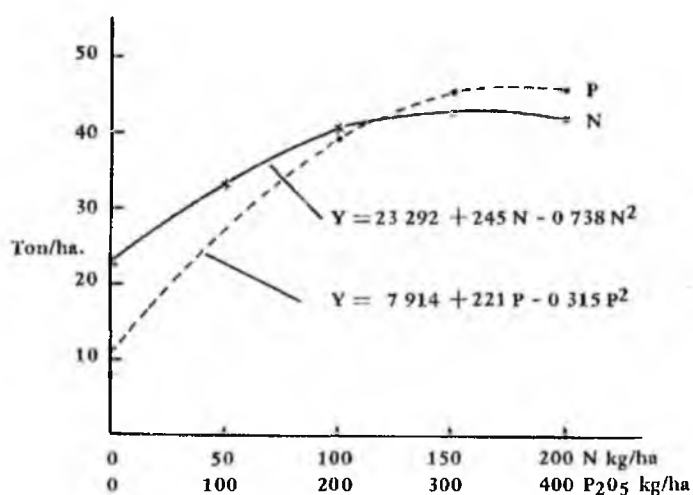


FIGURA 5. Relación entre los rendimientos de papa y las dosis de nitrógeno y fósforo en Aychapicho.

## CORRELACION DEL ANALISIS QUIMICO

Para esta determinación se calcularon, primeramente, los rendimientos porcentuales de cada una de las repeticiones de los experimentos de campo, usando la fórmula:

$$\frac{\text{Rendimiento del trat. completo menos el nutrimento X 100}}{\text{Rendimiento del tratamiento completo}}$$

Posteriormente los datos obtenidos se correlacionaron con los resultados de análisis de fósforo por un lado, y de potasio por otro, usando la técnica de Waugh y Fitts (21).

Para determinar el nivel crítico con este sistema, es necesario trabajar con suelos que tengan un contenido alto, medio y bajo del elemento que se investiga. Como en este caso no se contó con ese rango de fertilidad, todos los puntos del fósforo se situaron en el cuadrante positivo izquierdo y todos los puntos del potasio en el cuadrante positivo derecho. Esto no permitió obtener el nivel crítico del análisis.

## DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS

De las ecuaciones cuadráticas de regresión (ver figuras: 1, 2, 3, 4 y 5), se obtuvieron por derivadas las dosis óptimas económicas de fertilización para nitrógeno y fósforo aisladamente, las mismas que se dedujeron haciendo variar tanto el precio del

producto como el costo de N y P en sueros por kg: 0.55, 1.10, 1.65, para el producto; 8.00, 9.33 y 10.00 para nitrógeno; y, 8.00, 9.33 y 10.67, para fósforo (cuadro 6). En esta forma se estableció que estas dosis varían de 121 a 163 kg/ha de N y de 254 a 343 kg/ha de P; dosis que en el caso de Umbría llegan a producir 50 toneladas de tubérculo.

## CAFE Y CACAO

## 1. Análisis Químico de Suelo.

Los resultados (cuadro 7) demuestran alto suministro de cationes por parte de ambos suelos y así mismo baja disponibilidad de nitrógeno. Estos resultados que concuerdan bien con los obtenidos por Colmet Daage (8) y Hardy, analizando muestras de estos mismos suelos, dan igual indicación acerca de la disponibilidad de nutrimentos que las pruebas realizadas en el invernadero y en el campo, cuyos resultados se verán más adelante.

## 2. Pruebas de Invernadero.

Al igual que los análisis de suelos, los resultados de estas pruebas indicaron alta riqueza de cationes y baja disponibilidad de nitrógeno de los suelos donde se realizaron los experimentos de campo.

Los resultados de las pruebas de invernadero indicaron, además, que los contenidos de cationes

CUADRO 6. DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS EN kg/ha DE NITROGENO Y FOSFORO PARA LA FERTILIZACION DE PAPA

LOCALIDAD	Precios Papa S./kg.	DOSIS DE NITROGENO			DOSIS DE FOSFORO		
		Precios de N. S./kg.			Precios de P. S./kg.		
		7.39	8.70	10.00	8.00	9.33	10.00
Santa Rosa	0,55	145	141	139	264	259	254
	1,10	147	146	145	277	275	273
	1,65	148	148	147	282	281	279
Umbría	0,55	139	138	137	272	269	267
	1,10	142	141	141	279	278	277
	1,65	143	142	142	282	281	288
Santa Catalina	0,55	132	129	127	289	281	273
	1,10	138	137	136	312	308	304
	1,65	141	140	139	320	318	315
Aychapicho	0,55	157	155	153	327	323	320
	1,10	161	160	159	339	337	333
	1,65	163	162	162	343	341	340
El Retiro	0,55	124	125	121			
	1,10	128	127	127			
	1,65	129	129	128			

CUADRO 7. RESULTADOS E INTERPRETACION DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LOS SUELOS DE LOS ENSAYOS DE CAMPO

S U E L O S	pH	(o/o)	N Tot.	mcg/100 gramos			
				POa	Ca	Mg	K
Aluvial Pichilingue	6,40		0,14	0,17	17,22	5,15	1,12
Regosol Pichilingue	6,57		0,26	0,25	18,64	9,92	1,89
Regosol Café Robusta	6,93		0,36	0,30	27,15	10,65	1,86

## INTERPRETACION

Aluvial Pichilingue	medio	bajo	alco	alto	alco	alco
Regosol Pichilingue	medio	baju	alco	alto	alco	alco
Regosol Café Robusta	medio	bajo	alco	alto	alco	alco

fueron tan altos que su exclusión de las soluciones nutritivas originaron, más bien, aumentos en la síntesis de materia seca de las plantas empleadas, especialmente en el caso del Regosol.

En el suelo aluvial, las pruebas detectaron deficiencias de boro, azufre y nitrógeno.

Estos datos son promedios de seis muestras, para el caso del suelo aluvial; de 40 muestras, para el Regosol Pichilingue; y de 13, para el Regosol de la

Hacienda "Café Robusta".

## 3. Experimentos de Campo. Café

En el cuadro 8 se presentan los efectos de los tratamientos con nitrógeno y potasio sobre los contenidos de minerales en las hojas de las plantas en el regosol laterítico, y en el cuadro 9 los resultados que se obtuvieron de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, en la producción de los cafetos en el mismo ensayo.

CUADRO 8. EFECTOS DE LA FERTILIZACION CON NITROGENO Y POTASIO SOBRE LOS CONTENIDOS FOLIARES DE MINERALES EN PORCENTAJE DE LA MATERIA SECA

TRATAMIENTO	N	P	K	Ca	Mg
N (204 g)	2,70**	0,13	1,63	1,76	0,36
Sin N	2,27	0,14	1,58	1,78	0,38**
K20 (126 g)			1,67	1,63	0,36
Sin K20			1,54	1,90	0,38**

\* Significativo al 5 o/o

\*\* Significativo al 1 o/o

CUADRO 9. EFECTOS DE NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO SOBRE LA PRODUCCION DE CAFE, - EN kgs. DE CAFE ORO POR ha. - EN VARIOS CICLOS ANUALES DE COSECHA

TRATAMIENTOS	CICLOS DE COSECHA								Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	
N (204 g/pl/año)	114**	202**	701*	416**	2 689**	1 653**	857**	1 606**	1 030**
Sin N	45	86	537	152	1 473	682	297	804	499
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (204 g/pl/año)	72	154	591	248	2 237*	1 090	687*	1 110	765
Sin P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	88	134	646	307	1 926	1 245	467	1 300	763
K20 (136 g/pl/año)	72	152	648	217	2 073	934	534	1 083	704
Sin K20	88	135	590	349	2 089	1 400	620	2 411	825*

\* Significativo al 5 o/o

\*\* Significativo al 1 o/o



Los datos del cuadro 10, que corresponden a los resultados del segundo experimento, demuestran la influencia positiva del nitrógeno, aplicando hasta una dosis no mayor que 408 gramos por planta, y la acción negativa de la fertilización con potasio.

En el cuadro 11 pueden verse los altos rendimientos que se alcanzaron cuando la fertilización nitrogenada estuvo combinada con el riego. Ese último resultado se explica por la baja humedad existente en la zona, en la época seca.

#### CACAO

Los resultados del ensayo de cacao, en el que se probaron nitrógeno, fósforo y potasio mostraron, al igual que con café, una clara influencia positiva del nitrógeno y ningún efecto beneficioso del fósforo y potasio (cuadro 12).

En el ensayo en que se estudió la acción de una fertilización de nitrógeno y de otros nutrimentos que, de acuerdo con los resultados de las pruebas de disponibilidad en el invernadero fueron deficientes en el suelo, se obtuvo un aumento significativo de cosecha que el conseguido previamente con sólo nitrógeno. En este experimento se logró, además, una apreciable disminución de algunos trastornos que afectan gravemente al cultivo (cuadro 13).

#### CONCLUSIONES

1. En general el procedimiento recomendado por el ISFEI, usando el laboratorio, invernadero y campo, dio resultados aceptables.
2. En vista de la concordancia que se obtuvo entre los resultados de laboratorio e invernadero, los datos de estas pruebas deben servir de base

CUADRO 10. PRODUCCION - EN kgs. DE CAFE ORO POR ha. - Y CONTENIDOS FOLIARES DE LOS CAFETOS TRATADOS CON DIFERENTES DOSIS DE NITROGENO Y POTASIO

TRATAMIENTOS	CICLOS DE COSECHA					CONTENIDOS FOLIARES		
	1	2	3	4	5	Promedio	N (0/o)	K (0/o)
No (sin N)	357	497	169	996	1 148 b <sup>a</sup>	629 b	2,16	
N <sub>1</sub> (204 g/pl/año)	264	653	292	1 130	1 947 a	857 ab	2,52	
N <sub>2</sub> (408 g/pl/año)	415	763	296	1 461	2 263 a	1 039 a	2,69	
N <sub>4</sub> (816 g/pl/año)	531	777	354	1 292	2 284 a	1 048 a	2,77	
N <sub>5</sub> (1 020 g/pl/año)	581	778	294	1 571	2 207	1 087 a	2,81	
K <sub>0</sub> (sin K <sub>2</sub> O)	415	790	331	1 285	2 175 a	999		1,41
K <sub>1</sub> (136 g/pl/año)	473	728	336	1 292	2 058 ab	977		1,47
K <sub>2</sub> (272 g/pl/año)	430	631	294	1 286 b	1 813 b	891		1,52

\* Los promedios con las mismas letras, en las columnas, no difieren al nivel del 5 0/o de probabilidades. Método D. S. Duncan.

CUADRO 11. PRODUCCION EN EL EXPERIMENTO DE RIEGO Y FERTILIZACION DE CAFE

RIEGO	FERTILIZACION						PROMEDIO	
	1°	2	3	4	5	6	RIEGO	RIEGO
R0	1 301	1 863	1 534	1 663	958	964	726	1 287 b
R1	2 762	2 003	1 869	2 463	2 308	1 963	1 322	2 099 a
R2	1 907	2 711	1 724	2 254	2 038	2 300	1 610	2 078 a
Prom. Fertilización	1 990	2 192	1 709	2 127	1 768	1 743	1 219	
	a***	a	ab	a	ab	ab	b	

\* {1} 1 lb urea en dos aplicaciones; {2} 1 lb urea en tres aplicaciones; {3} 1-1/2 lb urea en dos aplicaciones; {4} 1-1/2 lb urea en tres aplicaciones; {5} 2 lb urea en dos aplicaciones; {6} 2 lb en tres aplicaciones; {7} testigo.

\*\* (N0) sin riego; (R1) un riego; (R2) dos riegos.

\*\*\* Los promedios con las mismas letras, no difieren al nivel del 5 0/o. Método D. S. Duncan.

CUADRO 12. INFLUENCIA DE NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO SOBRE LA PRODUCCION DE CACAO EN VARIOS CICLOS DE COSECHA

TRATAMIENTOS	CICLOS DE COSECHA						PROMEDIO
	1	2	3	4	5	6	
N0 (Sin N)	1 412*	2 605	1 354	2 211	1 364	0 809	1 626 b**
N1 (204 g/pl/año)	1 829	3 343	1 822	2 526	2 009	1 102	2 105 a
N2 (408 g/pl/año)	2 029	3 369	1 721	2 748	1 992	1 468	2 221 a
P0 (Sin P <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	1 774	3 235	1 639	2 506	1 750	1 164	2 011
P1 (204 g/pl/año)	1 688	3 023	1 483	2 551	1 741	1 039	1 921
P2 (408 g/pl/año)	1 808	3 059	1 775	2 429	1 874	1 200	2 024
K0 (Sin K <sub>2</sub> O)	1 780	3 074	1 626	2 514	1 922	1 127	2 007
K1 (106 g/pl/año)	1 727	3 111	1 567	2 522	1 716	1 125	1 961
K2 (272 g/pl/año)	1 763	3 130	1 704	2 449	1 727	1 727	1 983

\* Las cifras indican kg. de cacao seco/ha.

\*\* Los promedios con la misma letra no difieren estadísticamente al nivel de significación del 5%.o.

CUADRO 13. PRODUCCION E INCIDENCIA DE ALGUNOS TRASTORNOS EN CACAO FERTILIZADO EN BASE A LAS DEFICIENCIAS MINERALES ENCONTRADAS EN EL SUELO

TRATAMIENTO	kg. cacao seco/ha	Frutas sanas/planta	Monilias*	Cherillas**	Escobas*** Vegetativas
Testigo	1 079	19,8	73,3	28	11,94
Fertilizado	1 959	41,4	54,2	17	8,93

\* Mazorcas afectadas por cada 100 que llegaron a la madurez

\*\* Observados durante el año en una rama señalada por planta

\*\*\* Promedio durante el año en cada 100 semillas señaladas.

- para la elaboración de tratamientos de fertilización que se estudien en el campo. Además, pueden servir como una primera aproximación para las recomendaciones de fertilización, hasta que se obtengan los resultados de experimentos de campo.
- El análisis de suelo sirve como buen indicador para hacer recomendaciones de fertilización, cuando se conocen las respuestas de los cultivos en invernadero y campo.
  - En el caso de papa, para suelos con características similares a los estudiados, se anota lo siguiente:
    - Cuando los contenidos de nitrógeno sean bajos, medios y altos, se recomienda aplicar 180, 120 y 60 kg/ha de este elemento, respectivamente.
    - Cuando los contenidos de fósforo sean bajos, medios y altos se recomienda aplicar 300, 150 y 50 kg/ha de este elemento, respectivamente.
    - Cuando los contenidos de potasio sean bajos, medios y altos, se recomienda aplicar 100, 50 y 0 kg/ha de este elemento, respectivamente.
  - Los cultivos de café y cacao, cuando el suelo acusa contenidos bajos de nitrógeno, como en el caso de los suelos de la zona central del litoral, se recomienda aplicar 204 gr de este nutriente por planta y por año.

#### BIBLIOGRAFIA CITADA

- BOINTON, D. and SANDS, F. A. 1954. Survey of the fertility status of the cacao soil of Costa Rica, as determined by soil and leaf analysis and preliminary study of the relation of depth of rooting of cacao trees to soil drainage. V Reunión del Comité Interamericano del cacao, Vol 1. 13 p. IICA. Costa Rica.

2. BROWN, E. L., HEAVY, E. O. and BLACKMORE, J. 1956. Economic analysis of fertilizer use data. The Iowa State College Press Ames, Iowa.
3. CACERES, J. 1973. Correlación y calibración de cinco métodos de análisis de fósforo asimilable, en suelos de la mesa central de México. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
4. CATE, R. B. y NELSON, L. A. 1965. Un método rápido para correlación de análisis de suelo con ensayos de fertilizantes. Boletín Técnico No. 1. ISFEI. N.C.S.U.
5. CIMMYT. 1969. El Proyecto Puebla 1967—1969. Avances de un Programa para aumentar rendimientos de maíz entre pequeños productores. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México.
6. CIMMYT. 1967. International Maize and Wheat Improvement Center. 1966—1967. Report.
7. CHAVERRI, G., BORNEMISSA, S. y CHAVEZ, F. 1957. Resultados del análisis foliar del café en Costa Rica. Información Técnica No. 3. 39 p. Ministerio de Agricultura e Industria. Costa Rica.
8. DAAGE, C. 1961. Estudios preliminares de los suelos de las regiones bananeras del Ecuador. Instituto Franco Ecuatoriano de Investigaciones Agronómicas. Guayaquil, Ecuador.
9. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. 1965. Estudios exploratorios de las condiciones nutricionales de algunos suelos agrícolas del Litoral ecuatoriano, por medio de pruebas en materias. Departamento de Suelos, Pichilingue. INIAP, Ecuador.
10. FITTS, J. W. 1972. Filosofía de la fertilidad y fertilización del suelo. Memoria I, Reunión Internacional sobre Fertilidad y Fertilización del Suelo. Quito, Ecuador.
11. FREI, X. 1957. Informe al Gobierno del Ecuador sobre reconocimientos edafológicos exploratorios. Informe No. 585. 47 pp. (mimeografiado). FAO, Roma.
12. HARDY, F. H. 1960. Report on a visit to the Reverino belt of Ecuador. Inter-Quimican Institute of Agricultura Science. Report No. 37. Costa Rica.
13. HUNTER, A. H. 1968. Sugerencias para estudios de laboratorio e invernadero, para determinar las enmiendas del suelo requeridas para obtener el máximo crecimiento de la planta y el reconocimiento de los nutrimentos. Boletín Técnico (por publicarse). ISFEI. N.C.S.U.
14. HUNTER, A. H. 1968. Procedimiento analítico del suelo usando la solución extractante modificada de  $\text{NaNCO}_3$ . Boletín Técnico (por publicarse). ISFEI. N.C.S.U.
15. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1971. Generalidades sobre la fertilidad de los suelos colombianos. Boletín No. 11. I.I.C.A. Ministerio de Agricultura. Colombia.
16. LAINEZ, J. A. 1972. Nutrición de Café Robusta en la zona de Quevedo, Ecuador. Boletín Técnico No. 1. 32 p. INIAP. Quito, Ecuador.
17. LAIRD, R. J. 1971. Evaluación de las prácticas de manejo de suelos en los Programas Regionales de producción de cultivos. Primer Seminario Latinoamericano FAO/PNUD, sobre la Evaluación Sistemática de Recursos de Tierras y Aguas. México.
18. MULLER, L. 1961. Un aparato micro Ejel-dahl simple para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. Turrialba 11 (1):17—25.
19. PALACIOS, J. A. y PONTON, S. 1973. El uso de curvas de fijación como base para seleccionar los niveles de tratamientos de fertilizantes. Sección Suelos. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Panama.
20. VANDECAVEYE, S. C. 1948. Biological Methods of determining nutrients in soil. In Bear, F. S. *et al.* Diagnostic Techniques for soils and crops. The Amer. Potash. Inst. Washington. 199—230 p.
21. WAUGH, D. L. y FITTS, J. W. 1966. Estudios de Interpretación de Suelo: Laboratorios y Macetas. Boletín Técnico No. 3. ISFEI. N.C.S.U.

**PRODUCCION:**  
**DEPARTAMENTO DE COMUNICACION DEL INIAP**  
Casilla 2600 Quito - Ecuador  
Diciembre 1974 - SPI-010  
Impresión: INIAP