

CORRECCION DE LA ALCALINIDAD DE UN SUELO DEL VALLE  
CON APLICACIONES DE AZUFRE, YESO Y LIXIVIACION.  
ESTUDIO EN EL INVERNADERO (\*)

Por **Alvaro Castilla Castilla**

I. INTRODUCCION

Los suelos han sido estudiados determinando sus requerimientos en muchas partes del mundo, bajo sistemas concienzudos y altamente provechosos, con resultados inmediatos traducidos en rendimientos superiores; se han diseñado sistemas de conservación contra la acción erosiva de los diferentes factores causales; se ha determinado por medio de largas y cuidadosas observaciones y experimentos el mejor manejo de los suelos que presentan condiciones especiales tales como los alcalinos, los cuales se encuentran generalmente en regiones áridas o semi-áridas, siendo de extensión considerable dentro de cada continente. Kelly (12) dice que son aproximadamente la tercera parte de la superficie de la tierra.

**Génesis:** Sobre la génesis de estos suelos han hecho estudios muy interesantes De-Sigmon, Scherf, Vielinski, Hilgard, Gedroiz y otros.

Su formación está sujeta a la presencia de sales tóxicas, que pueden provenir de la alteración de las rocas madres, de los depósitos formados en medio marino o lagunar, o también por las aguas de irrigación en lugares bajos donde el nivel de las aguas freáticas está muy cerca de la superficie y es capaz de depositar sales en las capas superiores del suelo, debido a la acción capilar.

A veces los suelos alcalinos son residuales, pero por lo regular se han formado de materiales transportados, siendo por tanto de origen aluvial.

Sus investigadores sostienen que son potencialmente fértiles obteniendo probables buenas cosechas, removiendo los álcalis y haciendo drenajes que interceptan las aguas que vienen de las regiones altas aledañas las cuales se tienen como causa de formación de alcalinidad.

---

(\*) Tesis presentada para optar al título de Ingeniero Agrónomo bajo la presidencia del Dr. Hugh W. Hough a quien el autor expresa su gratitud.

Algunas regiones productivas han llegado a ser improductivas debido a irrigación artificial con agua de alta concentración de sales.

**Investigadores:** Muchos han estudiado los suelos álcalis; Hilgard fue un arduo investigador en este campo. Gastó gran parte de su vida y energía en este estudio. Gedroiz y otros en Rusia, DeSigmon en Hungría, Hissing en Holanda; y muchos otros trabajaron en otras partes contribuyendo a un mejor entendimiento y aclaración del problema. Desde hace treinta años podremos decir que se ha investigado sobre esto casi continuamente. (Kelly, 12).

**Efectos en la vegetación:** Desde hace unos 75 años los científicos de suelos y fisiólogos de plantas han discutido la tolerancia de las diferentes clases de plantas a las concentraciones de sales. Se han hecho intentos para aclarar los principios fisiológicos enmascarados en la planta cuando crece en un medio que contiene una o más sales de las que se encuentran en los suelos alcalinos.

Russel (20) dice que las plantas presentan un color oscuro con bastante cera en la superficie de las hojas; el maíz parece ser la más sensible y las menos afectadas son la remolacha azucarera, la cebada, la alfalfa, el trébol dulce, en regiones alcalis frías; el algodón, el arroz y el sorgo en tierras calientes; y parece que la menos afectada es la palmera de dátiles.

La presencia de sales en los suelos donde hay caña de azúcar tienen un marcado efecto perjudicial para la cosecha.

El contenido de cloro de ciertas sales solubles como los cloruros de calcio, sodio, potasio, manganeso y quizás otros metales, es normalmente nocivo en los suelos productores de caña; son suelos que se encuentran con alguna regularidad en las costas, en las zonas sin vegetación sujetas a intensas sequías periódicas o en las zonas donde emplean para riegos aguas con estas sales. (Ramos 18).

Investigaciones efectuadas en Hawaii permitieron encontrar una correlación entre el promedio de sales contenido en el agua de riego, la calidad de la caña y el rendimiento en azúcar. Por ellas vemos claramente que a menos proporción de sal en el agua menos caña necesita molerse, menos sacarosa se pierde en las melazas, y se obtiene mayor producción de azúcar por unidad de superficie. En el Hawaii admiten de 1,4 a 1,7 grs. de NaCl por litro de agua para la irrigación. Arrhenius investigó cuales eran los efectos de diferentes concentraciones de iones de cloro en las variedades P.O.J. 28-78 y P.O.J. 28-83.

Se observa claramente en estas investigaciones que cuando se tiene una cantidad pequeña de cloruro de sodio es mayor el rendimiento que cuando no hay ninguna presente, pero vuelve a decaer

según se vaya aumentando el contenido <sup>de</sup> sal. Vemos pues, que con 0,006% hay perjuicio pero con 0,6% es bastante bajo el rendimiento. (Ramos N., 18).

Hay algunas variedades de caña que toleran un poco más la salinidad, tales como las variedades Demerara en la Guayana Británica.

El éxito de las buenas cosechas depende en su mayor parte de la facilidad que encuentren las plantas para absorber del suelo los nutrientes necesarios para el crecimiento y completo desarrollo, pero si el medio es alcalino su desarrollo irá retardándose a medida que vaya aumentando la cantidad de sales perjudiciales. Si la concentración de sales es muy alta la germinación se reduce y las plántulas pueden morir. (Hayward, 9).

En general en casos severos de salinidad los síntomas en las plantas son de fácil reconocimiento: estos se presentan con quemaduras en las hojas y secamiento descentente de las ramas. Bajo condiciones menos severas los síntomas son menos perceptibles, pero las plantas tienen un mal desarrollo y las cosechas son de bajos rendimientos.

**Relación agua sales:** Debe tenerse en cuenta en la práctica que el suelo puede contener gran cantidad de sal, pero si contiene gran cantidad de agua, la verdadera concentración de sal puede ser mucho menos del límite; al contrario, cuando el agua se pierde por evaporación, filtración, etc., la concentración de sal irá acercándose de manera constante al punto crítico. Por tanto una cantidad de sal puede ser completamente inofensiva en la época de lluvia, mientras que en tiempo seco puede ocasionar efectos tóxicos. Una tabla elaborada por Arrhenius nos deja ver que con un % de sal que puede ser peligroso en un suelo arenoso, en uno arcilloso tendrá menor importancia. (Ramos, 18).

Respecto de las lluvias y la acumulación de sales, Mayward dice (9) que en regiones donde la lluvia es suficiente para la agricultura ordinariamente no hay acumulaciones de sales en los suelos. Las aguas lluvias son esenciales para que las sales y demás materiales solubles sean lixiviados más abajo de la zona de raíces y llevados por las aguas de drenaje.

**Cambio de bases:** La arcilla y la materia orgánica tienen la propiedad de absorber cationes tales como sodio, calcio y magnesio. En suelos no salinos las superficies de estas partículas están saturadas con calcio y magnesio, predominando usualmente el calcio. Si un suelo que no contiene sales se riega con aguas de alto contenido de éstas, principalmente sodio, una reacción de cambio ocurre entre el sodio del agua de irrigación y el calcio de las partículas del suelo; sucede entonces que parte del calcio pasa al agua y parte del sodio pasa al suelo, al lugar dejado por el calcio. Desde luego la reacción po-

dría también ser al contrario, es decir al regar con agua de alto contenido de calcio o magnesio se podría desplazar el sodio fijado. Tal reacción implica pues un cambio de cationes (sodio, calcio, magnesio) llamado también cambio de bases.

**Propiedades físicas:** Las propiedades físicas del suelo son grandemente influenciadas por la presencia de sodio en las partículas coloidales del suelo.

Los suelos saturados con calcio son de buena estructura granular y están comúnmente floculados. En cambio, suelos con bastante sodio son de estructura muy pobre.

Cuando se irrigan suelos con alto contenido de sodio los agregados ~~(no)~~ son poco estables y por lo regular pasan fácilmente a fases dispersas.

La estructura del suelo se deteriora, llega a ser compacta e impermeable, la circulación del agua y del aire se dificulta bastante, haciendo difícil los riegos y los drenajes. (Keen, 11).

Las condiciones físicas del suelo tienen relación estrecha con el movimiento del agua en él.

Recientes investigaciones han dilucidado considerablemente el problema de la disponibilidad del agua para las plantas en los suelos salinos. En los no salinos las plantas suspenden su crecimiento cuando el agua aprovechable se va haciendo escasa, esto es, cuando la humedad del suelo se acerca al punto de marchitamiento.

En los suelos salinos una fuerza adicional se hace presente en las raíces de las plantas por el efecto osmótico de la sal en la solución del suelo. (Lyon and Buckman, 14).

Algunos investigadores han puesto de presente que la suma de la presión osmótica ejercida por las soluciones de suelo de alto contenido de álcalis, más efecto de la tensión de la humedad del suelo, dada en atmósfera, inhibe el buen crecimiento de las plantas. (Hayward, 9).

**Microbiología:** Kelly (12) afirma que efecto microbiológico está grandemente incluido por la acumulación de sales. Dice también que Lipman mostró que la adición de 0,20 por ciento de NaCl ó Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> reducía grandemente la amonificación de sangre seca en un suelo arenoso o Anaheim, California, y con 1,0 por ciento de esa sal inhibíase casi completamente el proceso de amonificación. En cambio una adición de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> estimula la amonificación a una concentración de más o menos 1,0 por ciento. Greaves en 1916 obtuvo un efecto similar con un suelo de Logan, Utah. En contraste con el efecto en

amonificación, Lipman encontró que 0,10 por ciento de NaCl por ciento de NaCl y 0,20 por ciento de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  estimulaban efectivamente la nitrificación pero el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  era fuertemente tóxico aún en concentraciones bajas de 0,05 por ciento.

Lipman y Sharp encontraron que la fijación del nitrógeno por bacterias no simbióticas era escasamente afectada por NaCl en concentraciones de más o menos 0,50%, y por  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  solamente en concentraciones de 1,20%. Por encima de esas concentraciones la toxicidad es muy marcada, especialmente con NaCl (Kelly, 12).

Con una concentración de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  de 0,40% o menos, la fijación del nitrógeno era disminuída, pero poco. Con 0,50 por ciento empezaba a ser bastante notable. (Kelly, 12).

Parece pues que el protoplasma bacterial es afectado tanto física como químicamente por la concentración alta de las sales. Las sales de sodio reaccionan probablemente con las proteínas de la bacteria, entrando a formar proteínas con sodio; lo mismo sucede con las sales de calcio. Cuando esa reacción llega a ser extrema, como sucede en los suelos de alta salinidad, la actividad protoplasmática llega a ser anormal.

## II. MATERIAL Y METODOS

En los continentes hay grandes extensiones donde fácilmente se depositan las sales en cantidades considerables, especialmente donde las lluvias escasean. En Colombia encontramos regiones con este problema, como el Tolima, donde actualmente se realizan estudios llevados a cabo por el ingenio Pajonales, en el que se ha perjudicado bastante el rendimiento de la caña. En el Valle del Cauca se presenta el caso similar y el presente se llevó a cabo en suelos del ingenio Tumaco. En este lugar se escogió una suerte de 24 plazas, las cuales se estaban sembrando en caña, y tal es su uso actual. Allí se tomaron muestras al azar, dando los siguientes resultados. (véase tabla I).

— TABLA I —  
pH de las muestras

Muestra	Profundidad mts.	pH colorimétrico	pH potenciométrico
1	0,20	7,0	7
2	0,20	7,0	6,8
3	0,20	9,0	8,8
4	0,20	8,5	8,4
5	0,20	6,5	6,7
6	0,20	6,5	6,8
7	0,20	6,5	6,4
8	0,20	7,0	7

Para tomar las muestras se tuvieron en cuenta seis lugares que presentaban coloraciones blanquecinas o grises oscuras con apariencia de sales en la superficie. Las muestras cinco y seis son de mayor área, donde el suelo aparece de un color oscuro y donde la germinación de la caña de azúcar de la variedad P O J 2878 en su mayoría, no ha sido tan afectada como en los otros lugares.

De las muestras anteriores tomamos los números 3, 4, 7, 8 por ser las más representativas ya que estas envuelven todos los valores, para hacer los siguientes análisis, según Phipper (17):

Carbonatos, con ácido clorhídrico concentrado;  
 Cloruros, con nitratos de plata;  
 Sulfatos, con cloruro de bario.

— TABLA II —

Ligeros ensayos químicos

Muestras	Carbonatos	Cloruros	Sulfatos
3	alto	presentes	presentes
4	alto	presentes	presentes
7	medio	pocos	pocos
8	medio	pocos	pocos

Según la tabla II, pudimos constatar en las muestras 3 y 4 un alto contenido de carbonatos, perjudiciales a la caña, y la presencia, aunque en poca cantidad, de cloruros y sulfatos. En las muestras 7 y 8 el contenido de carbonatos no era de tan alto grado, y los cloruros y sulfatos demasiados pocos.

Luego de tener la certeza de alto contenido de carbonatos se procedió al análisis de identificación de estos, y se halló para calcio un valor de 100 p.p.m. y un contenido medio de sodio que alcanzó a ser perjudicial y el cual fue analizado con acetato de uranil-magnesio y alcohol etílico de 95%, siguiendo las instrucciones dadas por Spurway y Lawton (23).

Hechas las anteriores comprobaciones se tomaron muestras representativas para mezclarlas bien y utilizarlas en el experimento llevado a cabo en materas.

En una muestra de tal mezcla se midió la conductividad eléctrica con un "Puente de Wheatstone" que da una aproximación de la cantidad de sales presentes, porque le mide una propiedad a la sal: su habilidad de llevar una corriente eléctrica; su resultado fue 208 x 10-5 mhos o sea una resistencia eléctrica de 480 mhos. La proporción suelo-agua fue de 1:2.

Se procedió después al experimento en materas, el cual fue llevado a cabo en la Estación Agrícola Experimental de Palmira, en el invernadero. Se usó como planta indicadora *Glycine soja* var. "Yellow mammoth".

Las materas fueron barnizadas con pintura asfáltica por dentro con el fin de evitar que el agua disolviera cualquier substancia de esta. Se colocó en cada una un peso de 1.700 gramos de suelo, previamente pasado por un tamiz de dos milímetros. A cada una de estas cantidades de suelo en materas se le hicieron adiciones de substancias correctivas así: (véase tabla III).

— TABLA III —

## Adiciones a los potes

Tratamientos	Kgs/Ha.	Gramos por potes
Azufre	500	0,4
	1.000	0,8
	2.000	1,6
Yeso	1.000	0,8
	2.000	1,6
	4.000	3,2
Lixiviación	1.000— agua en exceso	0,8 de azufre —agua en exceso
	2.000— agua en exceso	1,6 de yeso —agua en exceso
	agua en exceso	agua en exceso
Testigo	riego adecuado	riego adecuado

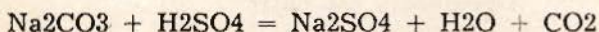
En la tabla III observamos que se utilizaron tres dosis de azufre, tres dosis de yeso, y el término lixiviación lo referimos a un exceso de riego con agua destilada, con el fin de hacer un lavado constante del suelo para retirar sales por lixiviación y el segundo nivel de azufre o yeso, son las cantidades dadas de estos elementos más un exceso de agua destilada en los riegos, con el fin de ir retirando del suelo los carbonatos tóxicos, y el exceso de ácido sulfúrico o sulfatos que se fueron formando y que también perjudican el buen crecimiento de las plantas, pero en menor cantidad que los carbonatos. El

testigo es el suelo con la sola adición del agua para riego necesaria.

Usamos tres replicaciones en este experimento y un total de 30 potes, con una planta por pote. (Siembra, 15 de Julio de 1953). Los tratamientos del suelo fueron basados en recomendaciones dadas por DeSigmond (5), Axtell (3), Kelly (12), Thorne y Peterson (24), Gustafson (7) y otros, respecto a su tratamiento con azufre, yeso y lixiviación.

El azufre es oxidado hasta sulfato por la acción de microorganismos del suelo y produciéndose posteriormente ácido sulfúrico, que transforma los carbonatos en sulfatos menos perjudiciales y tiende además a hacer disminuir la fuerte alcalinidad. (Lyon y Buckman, 14).

La reacción química sería:

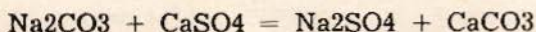


Lyon y Buckman (14) dicen que Wursten y Power aconsejan el tratamiento químico con azufre como el más eficiente y económico, para suelos donde priman los carbonatos de sodio.

El empleo del yeso es recomendado para transformar parte de los carbonatos alcalinos en sulfatos, disminuyendo así la influencia perjudicial de las sales.

Lyon y Buckman dicen (14) que para que tenga lugar esa reacción el suelo debe mantenerse húmedo y el yeso debe aplicarse sobre la superficie sin incorporarlo con el arado.

La reacción sería la siguiente:



“La inundación después de haber instalado un drenaje cerrado en caños es el método más completo y satisfactorio” (Lyon and Buckman, 14, p. 298). Esto pues justifica el uso de exceso de agua para los potes comprendido dentro del término lixiviación.

### III. RESULTADOS

El experimento descrito anteriormente que se desarrolló en el invernadero bajo condiciones controladas fue cosechado el 24 de agosto de 1.953.

Para la cosecha se cortaron las plantas a ras de suelo; luego fueron secadas a la estufa a una temperatura de 60 a 80 grados centígrados, durante 24 horas, después de las cuales fueron pesadas, multiplicando por ciento los resultados con el fin de facilitar los análisis estadísticos.



— TABLA IV —

**Pesos en gramos de las plantas secas para tratamientos con azufre**

Tratamientos	R e p l i c a c i o n e s			Total
	1	2	3	
Testigo	17,0	14,0	33,5	64,5
1er. nivel de azufre	102,0	98,0	72,0	272,0
2do. nivel de azufre	73,0	115,0	130,0	318,0
3er. nivel de azufre	76,0	56,0	78,0	210,0
Total	268,0	283,0	313,5	864,5

Tabulados como se vé en la tabla IV se procedió a hacer el análisis de la variancia.

Según el análisis de la variancia los tratamientos difieren significativamente entre sí. Para compararlos se calculó la diferencia mínima significativa:

Diferencia mínima significativa = 122,8 grs.

De la comparación deducimos que hay una gran conveniencia al adicionar cualquiera de los tratamientos, respecto al testigo, pero los tratamientos entre sí no alcanzan a tener la diferencia mínima significativa.

— TABLA V —

**Pesos en grs. de las plantas secas para tratamientos con yeso**

Tratamientos	R e p l i c a c i o n e s			Total
	1	2	3	
Testigo	17,0	14,0	33,5	64,5
1er. nivel de yeso	119,0	119,0	86,0	324,0
2do. nivel de yeso	85,0	89,0	79,0	253,0
3er. nivel de yeso	157,5	110,0	131,5	399,0
Total	378,5	332,0	330,0	1.040,50

Según el análisis de la variancia, entre los tratamientos hay diferencias altamente significativas.

Diferencia mínima significativa = 102,53 grs.

De la comparación podemos deducir que cualquiera de las aplicaciones de yeso da mucho mejor resultado que el testigo. Los resultados del tercer experimento aparecen en la tabla VI.

— TABLA VI —

**Pesos de las plantas secas en grs.  
para tratamientos de azufre y yeso combinados con lixiviación**

Tratamientos	Replicaciones			Total
	1	2	3	
Testigo	17,0	14,0	33,5	64,5
Lixiviación	60,0	85,0	77,0	222,0
2do. nivel de azufre	73,0	115,0	130,0	318,0
Lix.- 2do. nivel de azufre	68,5	122,5	122,0	313,0
2do. nivel de yeso	85,0	89,0	79,0	253,0
Lix.- 2do. nivel de yeso	46,0	60,5	101,0	207,5
Total	349,5	486,0	542,5	1.378,0

Según el análisis de la variancia, hay una alta significancia para los tratamientos pero se deduce también que las replicaciones tienen significancia. Para explicar esto hay que examinar la tabla VI. En ella tomamos por ejemplo el tratamiento lixiviación y 2do. nivel de azufre, y vemos que en la primera replicación dió 68,5 y en la tercera 122,0, y observamos claramente una diferencia de casi 50%, cuyo motivo estudiamos en el capítulo: Discusión de los resultados.

#### IV. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

##### A) Para azufre:

Cualquiera de las dosis es significativamente mejor que el testigo.

Las tres dosis no son significativamente diferentes entre sí, pero como la primera es de 500 kilos por hectárea y desde luego la más barata; es económicamente la mejor.

##### B) Para yeso:

Las tres dosis son significativamente mejores que el testigo y por tanto, es conveniente el uso de yeso.

##### C) Para tratamientos combinados:

Para estudiar los efectos combinados de los tratamientos de azufre y yeso en su segundo nivel con lixiviación elaboramos la tabla VI, la cual dá los pesos de cosecha y por los cuales se proce-

dió al análisis de la variancia. En esta observamos que los tratamientos son altamente significativos, es decir, que son convenientes al suelo, pero en esta misma tabla advertimos que hay significación en las replicaciones, lo cual nos impide ver claramente sus resultados, que trataré de explicar.

El suelo usado para este estudio, como se dijo anteriormente, es pesado. Por tanto la percolación fue muy lenta y desde luego el exceso de agua usado para disolver las sales permanecía mucho tiempo en la superficie, impidiendo la circulación del aire y en consecuencia perjudicándose las plantas, por la intensa humedad. Entonces dedujimos que debían hacerse drenajes buenos y procedimos a ello. Algunos dieron muy buen resultado, pero otros como se ve en la tabla VI para la tercera replicación del tratamiento lixiviación más segundo nivel de azufre que pesó 122,0, a cambio de la primera replicación de este mismo tratamiento, que pesó 68,5 por no haber funcionado los drenajes. Por esto se explica esa diferencia entre las replicaciones, que parece lógica puesto que en realidad así sucedió.

## V. CONCLUSIONES

Como conclusiones del presente trabajo podemos deducir que con el objeto de parar el daño causado por la acumulación de sales, son altamente provechosos los tratamientos dados al suelo con azufre, yeso y tratamientos combinados con lixiviación. El azufre demuestra ser realmente benéfico comparado con el testigo, pero entre las diferentes dosis no advertimos ventaja de uno sobre otro, por tanto, el más económico sería el primer nivel de 500 kilos por hectárea.

El yeso en una dosis de 1.000 kilos por hectárea tiene un efecto muy conveniente complementando el tratamiento con riego, para la lixiviación de los sulfatos que se formen.

Para aplicación práctica de las anteriores conclusiones debe corroborarse con un manejo adecuado del suelo que consistirá en:

1) Tratar de hacer pasar completamente los álcalis del suelo al subsuelo, a una profundidad mayor que la alcanzada por la zona de raíces de un cultivo, lo cual se logra con buenos drenajes y riegos apropiados.

2) Prevenir que se extienda más la zona del problema y evitar la afloración de nuevo de las sales, manteniéndolas a la profundidad requerida. Para esto no sólo se necesita lo dicho en el punto anterior sobre drenajes y riego sino que hay que interceptar las aguas que vienen de lugares más altos cargadas de sales que facilitan su acumulación después de la evaporación, o hacerla aflorar por capilaridad.

Subsolar a una profundidad conveniente con el fin de romper cualquier capa pesada de suelo o "clay-pan" que impida la lixiviación.

3) Uso racional del suelo con cultivos apropiados para estas condiciones, o el uso de abonos verdes con el fin de adicionar materia orgánica que le imprima más porosidad para facilitar la lixiviación de las sales.

#### VI. RESUMEN

Se estudia las condiciones de un suelo, en cuanto a pH, el cual varía de 8,5 a 8,8 y conductividad eléctrica, la cual es de  $208 \times 10^{-5}$  ohms, y que comparada con límites hallados para un experimento con soya, (*Glycine soja*) nos dá que en tal suelo se afecta el crecimiento y desarrollo en general. Luego se analiza carbonatos, cloruros y sulfatos, predominando los carbonatos, especialmente de Ca y Na.

Se hacen tres experimentos en el invernadero adicionando tres niveles de azufre así: 500, 1.000 y 2.000 kilos por hectárea; tres niveles de yeso: 1000, 2000 y 4000 kilos por hectárea; y riegos continuos y en exceso para lixiviar las sales.

Se obtuvo en tratamientos con azufre un rendimiento económico mejor con el primer nivel de azufre y con yeso una adición de 1000 k/h. es de efecto bastante satisfactorio, aunque se puede utilizar en un nivel más alto para que ayudado por la lixiviación debida a un buen drenaje dé resultados más rápidos.

#### VII. SUMMARY

A study is made of the conditions of one soil whose pH is 8,5 to 8,8 and its electrical conductivity is of the order of  $208 \times 10^{-5}$  mhos. In a limited experimental comparison with soybeans (*Glycine soja*) it was shown that the growth and development were affected in a general way by such soil. Then the carbonates, chlorides, and sulfates, the carbonates predominating, were specifically for calcium and sodium.

In a greenhouse experiment three levels of sulphur additions (500, 1000 and 2000 kilograms per hectare); Three levels of gypsum additions (1000, 2000 and 4000 kilograms per hectare); and continuous irrigation in excess (to leach the salts) were the treatments used.

In the sulphur treatments, a more economical yield was obtained with the first level. The addition of 1000 kilograms of gypsum per hectare had a quite satisfactory effect although to give quicker results this material could be used at a higher level with the aid of leaching realized through good drainage.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- 1.—**Arany, A.**— The possibilities of improving the hungarian Sisk soils. *Boden, Pflanzenernahr.* **29**: 50-74. 1950.
- 2.—**Atkinson, H. J., Bishop, R. F. and Leahey, A.**— Studies of the salt river plains in northwestern Canadá. *Sci Agric. Ottawa* **30** (1): 30-37. 1950.
- 3.—**Axtell, J. D. and Doncen, L. D.**— The use of gypsum in irrigation water.
- 4.—**Bower, C. A. Reitemer, R. F. and Fireman, M.**— Exchange able cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Sci.* **74** (4): 251-261. 1951.
- 5.—**DeSigmond, A. A. de J.**— The principles of soils science p. 255-260. London. Thomas Murby, 1938.
- 6.—**Dunkle, E. C. and Merkle, F. C.**— The conductivity of soil extracts in relation to germination and growth of certain plants. *Soil Sci. Soc. of Amer. Proc.* **8**: 185-188. 1953.
- 7.—**Gustafson, A. F.**— Soils and management. p. 257-265. New York, McGraw-Hill, 1941.
- 8.—**Harmer, M. R. et al.**— Factors affecting crop response to sodium applied as common salt on Michigan muck soil. *Soil Sc.* **76**: 1-19. 1941.
- 9.—**Hayward, H. E.**— The control of salinity. U.S. Department of Agric. Year book p. 546-552. 1943-1947.
- 10.—**Jenny, H.**— Factors of soil formation. p. 52-70. New York McGraw-Hill, 1951.
- 11.—**Keen, B. A.**— The physical properties of the soil. p. 189-202, Longmans, 1931.
- 12.—**Kelly, W. P.**— Alkali soils. p. 3-25. New York, Reinhold, 1951.
- 13.—**Lafaurie, J. V.**— Clasificación y valorización de tierras. p. 19-25. Bogotá, 1945.
- 14.—**Lyon, T. L. and Buckman, H. O.**— Edafología. p. 285-200. Buenos Aires, Acme Agency, 1947.
- 15.—**Merkle, F. C. and Dunkle, E. C.**— Soluble salts content of greenhouse soils as a diagnostic aid. *Jour. Amer. Soc of Agronomy* **36**: 10-19. 1944.

- 16.—**Paterson, D. D.**— Statistical technique in agricultural research. p. 31-70. 1939.
- 17.—**Pipper, C. S.**— Soils and plant analysis. p. 36-45. New York, Interscience Publishers, 1950.
- 18.—**Ramos Núñez, Guillermo.**— Conferencias inéditas de caña. Facultad de Agronomía, Palmira. 1953.
- 19.—**Robinson, G. W.**— Soils. p. 158-170. New York, John Wiley, 1949.
- 20.—**Russel, J. E.**— Condiciones del suelo y crecimiento de las plantas. p. 105-110. Buenos Aires, Edit. Poblet, 1932.
- 21.—**Skerman, P. J.**— The use of vegetation in locating solonetz soils in Queensland Jour. Agri. sci. 5 (1): 17-22. 1948.
- 22.—**Snedecor, G. W.**— Statistical methods. p. 214-220. Iowa State College Press, 1946.
- 23.— **Spurway, C. H.** and **Lawton K.**— Soil testing. Michigan State College. Tech. Bull 132. 37. 1949.
- 24.—**Thorne D. W.** and **Peterson, H. B.**— Irrigated soils, their fertility and management. p. 132. Philadelphia, 1949.
- 25.—**Waksman, S. A.** and **Starkey, R. L.**— Soil and the microbe. p. 141. New York. John Wiley, 1931.