

# Investigaciones sobre la fertilidad de los suelos de tres regiones del norte de Colombia

MANUEL RODRIGUEZ J. \* y JAIRO CORREA V. \*\*

Después del reconocimiento de los suelos de una región se hace el estudio de la fertilidad. Por lo general, un estudio de fertilidad completo consta de investigaciones en el laboratorio, en el invernadero y en el campo; sin embargo, el poco personal de Agrónomos dedicado al estudio de la fertilidad del suelo, la gran extensión de Colombia, su diversidad de climas y cultivos, y en especial su topografía tan montañosa, impiden por el momento hacer estudios completos de todo el territorio nacional.

El propósito de este trabajo es presentar los resultados de algunas investigaciones de laboratorio e invernadero de los suelos de tres regiones del norte de Colombia, en tal forma que se puedan relacionar estos resultados con los obtenidos en otros centros de investigación agrícola como son Tibaitatá, Palmira y Chinchiná.

## MATERIALES Y METODOS

*Regiones:* Debido al poco tiempo de que se dispuso para hacer el reconocimiento de las regiones estudiadas y a la gran extensión de estas, las descripciones se basan en observaciones hechas en los alrededores de las carreteras que las atraviesan y en las informaciones suministradas por el Agrónomo del sector, pues no se encontró ninguna literatura relacionada con el trabajo que se llevó a cabo.

Las regiones recorridas son tres: el Valle del Río San Jorge (Departamento de Córdoba), el Bajo Cauca (Departamento de Antioquia) y las Sabanas de Ayapel (Departamento de Bolívar). En general, tienen las tres un clima cálido con una temperatura media anual de 30°C.; la precipitación media anual fluctúa alrededor de los 2.000 mm. y la altura es de 100 a 200 m. sobre el nivel del mar. La descripción particular correspondiente a cada zona se da a continuación.

---

\* Jefe de la Sección de Suelos, Centro Nal. de Investigaciones Agrícolas "Tulio Ospina", Medellín.

\*\* Profesor de Suelos, Facultad Nal. de Agronomía, Medellín.

**SAN JORGE:** La región visitada, que tiene una extensión aproximada de 10.000 hectáreas, comprende parte de la hoya del Río San Jorge, en el lugar donde la carretera al mar (Medellín-Cartagena) atraviesa el río. La descripción que aquí se hace es la de los suelos aluviales recientes de las dos márgenes del río San Jorge, en donde se tomaron las muestras de suelos. En las observaciones efectuadas se comprobó que los suelos por lo general son planos, inundables, de textura pesada y de gran fertilidad; predominan los cultivos de pastos, entre ellos el pangola (*Digitaria decumbens* Stent.) y algunos de plátano, maíz, arroz y cacao.

**BAJO CAUCA:** La descripción corresponde a los suelos coluviales situados en la hoya del río Cauca, en una faja que se extiende desde Puerto Valdivia hasta Caucasia, con una extensión aproximada de 50.000 hectáreas.

Son suelos de topografía ondulada, pero por lo general la pendiente no excede del 25%; su color es carmelita-rojizo, por lo cual se los conoce comúnmente con el nombre de suelos rojos, pues sus características son muy similares a las de los existentes en las faldas de la hoya del río Medellín. La vegetación del Bajo Cauca corresponde al bosque húmedo tropical (bh-T) de la clasificación ecológica de Holdridge (1), con una precipitación superior a los 2.000 mm. de lluvia anual y una temperatura promedio de 29°C. Según Espinal (2) el bosque es bastante rico en especies y los árboles más comunes son:

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN
<i>Cedrela</i> sp.	Cedro
<i>Tapivira</i> sp.	Cedrillo-Tambor
<i>Ficus glabrata</i> H. B. K.	Higuerón
<i>Jacaranda</i> sp.	Gualanday
<i>Cespedesia macrophylla</i> Seem.	Pacó
<i>Anacardium excelsum</i> (Bert. et Balb.) Seels	Caracolí
<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Denc et Planch	Pata de gallina
<i>Luehea Seemannii</i> Triana et Planch.	Guásimo colorado

La mayor parte de la región está recientemente colonizada, motivo por el cual una gran extensión de la zona permanece todavía cubierta de bosque. El horizonte húmico, por lo general, no excede de 20 cm. y en algunas partes se ha perdido, presentando un color rojo más pronunciado debido a la influencia del subsuelo;

esta pérdida posiblemente es debida a la topografía del terreno, a las fuertes lluvias que caen en la región y, especialmente, al mal uso de los terrenos, ya sea con cultivos limpios (maíz, arroz, etc.) o al exceso de pastoreo. En esta zona los suelos se cultivan principalmente con pastos, entre los cuales los más comunes son yaraguá uribe (*Hiparrhenia rufa* Nees) Stapf, guinea (*Panicum maximum* Jaq.) y maciega (*Paspalum stellatum* Hunb. y Bonpl.).

**AYAPEL:** Se reconoció la zona que atraviesa la carretera que une la población de Ayapel con la carretera que va de Medellín a Cartagena. Son suelos planos de propiedad del municipio de Ayapel, ocupados con pastos naturales en los cuales según se sabe, existe explotación ganadera de tipo nómada, pues todos ellos tienen una capacidad de sustentación tan baja que ha obligado a los pocos ganaderos que los utilizan, a aprovecharlos en esta forma. En invierno se inundan fácilmente, debido a que el drenaje interno es muy deficiente. La extensión estudiada es aproximadamente de 5.000 hectáreas.

## MÉTODOS

Las muestras para los ensayos de invernadero fueron tomadas de los puntos que se consideraron más representativos de cada región, a una profundidad de 0 a 20 cm.

Los métodos de laboratorio usados fueron: para la determinación de pH, potenciómetro con electrodo de vidrio y calomel en suelo saturado; para la determinación de materia orgánica, multiplicando por 1.724 el porcentaje de carbono obtenido por combustión húmeda (6); la extracción de bases, según Peech y otros (5); el nitrógeno total, según Kjeldahl; el fósforo ( $P_2O_5$ ) de acuerdo con el método Olsen (4).

Para los estudios de invernadero se usó el método de Jenny (3) con lechuga romana cultivada en macetas. Se hizo una segunda siembra de lechuga sin agregar fósforo (P), cal, ni elementos menores (E. M.); es decir, aplicando sólo nitrógeno (N) y potasio (K). La cal en forma de CaO se agregó 20 días antes de sembrar las lechugas y se mantuvo húmedo el suelo para asegurar una mejor reacción. Las macetas tenían 2 litros de suelo (1.600 g. aproximadamente). Se adicionaron seis unidades de P a los suelos del Bajo Cauca y de Ayapel, porque experiencias anteriores con suelos análogos a estos han demostrado que en ellos la lechuga responde bien al P. Los tratamientos básicos fueron: 1) testigo; 2) completo (N

+ P + K); 3) completo más cal; 4) completo más una mezcla de elementos menores; 5) sin N (P + K); sin P (N + K); 7) sin K (N + P).

### RESULTADOS Y DISCUSION

LABORATORIO: Como se puede observar en el cuadro 1, los suelos del Bajo Cauca y Ayapel tienen una reacción fuertemente ácida (pH de 5.38 y 5.10); en el suelo de San Jorge la reacción es casi neutra (pH de 6.7), lo que indica que probablemente la mayor parte de los nutrientes del suelo están en forma fácilmente aprovechable para las plantas y de ahí su gran fertilidad, la que se puede apreciar en la producción de lechuga obtenida con el tratamiento testigo.

CUADRO 1.—Análisis químico de las muestras de suelos de las tres regiones estudiadas.

	San Jorge	Bajo Cauca	Ayapel
pH (acidez)	6.70	5.38	5.10
Materia orgánica %	2.67	1.70	2.51
C. orgánico %	1.54	0.99	1.45
Relación C/N	4.84	3.65	5.82
Nitrógeno total, % N	0.32	0.27	0.25
NH <sub>4</sub> ads. m. e. 100 g.	23.76	13.22	12.50
Ca m. e. 100 g.	15.99	3.46	0.37
Mg. m e. 100 g.	4.08	1.50	0.21
K m e. 100 g.	0.34	0.13	0.06
Fósforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg. Kg.	27.80	2.80	4.20

#### TEXTURA:

San Jorge: Franco-arcillo-arenoso.

Bajo Cauca: Franco-arcilloso.

Ayapel: Arcillo-limoso.

El contenido de materia orgánica en los suelos de las tres regiones oscila entre 1.70 y 2.67 y se puede considerar como bueno para estos suelos. La adsorción amónica, así como el número de

miliequivalentes de Ca, Mg y K presentes en las muestras, indican que el suelo de San Jorge es más fértil, siguiéndole en orden el de Cauca y por último el de Ayapel. Esta aseveración puede considerarse como cierta si se tienen en cuenta los rendimientos de la lechuga obtenidos en el invernadero con el testigo.

El P soluble extraído por el método de Olsen (27.80, 2.80 y 4.20 mg./kg. respectivamente) es bajo en las tres muestras, especialmente en los suelos del Bajo Cauca y de Ayapel.

**INVERNADERO:** Comparación de los resultados de invernadero por el método del análisis de la variancia.

En el cuadro 2 se dan los rendimientos promedios por maceta obtenidos en las dos siembras que se hicieron en los tres suelos, así como la diferencia mínima significativa (D. M. S.) de los análisis de variancia de cada suelo; todas las comparaciones se hacen con respecto al tratamiento completo (NPK) en los tres suelos.

*CUADRO 2.—Respuesta de la lechuga romana a los elementos nutritivos aplicados en los ensayos de invernadero (a).*

	Tratamiento completo (b)	Completo NPK	PK	NK	NP	Testigo	NPK (c)	NPK (d)	D.M.S. 5%
San Jorge 1 <sup>a</sup> S.	2-3-2	5.0	5.8	3.7	<u>7.4 (e)</u>	3.3	7.3	5.8	2.4
" " 2 <sup>a</sup> S.	2-3-2	3.5	<u>4.5</u>	3.4	4.0	1.9	<u>5.1</u>	3.5	0.7
Bajo Cauca 1 <sup>a</sup> S.	<u>2-6-1</u>	2.8	3.0	<u>0.2</u>	4.0	<u>0.1</u>	4.3	4.0	2.1
" " 2 <sup>a</sup> S.	2-6-1	0.6	0.7	0.2	0.7	0.1	<u>1.5</u>	0.7	0.5
Ayapel 1 <sup>a</sup> S.	2-6-1	0.6	0.3	0.2	0.2	0.1	<u>0.2</u>	<u>3.1</u>	1.0
" 2 <sup>a</sup> S.	2-6-1	0.3	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	N.S.

(a) Producción promedia de materia seca en gramos (promedio de 3 macetas).

(b) El tratamiento completo recibió N, P, K. Los números indican unidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente. 1 unidad = 80 miligramos por maceta.

(c) Tratamiento completo (NPK) más una solución de elementos menores.

(d) Tratamiento completo (NPK) más 6 ton./hect. de cal.

(e) Los números subrayados indican que son estadísticamente significativos con respecto al completo.

(S) Quiere decir siembra.

**SUELO DE SAN JORGE:** Los tratamientos sin N (PK) y sin K (NP) son superiores al completo en las dos siembras, pero sólo estadísticamente significativos en una de ellas, lo que significa que la aplicación de N o K en el campo a estos suelos en presencia de PK y NP disminuye los rendimientos; el tratamiento sin P (NK) en la primera y segunda siembra, tiene rendimientos menores que el completo, pero en ninguna de las dos es estadísticamente significativo; el testigo es inferior al completo en las dos siembras, pero solo estadísticamente significativo en la segunda. El tratamiento con elementos menores (NPK + E. M.) en las dos siembras, aumentó los rendimientos con respecto al tratamiento completo, siendo estadísticamente significativo en la segunda; es decir, que posiblemente uno o varios elementos menores limiten la producción en forma muy leve en el campo; el tratamiento con cal (NPK + cal) no dio diferencias significativas en relación con el testigo.

**SUELO DEL BAJO CAUCA:** El rendimiento del tratamiento sin P (NK) es inferior al del completo en las dos siembras y estadísticamente significativo en la primera, lo que quiere decir que posiblemente los cultivos responderán a una aplicación de este elemento en el campo. El tratamiento con elementos menores (NPK + E. M.) aumentó en las dos siembras los rendimientos con respecto al tratamiento completo, siendo estadísticamente significativo en la segunda, lo que indica que probablemente uno o varios elementos menores limiten la producción en el campo; el testigo es inferior al completo en las dos siembras y la diferencia es estadísticamente significativa en ambas, o sea que los suelos son pobres en nutrientes y los cultivos responden en el campo a la aplicación de fertilizantes. En este suelo, además de los tratamientos enumerados, se incluyó un tratamiento completo más 12 ton./hect. de cal (NPK + 12 ton. de cal); con este tratamiento se obtuvo en la primera siembra un promedio de 4.7 g. de lechuga y en la segunda de 1.8 g. por maceta; estos rendimientos son superiores a los obtenidos en los demás tratamientos.

**SUELO DE AYAPEL:** Comparando en este suelo la producción del tratamiento completo con la de los demás, se observó que hubo aumentos estadísticamente significativos para los tratamientos con elementos menores (NPK + E. M.) y completo + cal (NPK + cal); es decir, que en este suelo la cal y los elementos menores podrían ser limitantes de los cultivos. Además de los tratamientos enume-

rados en el cuadro 2, se incluyó un tratamiento completo más 12 ton./hect. de cal (NPK + 12 ton. de cal); el rendimiento para la primera siembra fue de 3.8 y para la segunda de 0.7 g./maceta; en promedio, los rendimientos obtenidos fueron en ambas siembras los más altos.

También se puede observar en el cuadro 2 que, comparando las producciones de los testigos, el suelo de San Jorge es mucho más fértil que los otros dos y que por lo general, los rendimientos de la segunda siembra confirman los datos de la primera, pues son muy análogos.

#### COMPARACION DE LOS RESULTADOS DE ACUERDO CON LOS INDICES DE JENNY:

En el cuadro 3 se dan los resultados de los ensayos hechos en el invernadero con las tres muestras de suelo, pero expresados en términos de "producción relativa" con respecto al tratamiento completo (NPK) y las comparaciones se hacen de acuerdo con los índices de Jenny.

CUADRO 3.—Respuesta de la lechuga "romana" a los elementos nutritivos, en los ensayos de invernadero.

	Tratamiento completo (a)	Completo NPK (b)	PRODUCCION RELATIVA % DEL COMPLETO (NPK)					
			PK	NK	NP	Testigo	NPK (c)	NPK (d)
San Jorge 1 <sup>a</sup> S.	2-3-2	5.0	116	74	148	66	146	116
" " 2 <sup>a</sup> S.	2-3-2	3.5	129	97	114	44	146	100
Bajo Cauca 1 <sup>a</sup> S.	2-6-1	2.8	107	7	143	5	154	142
" " 2 <sup>a</sup> S.	3-6-2	0.6	117	33	117	17	250	116
Ayapel 1 <sup>a</sup> S.	2-6-1	0.6	50	33	33	17	367	517
" 1 <sup>a</sup> S.	2-6-1	0.3	100	33	66	33	67	33

(a) Los números indican las unidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente. (1 unidad = 80 miligramos por maceta).

(b) Lechuga "romana" expresada en gramos de materia seca, por maceta (promedio de tres replicaciones).

(c) Tratamiento completo NPK + una solución de elementos menores.

(d) Tratamiento completo NPK + seis ton./hect. de cal.

(S) Quiere decir siembra.

De acuerdo con los rendimientos de las 2 siembras efectuadas en el suelo de San Jorge, y según las producciones de los tratamientos PK, NK y NP, probablemente los cultivos no responderán en el campo ni a N, ni a P, ni a K; hay un aumento del 46% en la producción cuando se agregan al tratamiento completo los elementos menores (NPK + E. M.) y la adición de cal no tuvo ningún efecto.

En el suelo del Bajo Cauca, según la producción de ambas siembras, se puede esperar una respuesta en el campo cuando se agrega P; los elementos menores y la cal aumentan los rendimientos.

Teniendo en cuenta los resultados de la primera siembra en el suelo de Ayapel, es de esperarse una respuesta en el campo a la aplicación de N y según los resultados de las dos siembras, no es difícil que se presente una respuesta en el campo a P y K; en la primera siembra, los elementos menores y la cal aumentaron los rendimientos en 267 y 467%, respectivamente.

#### CONCLUSIONES

Mediante los estudios llevados a cabo en el campo, en el laboratorio y en el invernadero con suelos de San Jorge, Bajo Cauca y Ayapel se concluyó que:

1.—Las regiones citadas tienen gran importancia agrícola por su extensión, su reciente incorporación a la agricultura y a la ganadería y además, porque con un adecuado manejo de sus suelos podrían sostener, en buenas condiciones, una población mayor de la que actualmente vive en ellas, con gran beneficio para la economía del país.

2.—Los suelos de la región del San Jorge son muy fértiles y el principal problema que tienen actualmente es la falta de drenaje. Producen buenas cosechas sin la aplicación de fertilizantes, aunque es posible que con la adición de elementos menores se pueda elevar un poco más los rendimientos.

3.—Los suelos de la región del Bajo Cauca, debido seguramente al material parental, a la topografía y a las intensas condiciones climáticas a que están sometidos, son muy pobres y fácilmente erodables, por lo cual hay que tener especial cuidado en su explotación, pues se erodan rápidamente. Responden muy bien a P, a la Cal y a una mezcla de elementos menores; el N y el K tienden a disminuir la producción, motivo por el cual debe hacerse en ellos un estudio especial.

4.—Los suelos de Ayapel son muy pobres en nutrientes y respondieron bien a todos los elementos aplicados (N, P, K, Ca y elementos menores). Debido a que son planos y responden bien a la fertilización, parece que podrían mecanizarse fácilmente y obtener de ellos buenos rendimientos en el período en que la precipitación es adecuada.

5.—La producción de la lechuga en la segunda siembra, efectuada en los tres suelos puede ayudar a una mejor interpretación de los datos obtenidos en la primera, ya que los resultados son muy análogos entre sí.

6.—Los análisis de la variancia de los rendimientos de la lechuga, pueden servir posteriormente para relacionar mejor los resultados de campo con los de invernadero.

7.—Se necesita más información para poder hacer recomendaciones sobre dosificación de fertilizantes y manejo de los suelos estudiados.

#### RESUMEN

Se hizo el estudio sobre la fertilidad de los suelos de tres regiones en el norte de Colombia, a saber: San Jorge, Bajo Cauca y Ayapel. Se tomaron muestras en los lugares que se consideraron más representativos, para hacer análisis químicos detallados y ensayos de invernadero. Los ensayos de invernadero se hicieron siguiendo la técnica de Jenny con algunas variaciones que consistieron en lo siguiente: a) adicionar dos tratamientos más, uno completo más elementos menores y otro completo más cal; b) hacer dos siembras de lechuga en la misma maceta, agregando en la primera todos los elementos, pero en la segunda sólo N y K; c) usar el sistema del análisis de variancia para comparar los resultados obtenidos.

En los análisis químicos se encontró que los suelos de San Jorge son casi neutros (pH 6.7) mientras que los del Bajo Cauca y Ayapel son fuertemente ácidos (pH 5.38 y 5.10 respectivamente). El contenido de materia orgánica está entre 1.70 y 2.67%. El P soluble extraído por el método de Olsen es bajo en los tres suelos estudiados, pero especialmente en los del Bajo Cauca y Ayapel (2.8 y 4.2 mg./kg.) respectivamente.

Al analizar los resultados por el sistema de la variancia se encontró, para los suelos de San Jorge, que el N y el K disminuyen los rendimientos y que esta disminución es estadísticamente signi-

ficativa para una de las siembras. Que la aplicación de elementos menores aumenta los rendimientos en las dos siembras y que en una de ellas es estadísticamente significativo. Para el suelo del Bajo Cauca, la aplicación de P o de elementos menores aumenta en las dos siembras los rendimientos y en una de ellas en forma estadísticamente significativa. En los suelos de Ayapel se encontró que la cal o los elementos menores aumentaron los rendimientos en las dos siembras y en una de ellas el aumento fue estadísticamente significativo.

En general, se puede observar por el rendimiento del testigo de los tres suelos, que el de San Jorge es mucho más fértil que los otros dos, siendo el de Ayapel el menos fértil. Puesto que los rendimientos de la lechuga en la segunda siembra son análogos a los de la primera, se puede tener más confianza en los resultados obtenidos en la primera y las conclusiones son, por lo tanto, más seguras. Según los índices de Jenny, en los suelos de San Jorge no debe esperarse respuesta en el campo ni a N, ni a P, ni a K; en el suelo del Bajo Cauca debe esperarse una respuesta a P y a Ca en el campo y bajo estas mismas condiciones, el suelo de Ayapel responde a N, P, K y a elementos menores.

#### LITERATURA CITADA

1. HOLDRIDGE, L. R. 1947.—Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science* 195 (2727): 367-368.
2. ESPINAL, T., SIGIFREDO. 1961.—Estudio ecológico del Departamento de Antioquia (inédito).
3. JENNY, H., VLAMIS J., AND MARTIN W. E. 1950.—Greenhouse assay of fertility of California Soils. *Hilgardia* 20: (1) 1-8.
4. OLSEN, STERLING R., COLE, C. V., WATANAVE, FRANCK S., AND DEAN, L. A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U. S. D. A. (Circ. 939). Washington, D. C.
5. PEECH, M., ALEXANDER, L. T., DEAN, L. A. AND REED, J. FIELDING, 1947.—Methods of soil analysis for soil fertility investigation. U. S. D. A. (Circ. N° 757). Washington, D. C.
6. SCHOLLENBERGER, C. J. 1945.—Determination of soil organic matter. *Soil. Sci.* 59: 13-23.