

**DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD DE SUELOS Y EFICIENCIA  
DEL USO DE ABONOS QUIMICOS Y ORGANICOS POR PARTE  
DE LOS PRODUCTORES DE PAPA, CON ENFASIS EN  
PRODUCCION DE TUBERCULO-SEMILLA**  
Efecto de la aplicación de azufre al suelo sobre  
la producción de tubérculo-semilla.  
1994

**Autor:** Ing. Franklin Valverde, Departamento de  
Manejo de Suelo y Aguas, INIAP.

**Colaboradores:** Egdo. César Asaquibay, FORTIPAPA  
Agr. Orlando Villafuerte, Departamento de  
Manejo de Suelo y Aguas, INIAP

Este documento forma parte integrante del Informe Anual 1994 del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos - rubro papa y el Proyecto FORTIPAPA. Se puede solicitar información adicional o complementaria escribiendo a: PNRT-papa - FORTIPAPA, teléfonos: 690 695 - 690 364, fax: 593 2 692 604, Apdo. 17-16-129 CEQ, Quito, Ecuador o por correo electrónico (Internet) a: fpapa@cip.org.ec.

### RESULTADO ESPERADO 3:

Se reforzó la generación de recomendaciones tecnológicas apropiadas para pequeños productores, a través de la investigación participativa

PROYECTO 3.2: Diagnóstico de la fertilidad de suelos y eficiencia del uso de abonos químicos y orgánicos por parte de los productores de papa, con énfasis en la producción de tubérculo-semilla.

**SUBPROYECTO 3.2.5:** Efecto de la aplicación de azufre al suelo sobre la producción de tubérculo-semilla.

**RESPONSABLE:** F. Valverde

**COLABORADORES:** C. Asaquibay y O. Villafuerte

#### Compendio

En dos localidades de la provincia de Chimborazo, evaluamos con papa niveles de azufre (0, 15, 30, 45 y 60 kg/ha) combinados con 50-100-33 y 150-300-100 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, y quelato de zinc aplicado a las hojas. El diseño de los tratamientos fue un arreglo factorial 2 x 5 + 2, bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones.

En Santa Fe de Galán los contenidos de N, K, Zn y S en el suelo fueron medios. Detectamos diferencias estadísticas significativas al 5% para niveles de S y al 1% para la fertilización con N-P-K. La interacción entre S y N-P-K no presentó diferencias significativas. El rendimiento más alto de papa se obtuvo con la aplicación de 30 kg/ha de azufre, con un incremento de 4.5 t/ha con respecto al testigo; la tasa marginal de retron (TMR) fue de 1.342% frente a una tasa mínima de retron (TAMIR) que para la provincia de Chimborazo se estima en 130%. El nivel alto de N-P-K produjo un incremento en el rendimiento de papa de 7.8 t/ha frente al nivel bajo (50-100-33 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) con una TMR de 515%. El quelato de Zn incrementó el rendimiento de papa en 4.1 t/ha, en un promedio de los dos niveles de N-P-K.

En Cotojano los contenidos de N, P, K y Zn fueron altos y el S medio; por eso, no detectamos diferencias estadísticas significativas para los factores en estudio.

El contenido de S en las hojas de papa a la floración fluctuó de 0.165 a 0.25%.

**Palabras claves:** Fertilización, Kelatex de zinc, azufre, zinc (abono foliar).

#### Introducción

El azufre (S) es un macroelemento secundario importante en la producción de los cultivos. En varios países del mundo requiere la atención de los investigadores.

El sondeo (recorrido) realizado en campos cultivados con papa (FORTIPAPA, 1992) en la provincia de Chimborazo indicó síntomas de deficiencia de S. El diagnóstico realizado por FORTIPAPA (1993) para determinar el grado de fertilidad de los suelos mediante el análisis químico también detectó que el 95% de los suelos muestreados

presentaron contenidos de S entre bajo y medio, que son los que pueden responder a la aplicación de este elemento.

En cinco localidades productoras de papa en Chimborazo, investigamos el efecto de la aplicación de 30 kg de S/ha y encontramos que el S incrementó el rendimiento de papa en 5 74 t/ha, en un promedio de todas las localidades (FORTIPAPA, 1993).

Con estos antecedentes, planteamos la necesidad de evaluar la respuesta del cultivo de papa a la aplicación de niveles crecientes de azufre en el presente ciclo.

### Objetivos

Determinar la respuesta del cultivo de papa a la aplicación de niveles crecientes de azufre en suelos de Chimborazo, y correlacionar esto con el análisis químico de suelos y plantas.

Evaluar el efecto de la fertilización con S sobre el pH del suelo y la interacción con dos niveles de N-P-K.

### Hipótesis

La aplicación de S al suelo incrementa el rendimiento de papa en suelos deficientes en este elemento.

### Materiales y Métodos

Estudiamos dos suelos de la provincia de Chimborazo, uno ubicado en la comuna Cotojuan, parroquia Cicalpa, cantón Colta, a 3510 m de altitud, y el otro en la parroquia Santa Fe de Galán, cantón Guano, a 3460 m.

Examinamos suelos clasificados dentro del orden Andisoles, caracterizados por una alta capacidad de fijación de fósforo. El Cuadro 1 muestra los resultados del análisis químico de suelos.

**Cuadro 1. Características químicas <sup>a</sup> de los suelos, Chimborazo, Ecuador, 1994.**

Sitio	pH	N-NH <sub>4</sub>	P	(µg/ml de suelo)					(meq/100 ml de suelo)		
				SO <sub>4</sub>	Zn	Cu	Fe	Mn	K	Ca	Mg
Cotojuan	6.0	151 A	24 A	17 M	7.8 A	2.4 M	>125 A	2.4 B	1.08 A	17.4 A	1.69 A
Santa Fe G.	6.2	43 M	77 A	13 M	5.3 M	7.4 A	>125 A	3.5 B	0.31 M	3.29 A	0.73 A

a. Contenido de los elementos según el nivel crítico de cada uno; B = bajo, M = medio, A = alto. Solución extractora: bicarbonato de sodio y disodio EDTA (pH 8.5).

### Diseño experimental y de tratamientos.

El diseño de tratamientos fue un arreglo factorial 2 x 5 + 2 para los factores niveles de N-P-K y niveles de S, más dos parcelas con quelato de zinc aplicado al follaje (Cuadro 2).

La distribución de los tratamientos en el campo se realizó bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones; la parcela experimental fue de 36 m<sup>2</sup>, con cinco surcos de 6 m de largo.

**Cuadro 2. Tratamientos de fertilización evaluados en campos de agricultores en Chimborazo, Ecuador, 1994.**

Tratamiento (no.)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	Abono foliar <sup>a</sup>
	(kg/ha)				
1	50	100	33	0	0
2	50	100	33	15	0
3	50	100	33	30	0
4	50	100	33	45	0
5	50	100	33	60	0
6	150	300	100	0	0
7	150	300	100	15	0
8	150	300	100	30	0
9	150	300	100	45	0
10	150	300	100	60	0
11	50	100	33	0	quelato de Zn
12	150	300	100	0	quelato de Zn

a. Kelatex 9% de Zn, en dosis de 500 g/200 litros de agua.

Se usó 10-30-10 a la siembra y urea como N complementario a los 45 días después de la siembra, azufre elemental con 33% de S al momento de la siembra y quelato de zinc antes de la floración y a la floración del cultivo de papa.

### Resultados

El Cuadro 3 presenta los resultados de las variables altura de las plantas a la floración del cultivo de papa y rendimiento de tubérculos por categorías para las dos localidades. Este Cuadro incluye los resultados del análisis de varianza para evaluar el efecto de la fertilización con S y N-P-K aplicados al suelo, así como el abono foliar con Zn.

El Cuadro 4 muestra los contenidos de azufre en el suelo y en las hojas de papa a la floración del cultivo.

**Cuadro 3. Valores promedios para altura de las plantas y rendimiento de papa por categorías en Cotojuan y Santa Fe de Galán, Chimborazo, Ecuador, 1994.**

Tratamiento (no.)	Altura de plantas (cm)	Rendimiento según clases de papa (t/ha)			
		Comercial	Semilla	Desecho	Total
<b>Cotojuan</b>					
1	81	10.77	20.44	3.68	34.90
2	79	11.64	17.38	4.14	33.15
3	75	7.61	20.78	3.87	32.26
4	85	6.63	16.95	3.80	27.38
5	77	10.15	16.69	2.89	29.72
6	80	11.01	21.14	4.26	36.41
7	78	11.99	17.71	3.55	33.25
8	81	6.30	18.06	4.02	28.38
9	84	9.43	18.67	4.17	32.27
10	83	9.49	19.05	3.70	32.24
11	76	11.60	19.74	3.75	35.10
12	77	10.95	22.90	3.57	37.42
<b>Promedios</b>	79.6	9.80	19.13	3.78	32.71
CMT <sup>a</sup>	40.5 NS	15.51 NS	14.60 NS	0.54 NS	37.66 NS
CME	41.3	8.67	7.51	0.677	21.43
CV (%)	8	30	14	22	14
<b>Santa Fe de G.</b>					
1	66	3.81	17.83	3.77	25.42
2	69	5.03	17.75	3.28	26.06
3	76	5.29	20.24	4.08	29.61
4	69	6.45	18.83	3.02	28.30
5	67	5.29	17.81	3.64	26.74
6	78	7.83	24.56	4.52	36.90
7	79	8.93	21.10	3.48	33.51
8	76	7.52	24.40	4.52	36.44
9	79	7.56	23.90	4.70	36.15
10	74	9.13	19.53	3.57	32.23
11	75	10.05	19.88	3.24	33.18
12	80	9.92	23.79	3.55	37.26
<b>Promedios</b>	74.1	7.23	20.80	3.78	31.82
CMT	95.53 *	17.05 *	28.88 **	1.21 NS	79.17 **
CME	38.15	6.616	5.40	0.777	5.851
CV (%)	8	35	11	23	8

a. CMT = cuadrado medio de tratamientos, CME = cuadrado medio del error, CV = coeficiente de variación, \* = significativo al 5%, \*\* = significativo al 1% y NS = no significativo.

**Cuadro 4. Contenidos de azufre en el suelo y en las hojas de papa a la floración del cultivo, Chimborazo, Ecuador, 1994.**

Tratamientos (no.)	Cotojuan		Santa Fe de Galán	
	Suelo SO <sub>4</sub> (μg/ml)	Hojas S (%)	Suelo SO <sub>4</sub> (μg/ml)	Hojas S (%)
1	4.4	0.225	5.9	0.165
2	4.8	0.233	6.0	0.195
3	5.2	0.225	16.8	0.205
4	9.6	0.237	19.0	0.205
5	11.5	0.242	13.3	0.210
6	4.7	0.233	6.6	0.183
7	4.9	0.227	11.4	0.185
8	10.6	0.230	17.6	0.197
9	10.9	0.247	16.7	0.195
10	19.7	0.247	18.0	0.207

## Discusión

### Altura de las plantas

En Cotojuan no detectamos diferencias significativas para el crecimiento de las plantas de papa por efecto de la fertilización con N-P-K, S y quelato de Zn (Cuadro 3). En Santa Fe de Galán observamos incrementos en el crecimiento de las plantas por efecto de los niveles crecientes de S y el nivel alto de N-P-K.

### Rendimiento

En Cotojuan no observamos diferencias estadísticas significativas en rendimiento para los tratamientos evaluados (Cuadro 3). De acuerdo con los resultados del análisis de suelos (Cuadro 1), los contenidos iniciales de N, P, K y Zn fueron altos y el S medio (17 μg/ml de SO<sub>4</sub>). Estos resultados demuestran la importancia del análisis químico del suelo y su alta correlación con la respuesta de los cultivos en el campo, a la vez que permiten conocer el grado de fertilidad de los suelos para realizar una recomendación de fertilización más adecuada.

En Santa Fe de Galán observamos diferencias estadísticas significativas para rendimiento de papa comercial, semilla y total (Cuadro 3). Con el factorial 2 x 5 detectamos diferencias significativas al 5% para niveles de S y al 1% para fertilización con N-P-K. Para la interacción no hubo diferencias significativas. El contenido inicial de S en el suelo fue medio (13 μg/ml de SO<sub>4</sub>), y el incremento en el rendimiento de papa por la adición de 30 kg/ha de S fue de 4.5 t/ha con el nivel de 50-100-33 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (Figura 1). La respuesta de la papa al S presenta una tendencia cuadrática para los dos niveles de N-P-K. Los contenidos de N y K en este suelo fueron medios. Por eso atribuimos los incrementos en el rendimiento de papa (7.8 t/ha) principalmente a la adición de estos dos elementos.

La Figura 2 muestra el efecto del quelato de Zn aplicado al follaje de la papa. En Cotojuan el contenido de Zn en el suelo fue alto (7.8 μg/ml), y las dos aplicaciones del quelato de Zn incrementaron el rendimiento de papa en 1 t/ha con la dosis alta de N-P-K (Figura 2). En Santa Fe de Galán, donde el contenido de Zn fue medio (5.3 μg/ml), el

incremento en el rendimiento fue de 4.1 t/ha en un promedio de los dos niveles de N-P-K. Esta diferencia en la respuesta del cultivo de papa en las dos localidades está determinada por el contenido inicial de Zn en el suelo (Cuadro 1).

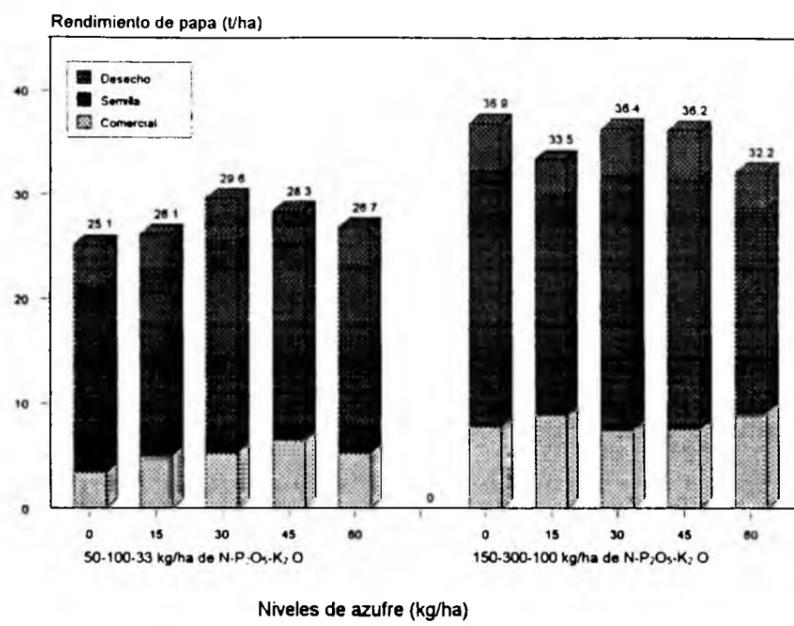


Figura 1. Efecto de la aplicación de azufre sobre el rendimiento de papa en Santa Fe de Galán, Chimborazo, Ecuador, 1994.

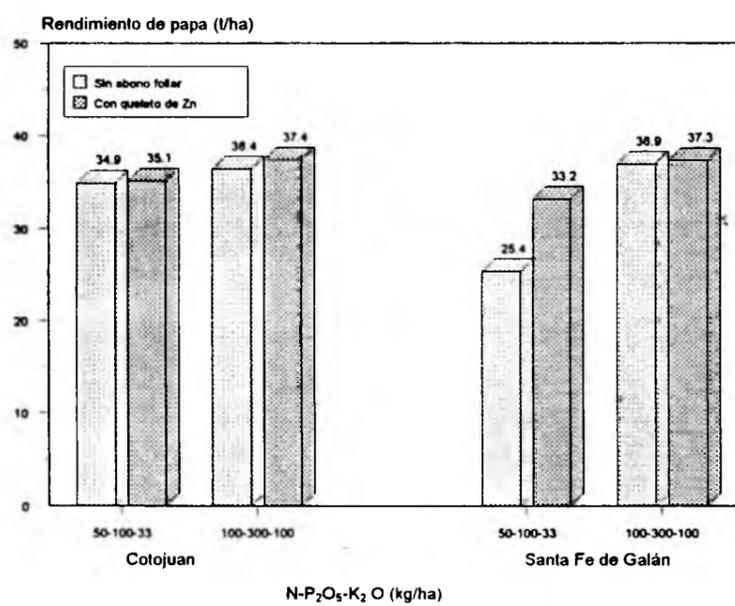


Figura 2. Efecto del abono foliar (quelato de zinc) sobre el rendimiento de papa en dos localidades de Chimborazo, Ecuador, 1994.

### **Contenido de azufre en el suelo y en las hojas de papa a la floración del cultivo**

En el Cuadro 4 observamos que los contenidos de  $\text{SO}_4$  en el suelo se incrementaron con la aplicación de niveles crecientes de S en las dos localidades. En Cotojuman el contenido de S en las hojas fluctuó entre 0.22 y 0.25%, que sería considerado como un rango adecuado para el cultivo de papa. En Santa Fe de Galán los contenidos de S en las hojas se incrementaron con los niveles crecientes de S aplicados al suelo. En el tratamiento sin S al suelo, el contenido en las hojas de papa fue de 0.165%, y llegó a 0.21% con el nivel de 60 kg/ha de S. Estos resultados obtenidos según el método de análisis empleado indican que valores menores a 0.20% de azufre en las plantas de papa son deficientes y que un nivel de S adecuado estaría entre 0.21 y 0.25%. Estos resultados deben ser verificados con futuros trabajos.

### **La hipótesis**

En Cotojuman el contenido de  $\text{SO}_4$  fue de 17  $\mu\text{g/ml}$  de suelo y no hubo respuesta favorable del cultivo de papa a la aplicación de niveles crecientes de S. En Santa Fe de Galán el contenido de  $\text{SO}_4$  fue de 13  $\mu\text{g/ml}$  y el incremento en el rendimiento de papa fue de 4.5 t/ha con el nivel bajo de N-P-K. De igual manera, la respuesta del cultivo de papa al N, K y Zn estuvo determinada por el contenido inicial de estos elementos en el suelo. Estos resultados sustentan la hipótesis planteada.

### **Conclusiones**

La respuesta del cultivo de papa a la fertilización está en función directa del contenido nutricional del suelo.

En Santa Fe de Galán los contenidos iniciales de N, K, S y Zn fueron medios. Así, la adición de 30 kg/ha de S al suelo incrementó el rendimiento de papa en 4.5 t/ha, y presentó una tendencia cuadrática. El quelato de Zn aplicado al follaje incrementó el rendimiento en 4.1 t/ha, en un promedio de los dos niveles de N-P-K. La aplicación de 150-300-100 kg/ha de  $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$  elevó el rendimiento de papa en 7.8 t/ha con respecto al nivel bajo (50-100-33).

En Cotojuman los contenidos de N, P, K y Zn fueron altos y el azufre medio. Por esta razón, no detectamos diferencias significativas por efecto del S, ni de los otros elementos aplicados al suelo y al follaje. Sin embargo, el quelato de Zn incrementó el rendimiento de papa en 1 t/ha con el nivel alto de N-P-K.

Estos resultados reflejan la importancia de los análisis químicos de suelos y plantas, ya que permiten el diagnóstico de problemas nutricionales y la elaboración de recomendaciones de fertilización acordes con las necesidades de los cultivos.

### **Recomendaciones**

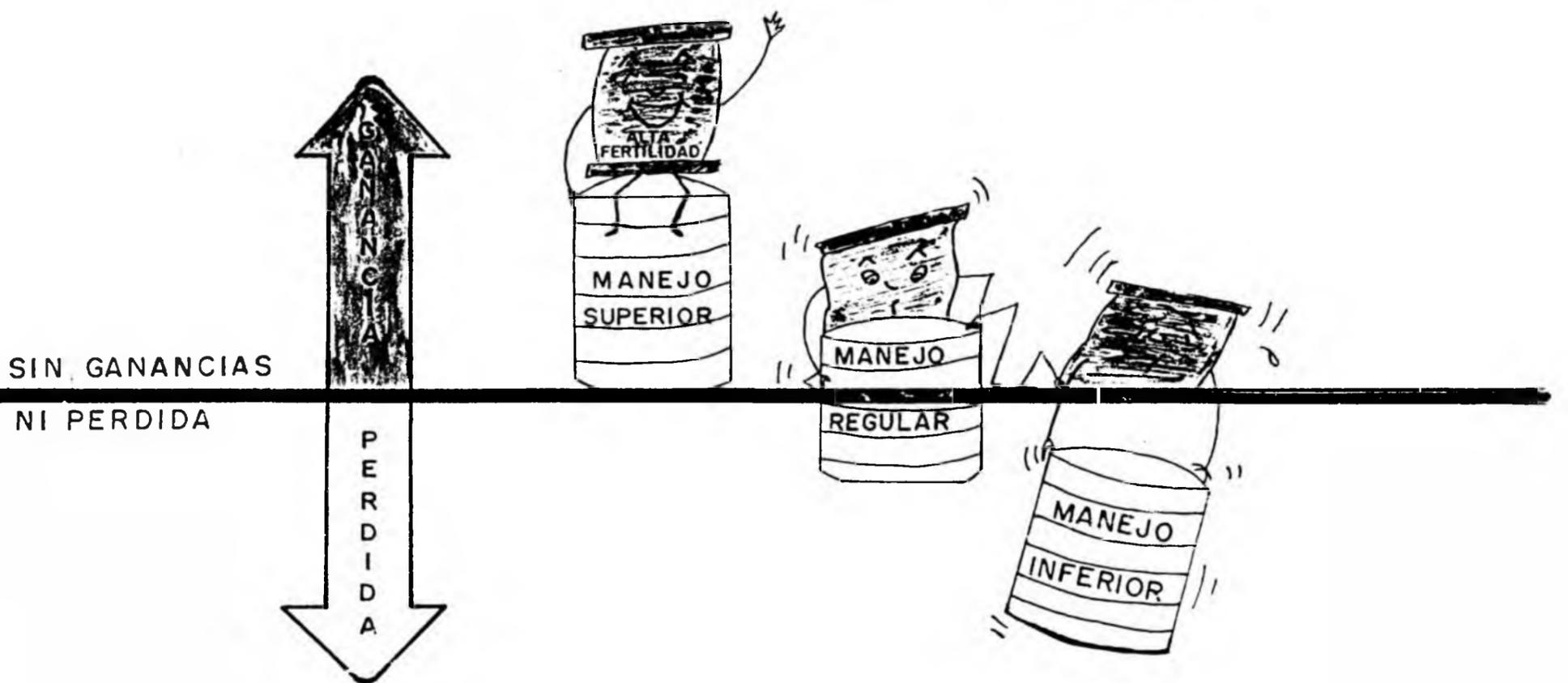
Evaluar los mismos niveles de S con un solo nivel de N-P-K e incrementar el número de ensayos para tener más localidades con mayor variabilidad en el contenido inicial de S en el suelo.

Evaluar aplicaciones foliares de microelementos en forma de quelatos.

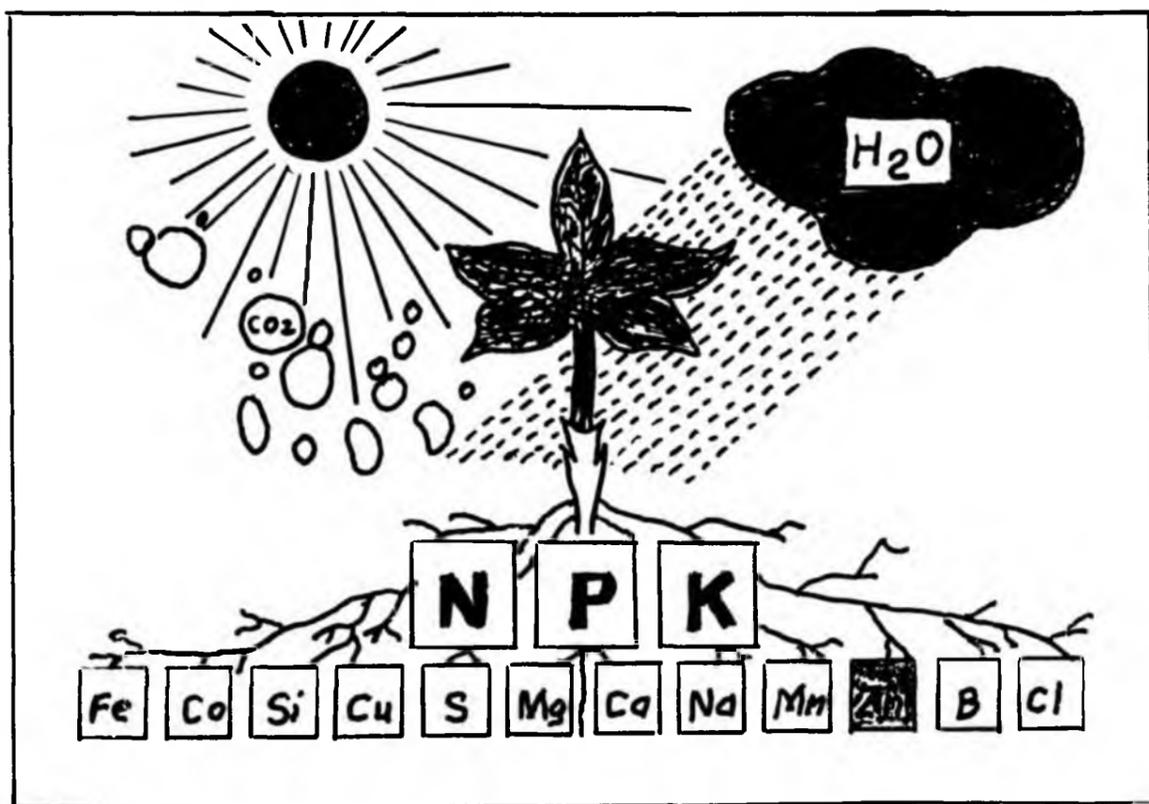
**Referencias**

- FORTIPAPA. 1992. Sondeo realizado en las zonas paperas de la Provincia Chimborazo. Riobamba, Ecuador. p. 15-16.
- FORTIPAPA. 1993. Informe anual. Quito, Ecuador.
- HUNTER, A.H. 1973. Procedimiento analítico del suelo usando la solución extractora modificada de  $\text{NaHCO}_3$ . Serie ISFEI. Universidad del Estado de Carolina del Norte, Raleigh, NC. EE.UU. (Trabajo sin publicar).

EL MEJOR MANEJO ASEGURA GANANCIAS COMPLETAS

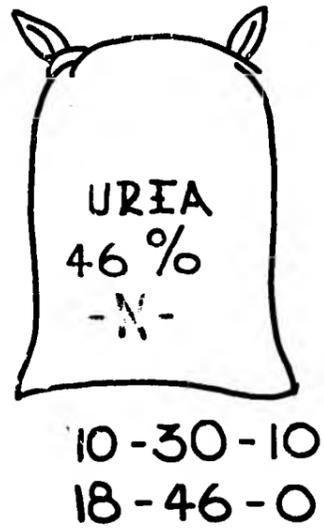


CUAL DE ELLOS PERMANECERA EN LA AGRICULTURA

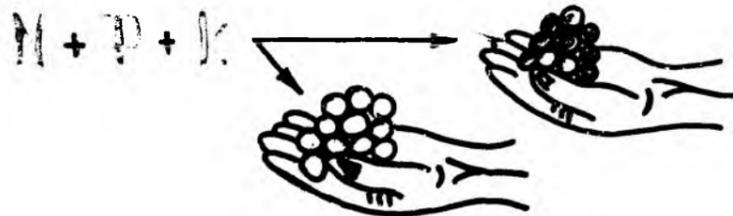
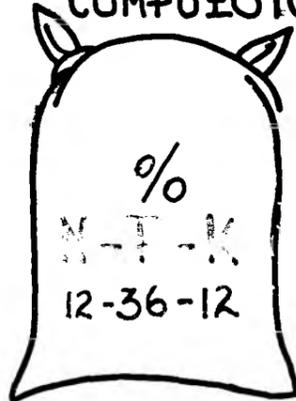


## LOS FERTILIZANTES QUIMICOS

### SIMPLES



### COMPUESTOS



- Unidad de fertilizante : N ,  $P_2O_5$  ,  $K_2O$  etc .
- Concentración : urea 46 % N .

Tipos Fertilizantes: sólidos  
- líquidos  
- Gaseosos .

Características : - Concentración  
- Comportamiento acidez o alcalin .  
- Higroscopicidad .  
- Aglomeramiento  
- Tipo de presentación : { granulos polvos  
- Solubilidad { cristales .

# ABONOS ORGANICOS

- VENTAJAS

- Retiene la humedad del suelo
- <sup>Mantiene</sup> Retiene el calor del suelo
- Aporta con nutrientes para los cultivos
- Mejora la aireación del suelo
- Aumenta el contenido de materia orgánica del suelo
- Amortigua el efecto de los fertilizantes y pesticidas
- Hace que la fertilización química sea mas eficiente

- TIPOS DE ABONOS ORGANICOS

- Estiércoles
- Residuos de las cosechas
- Abonos verdes

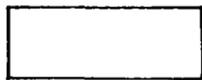
HOJAS  
HIERBAS  
PAJA



ESTIERCOL



SUELO  
LABORABLE

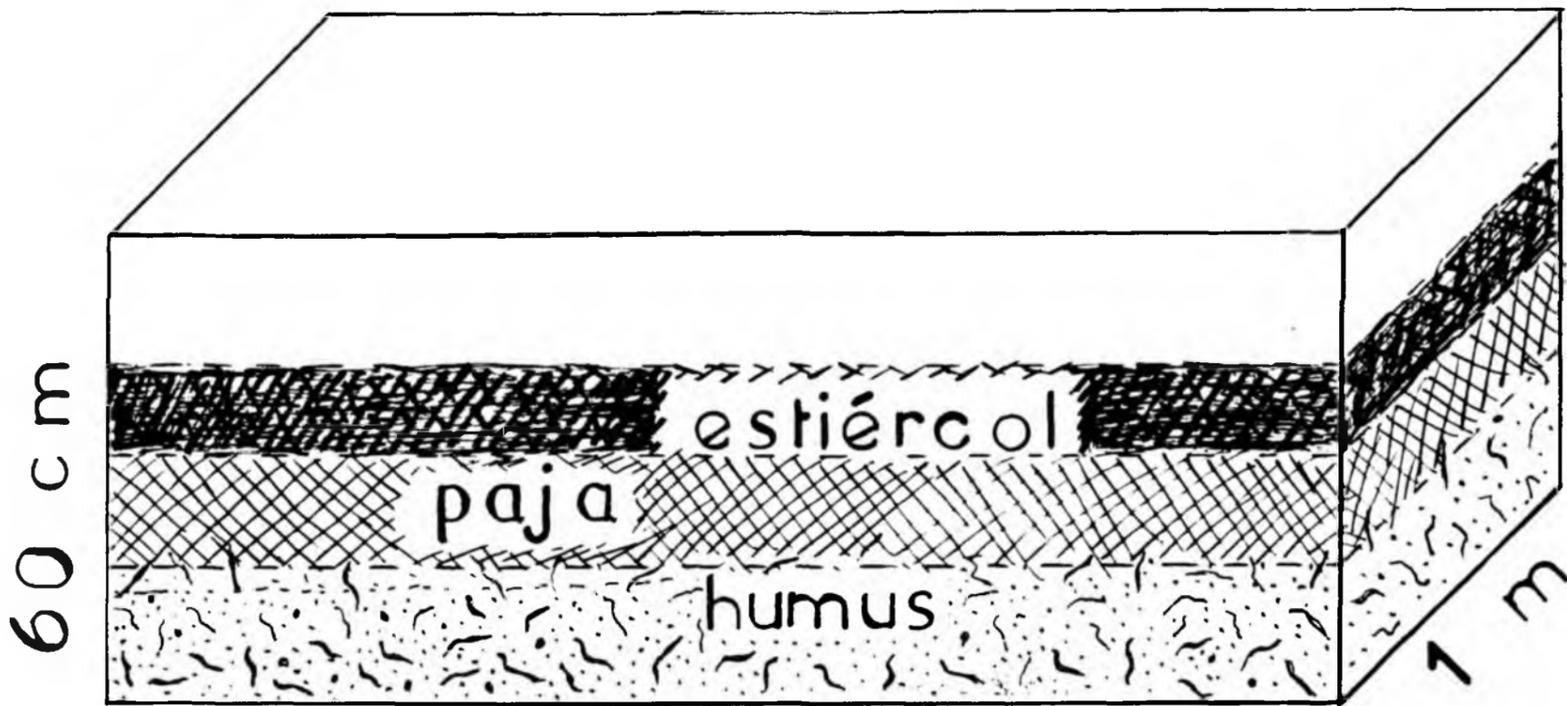


CAL O ABONO



lombricultura

A G U A



largo 3 - 30 m

**CUARDRO 1. CONTENIDO DE NUTRIENTES EN ALGUNOS ABONOS ORGANICOS Y QUIMICOS.**

FUENTES	ELEMENTOS NUTRITIVOS (%)		
	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
ESTIERCOL DE CERDO	0.5	0.3	0.65
ESTIERCOL DE OVEJA	1.0	0.3	1.0
GALLINAZA	1.6	1.25	0.9
PAJA DE CEREALES	0.6	0.2	1.1
HENO DE ALFALFA	2.5	0.5	2.1
<b>Fertilizantes Químicos:</b>	10	30	10
	18	46	0
UREA	46	0	0
SUPERFOSFATO TRIPLE	0	46	0
MURIATO DE POTASIO	0	0	60

# ABONOS FOLIARES

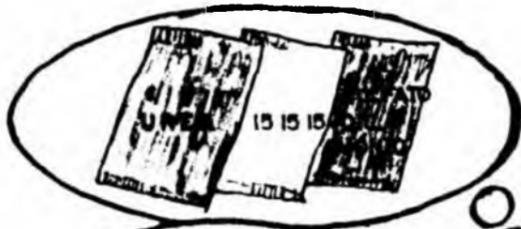
- **ABSORCION:** Hojas, tallos, flores y frutos
- **TIPOS DE ABONOS FOLIARES:**
  - Sólidos
  - Líquidos
- **FACTORES QUE AFECAN LA ABSORCION:**
  - Calidad de agua
  - Zona de contacto y superficie de mojado
  - Temperatura
  - Humedad relativa
  - Edad de la hoja
  - Luz
  - Características químicas de la solución

## **Fertilización foliar**

- La fertilización foliar presenta las siguientes características:
  - Rápida utilización de los nutrientes
  - Menor durabilidad de la fertilización
  - Necesita varias aplicaciones
  - Las cantidades aplicadas son bajas
  - No presenta problemas de suelo como fijación o inmovilización

# Plan de FERTILIZACION

¿QUE APLICAR?



¿CUANTO APLICAR?



¿COMO APLICAR?

¿CUANDO APLICAR?

