

RECUPERACION DE SUELOS SALINO SODICOS CON LA UTILIZACION DE PIRITA COMO ENMIENDA EN PRUEBAS DE LABORATORIO E INVERNADERO

Juan Bellot M.* Richard Angelo Durán**

* Jefe de Laboratorio ** Tesista de Laboratorio Suelos y Aguas F.A.C. Agronomía-U.M.S.S.

Fac. de Agronomía. Av. Petrolera Km 4 1/2 Casilla 4894 Tel. 237506 FAX: (04-234123)
Cochabamba - Bolivia

RESUMEN

La salinización de los suelos, es uno de los principales problemas que afectan a la agricultura ya que un alto contenido de sales reduce considerablemente el rendimiento de los cultivos.

Los métodos que generalmente se emplean para recuperar suelos salino son enmiendas químicas como azufre, yeso, y en el presente estudio empleo de pirita (Fe S_2), se aprovecho la experiencia efectuada en la India por el P.P.C.L. (PYRITES PHOSPHATES & CHEMICAL LTD.) El trabajo se realizó con pruebas de Laboratorio e invernadero en La Tamborada, Cochabamba, Bolivia, se empleó dosis de 1, 2, 4 y 6 tn/ha de pirita más lavados, se encontró un efecto favorable diferenciado de cada tratamiento frente al testigo.

SUMMARY

SODIUM SALINE RECLAMATION OF SOILS WITH THE USE OF PYRITE LIKE AMENDMENT WITH TESTS OF LABORATORY AND GREENHOUSE

The salinización of the soils, is one of the main problems that affect to the agriculture since a high content of salts it reduces the yield of the cultivations considerably.

The methods that are generally used to recover saline soils are chemical amendments as sulfur, gypsum, and in the study pyrite employment (F S_2), we takes advantage of the experience made in the India by the P.P.C.L. (PYRITES PHOSPHATES & CHEMICAL LTD.) The work was carried out with tests of Laboratory and greenhouse in The Tamborada, Cochabamba, Bolivia, dose of 1, 2, 4 and 6 tn/ha pyrite, was used more laundries, was a different favorable effect of each treatment in front of the without pyrite.

INTRODUCCION

Los suelos salinos se encuentran principalmente en zonas de clima árido y semiárido que tienden a concentrar las sales en los suelos y en el agua superficial, las condiciones de salinidad y de contenido de sodio reducen el valor y la productividad de áreas considerables de tierras en Bolivia, particularmente en Cochabamba, donde se tiene áreas afectadas de salinidad tanto en el Valle alto, Central y Valle bajo.

Al incorporar a un sistema productivo zonas áridas y semiáridas por proyectos de riego, debe comprenderse además de la provisión de agua el control de la salinidad, en suelos salinos que pueden requerir lavado del exceso de sales, y en algunos casos el empleo de mejoradores químicos para fines agrícolas, los suelos salinos representan un problema que requiere la aplicación de medidas especiales y prácticas de manejo.

El propósito de la presente investigación es ampliar la información que sirvió de utilidad para la rehabilitación de suelos salino y sódicos con el empleo de un mejorador químico, en el presente caso pirita, como nueva alternativa para zonas salinas de Bolivia.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS), ubicada en la zona de “La Tamborada” del cantón Itocta, provincia Cercado del departamento de Cochabamba.

El suelo en estudio, se encuentra ubicado en un Valle aluvial, ubicado en una terraza media con una pendiente de 3-5% con microtopografía lisa. Taxonómicamente comprende a: Aquic Haplargids fase salina, suelos escasamente drenados debido a su textura pesada. La superficie se caracteriza por la presencia de muchas afloraciones salinas. La reacción del suelo varía de moderadamente alcalino a fuertemente alcalino, con un total de bases intercambiables alto. El porcentaje de sodio intercambiable varía de extremadamente sódico en la superficie, la materia orgánica y el nitrógeno están en un nivel bajo. (Rocha, 1998).

La caracterización física y química de las muestras de suelo, se efectuó tomando en cuenta los procedimientos y metodología propuestos por el Laboratorio de Salinidad USDA. Se procedió a la toma de muestras de la parcela en estudio, según el método de muestreo al azar, a una profundidad de 20 cm. (capa arable).

Se prepararon 24 macetas con suelo afectado por la salinidad y sodicidad, cada una con 4 kg, por tratamiento que fueron: 1, 2, 4 y 6 tn de pirita/Ha que luego de la incorporación y

saturación con agua en las macetas se instaló en invernadero para el proceso de oxidación, durante un periodo aproximado de 14 días.

Posteriormente se realizó el lavado de los suelos recolectando el agua drenada para su posterior análisis. Terminado el proceso de lavado se realizó el transplante del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) clasificado a la tolerancia por la salinidad como moderadamente susceptible. (Mass y Hoffman, 1977).

El diseño experimental utilizado, fue el de bloques completamente al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSION

La discusión de los resultados del presente trabajo de investigación, tiene las siguientes variables de respuesta:

1. Evaluación Agronómica.
2. Variación del grado de salinidad de los suelos.
3. Análisis económico estimado.

1. Evaluación Agronómica.

El análisis de varianza del cuadro 1, para la variable del porcentaje de materia seca, se establece diferencias altamente significativas por el efecto favorable de la incorporación de piritita y lavado de suelos sobre la concentración de sales.

Cuadro 1. Análisis de varianza del porcentaje de materia seca por efecto la incorporación de piritita en el lavado de suelos salino sódicos.

FV	GL	SC	CM	Significancia
Repeticiones	3	0.32750	0.109166	ns
Tratamientos	5	27.51833	5.503667	**
Error	15	1.802500	0.120166	
Total	23	29.64833		
CV (%)		21.2		

ns =No significativo

** = Altamente significativo al 0.01 de probabilidad

El análisis estadístico establece que con la aplicación de 6 t/ha de piritita, se obtuvo los mayores rendimientos en peso de materia seca (3.05 g.) superior del 13 % con relación al tratamiento (solo lavado, sin piritita) frente al testigo absoluto (sin lavado y sin piritita), donde

no existe producción de materia seca debido a las altas concentraciones de sales y sodio intercambiable, como se observa en la figura 1.

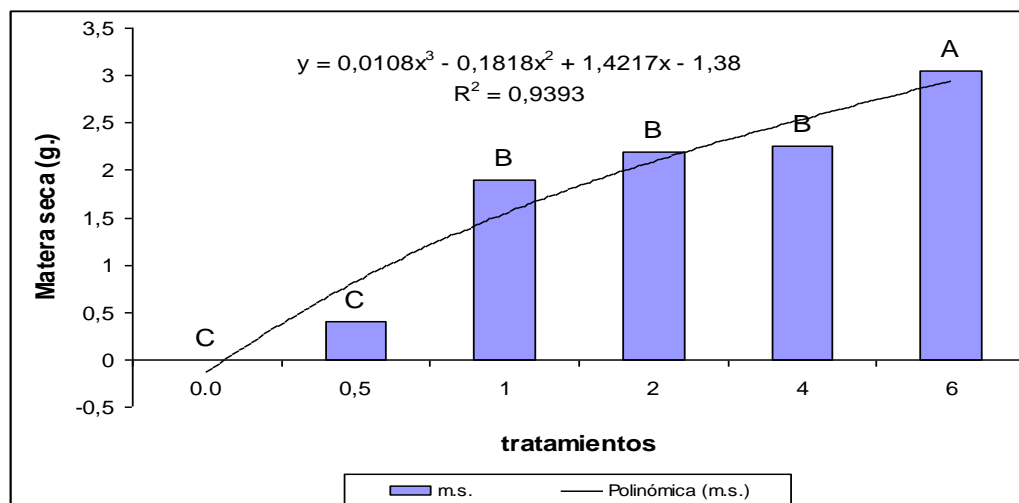


Figura 1. Efecto de los distintos tratamientos de pirita sobre la Materia Seca de Lechuga.

Según los resultados obtenidos, el modelo se ajusta a una ecuación de tercer grado con una alta correlación ($R^2 = 0,93$), que se debe a la relación que existe entre los distintos tratamientos y el peso de materia seca, siendo éstos, de acuerdo a la prueba de Dunnett, estadísticamente superiores con relación al testigo (sin lavado y sin enmienda), donde las plantas no lograron completar su ciclo de producción, llegando por el contrario a perecer a los pocos días después de haber sido transplantadas a las macetas, debido a las altas concentraciones de sales y sodio en el suelo.

2. Variación del grado de salinidad del suelo.

Los resultados obtenidos después de la aplicación de pirita y los lavados respectivos de los suelos salino sódicos de la Tamborada, se resumen en: pH, CE, cationes y aniones solubles y el PSI (Porcentaje de sodio intercambiable), de los cuales los más significativos para estos fines se describen a continuación.

2.1 pH.

El que un suelo sea ácido, neutro o alcalino determina en gran parte la solubilidad de varios compuestos, la unión de los iones en los sitios de intercambio y la actividad de los microorganismos.

El pH de las soluciones del suelo después del tratamiento con pirita, bajó de 8,48 a 7,97 (6 %) en todo el perfil del suelo en promedio. Sin embargo entre tratamientos varían entre

8,26; 8,00; 7,90; y 7,40 para 1,2,4 y 6 tn/ha de pirita respectivamente, y en el testigo que solo se lavo (sin pirita) el promedio es de 8,30 en un reducción del 2,1 % con respecto al testigo absoluto, como se observa en la figura 2.

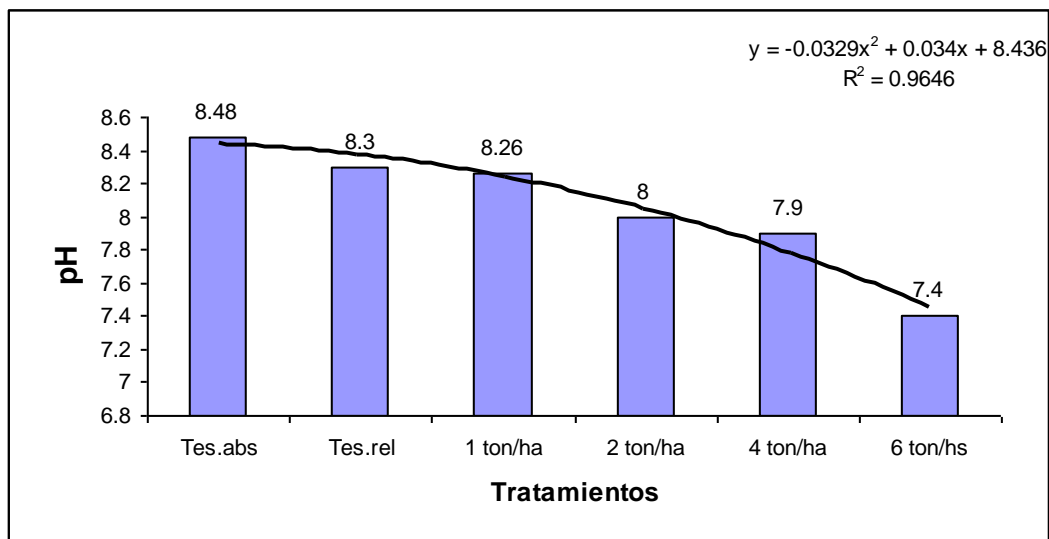


Figura 2. Efecto de la pirita sobre el pH del suelo después de los lavados

El ajuste de los datos mediante la regresión de tercer grado de la figura 2, donde se percibe una notable disminución del pH de acuerdo al nivel de pirita incorporado, como del testigo absoluto (8,48) de fuertemente alcalino en Débilmente alcalino (7,40), según la clasificación del Laboratorio de Suelos y Aguas de la F.C. A y P.

De este ajuste de los datos y de acuerdo a los valores obtenidos de $R^2=0.98$, explican con 98 % que la variación del pH, es explicada por la incorporación de pirita, siendo además el modelo altamente confiable, aseveraciones que son corroboradas por Vasquez y Chang-Navarro (1992).

2.2 Conductividad Eléctrica.

La Conductividad eléctrica de los suelos, disminuyó de 46,8 a 8,47 mmhos/cm, con una reducción del 82 % en todo el perfil del suelo en promedio. Sin embargo la diferencia entre tratamientos se puede observar en la figura 2.

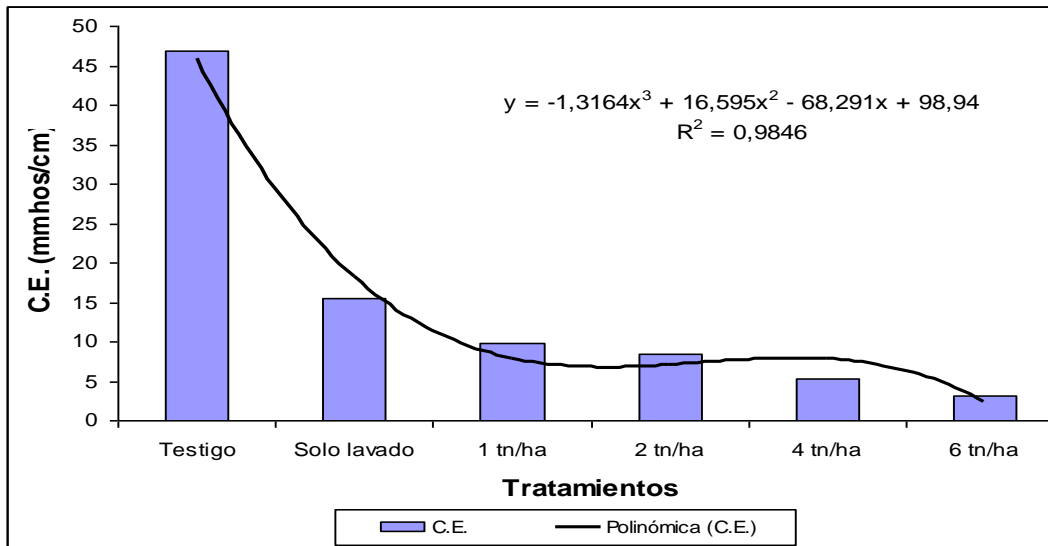


Figura 2. Efecto de la incorporación de pirita sobre la conductividad eléctrica del suelo después de los lavados.

La Conductividad eléctrica entre tratamientos varían, tal como se observa en la figura 2, entre 9,82; 8,50; 5,39 y 3,10 mmhos/cm para 1, 2, 4 y 6 tn/ha de pirita respectivamente, y en el testigo que solo se lavó el promedio es de 15,54 mmhos/cm, de extremadamente salino en el testigo absoluto a fuertemente y ligeramente salino por la aplicación de pirita que lograron reducir significativamente la cantidad de sales en el suelo.

Al respecto, Vasquez y Chang-Navarro (1992), señalan que en forma general por encima de 4 mmhos/cm, se restringe la producción de la mayoría de los cultivos.

Así mismo, el mejor ajuste de los datos se obtuvieron con regresión de tercer grado, para el suelo ($R = 0,98$), siendo el modelo confiable y mediante los resultados de regresión se confirma el hecho de que los niveles más adecuados fueron de 4 y 6 tn/ha de pirita, por el hecho de que la presión osmótica del suelo disminuiría considerablemente, haciendo posible la absorción de nutrientes por las raíces de las plantas en el suelo (Vasquez y Chang-Navarro, 1992).

2.3 P.S.I. (Porcentaje de Sodio Intercambiable)

El efecto de los distintos tratamientos de pirita y análisis del agua drenada después de efectuado los lavados se observa en la figura 3.

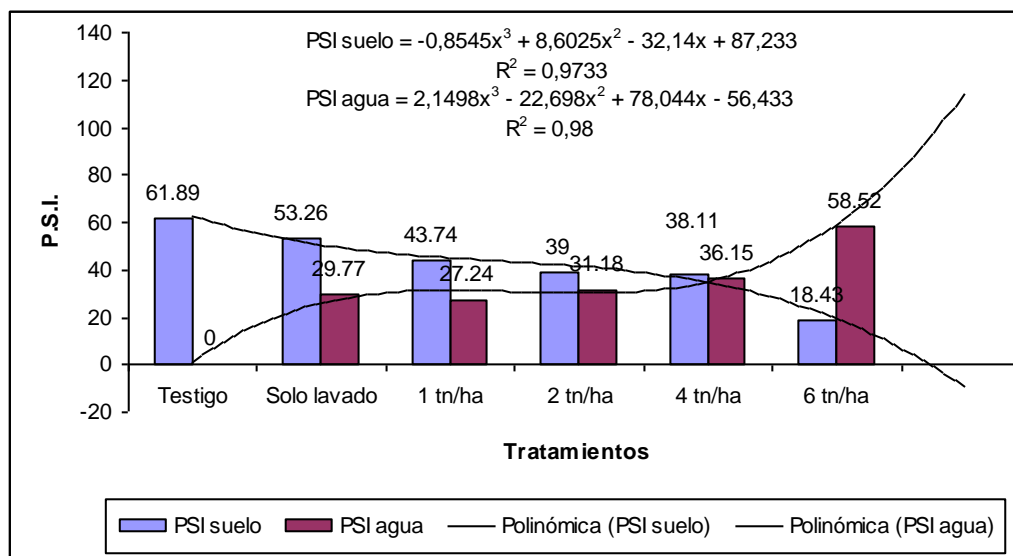


Figura 3. Efecto de la incorporación de pirita sobre el PSI en el suelo y el agua drenada después del lavado.

El PSI de las soluciones del suelo, después del tratamiento con pirita, muestran una correlación alta ($R = 0,97$), que el 97% del sodio eliminado se debe a la relación que existe por cada nivel de pirita incrementado, donde es posible el establecimiento de cultivos que tengan tolerancia al PSI que se considera como moderadamente sódico (15-20%) obtenido con 6 tn/ha de pirita.

Del agua drenada, se logró lixiviar el mayor porcentaje de sodio intercambiable, de acuerdo al modelo de tercer grado ($R = 0,98$), existe una alta correlación por cada nivel de pirita incrementado.

Reducir el PSI, implica un intercambio de sodio y eliminar las sales disueltas por medio de lavados, si se aplican lavados antes de rebajar el PSI, se pasaría de la situación inicial del suelo salino-sódico a la de suelo sódico. (Pizarro, 1987).

El objetivo principal de un programa de recuperación, reside en eliminar los factores limitantes del crecimiento y no alcanzar ciertos niveles de pH. No obstante al existir una relación entre el pH y PSI respecto a la capacidad de intercambio catiónico efectiva, ambos criterios de diagnóstico no resultan contradictorios. (PYRITES PHOSPHATES & CHEMICAL LTD. 1981).

2.3 Cationes y aniones solubles.

De manera general, la cantidad de calcio soluble el suelo presentó un aumento de 2,95 meq/l, a 14,24 meq/l, como promedio con los tratamientos 1, 2, 4 y 6 tn/ha de pirita, lo que explica que por la gran cantidad de agua aplicada, una pequeña parte del calcio intercambiable pasó a la solución del suelo.

Con el magnesio soluble, existió una disminución, solubilizándose dicho ion que se encontraba en forma precipitada por efecto de la aplicación de pirita.

En cambio el sodio soluble, al sufrir un intercambio por el calcio presente en el suelo por la adición de pirita, fue fácilmente lixiviado a través del perfil en forma rápida, de 675 meq/l, hasta 65,7 meq/l, con 6 tn/ha de pirita.

En el caso del potasio soluble, en los suelos tratados con pirita, sufrieron incrementos sustanciales, con respecto al testigo, este dependiendo de las reacciones cationicas divalentes y monovalentes y de la concentración de las soluciones que en un momento determinado se producen en un punto cualquiera.(Montaño, 1981, citado por Vargas, 1995).

Los carbonatos solubles, en el testigo presenta 2,0 meq/l, y con los tratamientos aplicados al suelo, no presenta siquiera trazas, debido a la lixiviación y el intercambio de este ión.

La presencia de bicarbonatos, cloruros y sulfatos, sufrieron reducciones grandes de 5,25; 313,8 y 428,1 meq/l hasta 2,5; 9,0; y 87,7 meq/l, respectivamente con 6 tn/ha de pirita; por lo que es lógico suponer que el principal es la neutralización, la formación y acumulación de sales de calcio y magnesio principalmente como sulfatos y la reducción del pH de las soluciones.(Montaño, 1981, citado por Vargas, 1995).

3. Análisis económico estimado.

Los resultados, se muestran en el cuadro 2

Cuadro 2. Costos fijos y variables de la pirita y su aplicación como alternativa.

	PIRITA (TN/HA)				
	0	1	2	4	6
Costos variables					
Costo pirita (Bs/ha)	0	250	500	750	1000
Acopio (Bs / peón)			40	60	80
Mano de obra (2 peon)	0	50	50	50	50
Transporte (Bs/tn.)	0	150	300	450	550
Molienda (Bs/Tn.)	0	250	500	750	1000
Aplicación pirita (2jor)	0	50	50	50	50
Costos fijos					
Aplicación riego (2 jor)	50	100	150	200	250

Total costos	50	870	1590	2310	2980
--------------	----	-----	------	------	------

En el cuadro 2, no se realizó el balance Beneficio/costo y el análisis marginal por no contar con los respectivos ingresos monetarios, debido a las características del estudio, solo se presentan los más importantes. El costo de la molienda fue cotizado por MAPRIN (Materias Primas Industriales), donde la característica de la molienda puede llegar a variar de acuerdo a la necesidad, de molido fino, muy fino y micronizado.

Considerando las características mencionadas del proceso de recuperación empleando una fuente química disponible como la pirita y de acuerdo a todos los resultados obtenidos, se obtiene una relación proporcional, donde los tratamientos técnica y económicamente favorables, resultan ser con 4 y 6 tn/ha de pirita, cuyos costos fueron de 2310 y 2980 Bs/ha, respectivamente.

CONCLUSIONES

1. Por los resultados obtenidos se determinó que es viable el uso de este corrector como enmienda.
2. La aplicación de pirita en sus distintos tratamientos, se observó un efecto favorable, donde el pH, se cambió de fuertemente alcalino (testigo) a débilmente alcalino, así mismo la concentración de la Conductividad Eléctrica sufrió una reducción considerable, de extremadamente salino a moderadamente salino.
3. Los cationes solubles como el calcio y el potasio, fueron liberados por el intercambio del sodio en la solución del suelo, especialmente el calcio.
4. En lo que se refiere al magnesio soluble, sus concentraciones se redujeron a niveles satisfactorios para las plantas. Mientras la concentración de sodio soluble, también disminuyó a sus valores más inferiores por la aplicación de la pirita.
5. La concentración de bicarbonatos, cloruros y sulfatos, sufrieron reducciones significativas a los niveles de pirita incorporado.
6. El peso e Materia Seca obtenidos a la aplicación de cuatro niveles de pirita, tuvo sus mejores resultados respecto al suelo solamente lavado y al testigo absoluto en el que no se registró biomasa alguna.
7. El análisis del costo estimado, muestra que el tratamiento 6 tn/ha reportó el costo más alto, pero el tratamiento de 4 tn/ha podría recomendarse técnica y económicamente favorables.

BIBLIOGRAFIA

- Aceves, E. (1981), El ensalitramiento de los suelos bajo riego. Colegio de Post-grado, Chapingo, México. 382 p.
- Aguilar, Etchevers J, Castellanos J. (1962), Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo.
A.I.D. Suelos Salinos y Sódicos.
- Hulburt, D. (1980). Manual de mineralogía. Ed. Reverte S.A. Barcelona, España p.261-264.
- PYRITES PHOSPHATES & CHEMICAL LTD. (1981). Pyrite in the reclamation of alkali soil. Ministerio de Agricultura de la India. New Delhi, India. 36 p.
- Pizarro, F. (1987). Riego localizado de alta frecuencia. Ed Mundi Prensa. Barcelona, España, p. 30-80.
- Rocha, L.R. (1998). Evaluación de aptitud agrícola en las tierras de la Tamborada para diferentes tipos de utilización de tierras. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas" U.M.S.S. Cochabamba, Bolivia. 156 p.
- Salamanca, S.R. (1992). Suelos y fertilizantes. Ed. USTA. Bogotá, Colombia.
- Vargas, S.W. (1995). Recuperación de suelos salino y/o sódicos en la localidad de Chirusi, Provincia Punata. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas" U.M.S.S. Cochabamba, Bolivia. 102 p.
- Vasquez, V.A- Chang-Navarro,L. (1992). El Riego: Principios básicos. Tomo II. Universidad Agrícola La Molina. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Centro Nacional de Riegos. La Molina, Perú.

RECUPERACION DE SUELOS SALINO SODICOS CON LA UTILIZACION DE PIRITA COMO ENMIENDA EN PRUEBAS DE LABORATORIO E INVERNADERO

Juan Bellot M.* Richard Angelo Durán **

* Jefe de Laboratorio ** Tesista de Laboratorio Suelos y Aguas F.A.C. Agronomía-U.M.S.S.

Dirección: Fac. de Agronomía. Av. Petrolera Km 4 ^{1/2} Casilla 4894 Tel. 237506 FAX: (04-234123) Cochabamba - Bolivia

La salinización de los suelos, es uno de los principales problemas que afectan a la agricultura ya que un alto contenido de sales reduce considerablemente el rendimiento de los cultivos.

Los métodos que generalmente se emplean para recuperar suelos salino son enmiendas químicas como azufre, yeso, y en el presente estudio empleo de pirita (Fe S_2), se aprovecho la experiencia efectuada en la India por el P.P.C.L. (PYRITES PHOSPHATES & CHEMICAL LTD.) El trabajo se realizó con pruebas de Laboratorio e invernadero en La Tamborada, Cochabamba, Bolivia.

Los ensayos se diseñaron en bloques al azar, con 4 tratamientos y un testigo, se empleó dosis de 1, 2, 4 y 6 tn/ha de pirita más lavados.

Se logró disminuir el pH, de fuertemente alcalino (8,48) a débilmente alcalino (7,40); la C.E. de extremadamente salino (46,80 mmhos/cm) a ligeramente salino (3,10 mmhos/cm) y el P.S.I. de un 62 % a 18 % con la aplicación de 6 tn/ha de pirita respectivamente. Económicamente los tratamientos con 4 y 6 tn/ha de pirita podrían considerarse factibles por todas las características evaluadas favoreciendo la producción de Biomasa.

