

**LA SORCION DEL FOSFORO EN PRESENCIA DE CARBONATO,
BICARBONATO Y CLORURO AÑADIDOS A SUELOS CANARIOS**

Por

J. BAEZ, J. M. HERNANDEZ MORENO, BENIGNA ELEIZALDE y
M. FERNANDEZ



PUBLICADO EN
ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA
TOMO XLIV NUMS. 5-6 - MADRID, 1985

**LA SORCION DEL FOSFORO EN PRESENCIA DE CARBONATO,
BICARBONATO Y CLORURO AÑADIDOS A SUELOS CANARIOS**

Por

J. BAEZ, J. M. HERNANDEZ MORENO*, BENIGNA ELEIZALDE y
M. FERNANDEZ.

Centro de Edafología y Biología Aplicada de Tenerife C. S. I. C. y * Dpto de
Edafología, Facultad de Biológicas Universidad de La Laguna Tenerife (España).

SUMMARY

**PHOSPHORUS SORPTION IN THE PRESENCE OF CARBONATE,
BICARBONATE AND CLORURE ADDED TO CANARY SOILS**

Phosphorus sorption in the presence of carbonate or bicarbonate or chloride was studied in some soils of Tenerife.

The carbonate, bicarbonate and chloride anions were previously added to the soils at the 250, 500 and 1000 ppm levels, leaving them to react during 15 days at field capacity.

After this time, solutions of phosphorous ranging from 0 to 1000 or 2000 ppm P as calcium disphosphate were added to the soil samples and shaken for 24 hours. After filtering the soil suspensions, pH and phosphorous in the extract were measured.

The P sorption curves differ widely as well as K1 and K2 values and percentage of efficiency depending upon the soil.

So the carbonate reduces the phosphorus retention 15 to 37%, 5 to 15%, 42 to 50% and 42 to 45% in the andosol, alfisol, brown soils respectively. Bicarbonate it does from 30 to 42%, 12 to 20%, 25 to 35% and 31 to 33% and chloride only influences on the P sorption of Brown soil (40 to 57%) decreased.

INTRODUCCION

Los suelos del Archipiélago Canario, están constituidos por una gama variable de compuestos (Fernández Caldas et al 1974) que influyen sobre la retención de aniones, dando valores comprendidos entre 300 a 3000 ppm para el fósforo (Baez et al 1985 b).

Esto unido a los valores altos de constante de unión entre P-suelo, puede producir situaciones críticas en el suministro de este nutriente a los cultivos que se desarrollen en estos suelos.

Tengase presente que la agricultura en las islas canarias es intensiva, bien sea en la de secano con los cultivos de viñedo, patatas y forrajeras como aquella desarrollada en sorribas (con transporte de suelo de una cantera o lugar a otro de la isla donde se construye bancadas o rellena) para cultivos semi-tropicales como bananas, aguacate, piña y ornamenta-

les, donde el pH del medio junto con los niveles de nutrientes en el suelo, son determinantes del desarrollo idoneo de estas plantas.

Poco a poco en los últimos años, se está introduciendo en Tenerife el uso de encalantes con la finalidad de influir sobre el pH del suelo, así como para paliar el efecto perjudicial sobre suelo o planta, de las aguas ricas en cloruros usadas con bastante frecuencia en el riego de los cultivos del sur de la isla.

Hasta el momento presente apenas se tiene información sobre como puede actuar el fósforo en las condiciones antes mencionadas, y es por tanto objetivo fundamental de este estudio conocer como será la sorción de fósforo en presencia de carbonato, bicarbonato o cloruro.

MATERIAL Y METODOS

Los suelos elegidos para este estudio son cuatro: pardo de la Esperanza, pardo-ferralsáltico de llanadas, andosol de Aceviños (ambos de Los Realejos) y ferralítico de Erjos. Las propiedades fisico-químicas de los mismos pueden verse en (Baez et al 1985 a).

Se usaron soluciones de los aniones CO_3^{2-} , Cl^- y HCO_3^- de 1000, 1250 y 1500 ppm a partir de las sales sódicas correspondientes.

La técnica empleada se resume como sigue: a 5 g de suelo se le añade 2 ml de las soluciones aniónicas, agitándose a mano para homogeneizar la mezcla bien. A los 15 días de reposo, tiempo suficiente para alcanzar el equilibrio, se agitan con 50 ml de soluciones de fósforo durante 24 horas. Las concentraciones de fósforo, van de 0 a 2000 ppm de P como fosfato monocálcico. Se filtra la suspensión de suelo y se analiza el fósforo en el extracto por el método del ácido ascórbico (Watanabe y Olsen 1965).

RESULTADOS

Curvas de retención de fósforo

En las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6, pueden verse las curvas de sorción de fósforo en presencia de carbonato, bicarbonato y cloruro para los suelos en estudio.

En el suelo andosol de Aceviños, tanto para el tratamiento de carbonato como para el bicarbonato independientemente del nivel de anión usado, la curva de retención de P del testigo es superior a las de los tratamientos aniónicos (Figs 1A y 3A). Aunque existen divergencias entre las curvas de los tratamientos, si las muestras de suelo han sido incubadas con carbonato o bicarbonato. Siendo en estos casos directamente o inversamente proporcional la retención de P al nivel de anión usado respectivamente.

En presencia de cloruro, la sorción de este suelo andosol (Fig 5) es similar para el testigo que para los tratamientos.

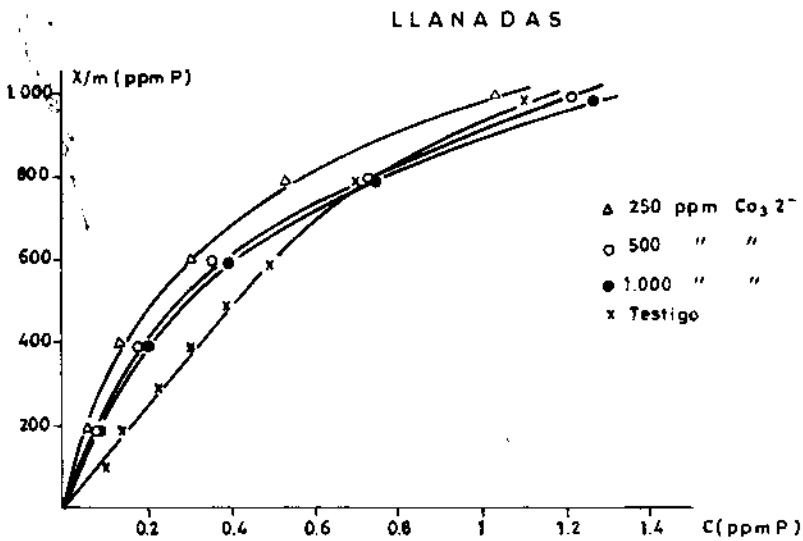
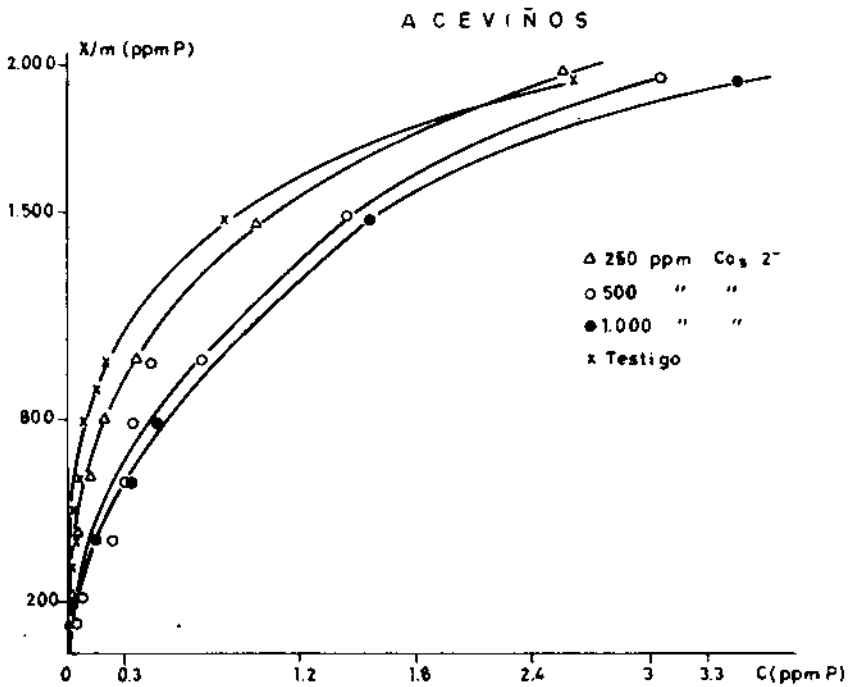


FIG. 1.—Influencia de la concentración de Carbonato sobre la retención de fósforo en suelo Andosol y pardo-ferralsáltico.

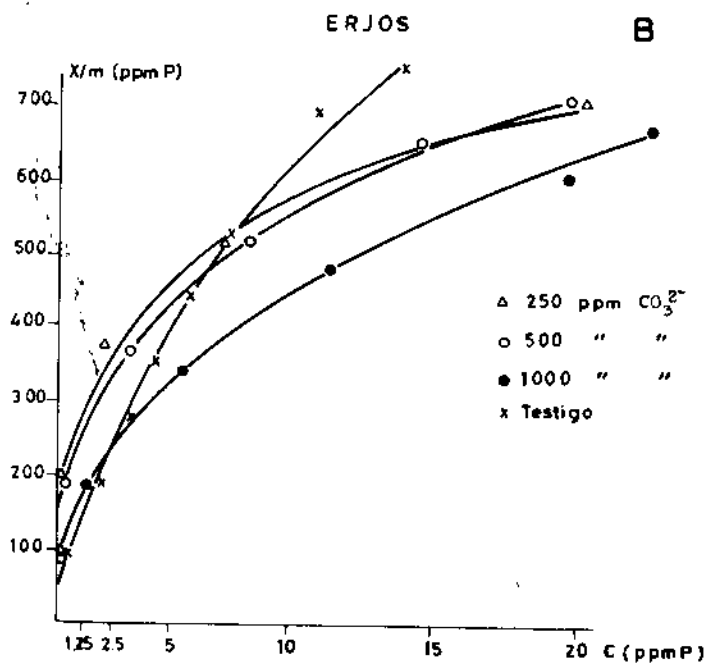
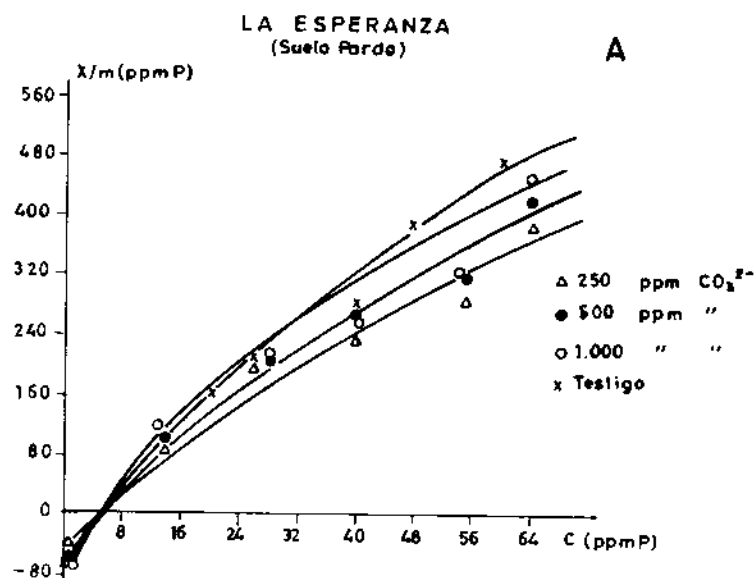


FIG. 2.—Influencia de la concentración de carbonato sobre la retención de fósforo en suelo pardo de La Esperanza y ferráltico de Erjos.

Un comportamiento inverso al ya descrito para el andosol, se presenta en el suelo pardo-ferralsítico de Llanadas, donde la curva de retención de fósforo del testigo es inferior a las de las muestras de este suelo tratadas con carbonato y bicarbonato (Figs 1B y 3B). También se observa que existen diferencias entre las curvas de sorción de P para estos tratamientos y que son inversamente proporcionales en cuantía P sorbido al nivel de carbonato o bicarbonato añadido. Aunque tienden a confundirse en el caso del anión cloruro.

El suelo pardo de La Esperanza, en presencia de los aniones carbonato, bicarbonato y cloruro (Figs 2A, 4A y 6) presentan curvas de retención de P del testigo que se intercala por debajo de las correspondientes a las muestras tratadas con estos aniones a los niveles bajos de P aplicado, para posteriormente remontarlas a concentraciones altas de P aplicado.

Para el tratamiento con anión bicarbonato apenas existen (Fig 4A) divergencias entre las curvas de sorción de P para el testigo y tratamiento, sólo comienza a detectarse a 30 ppm de p en la solución de equilibrio, una ligera diferenciación entre ellas.

En tanto que para los tratamientos con carbonato o cloruro, existen ya tendencias bien definidas para las curvas de retención de P a las distintas concentraciones de anión (Fig 2A y 6) que indican relaciones directamente o inversamente proporcional de P sorbido según sea la naturaleza del anión previamente añadido al suelo.

El suelo ferralítico de Erjos exhibe diferencias en las curvas de retención de fósforo entre el testigo y tratamientos aniónicos (Figs 2B y 4B), indicando que a concentración más alta de carbonato o bicarbonato añadido se logra una sorción más baja de P. Retención que apenas se ve alterada por la aplicación de cloruros a este suelo (Fig 6).

Influencia de aniones sobre la retención de fósforo

A través de uso de la ecuación de Shapiro y Fried (1959) se podrá saber cómo es la magnitud de la sorción máxima y constante de unión en presencia de estos aniones. Estos valores están incluidos en las Tablas I, II y III.

La influencia de la concentración de carbonato añadido a estos suelos puede verse en la Tabla I. Se encuentra que se sigue produciendo la retención de P en los lugares de sorción que tienen estos suelos (Baez et al 1985 b), aunque lógicamente las cantidades sorbidas disminuyen ligeramente, medianamente y drásticamente según se trate de un andosol y pardo-ferralsítico, pardo y, ferralítico de Erjos (Tabla I) si se las compara con aquellas del testigo (Baez et al 1985 b). Sin embargo estas disminuciones tienden a mantenerse de manera similar para los distintos niveles de CO_3^{2-} añadido, lo que origina valores próximos de K1 para cada suelo a los distintos niveles de carbonato añadido.

Sólo el valor de la constante de unión (K2) entre el fósforo y el suelo de Erjos, se ve afectada por la concentración del carbonato añadido,

TABLA I

Influencia de la concentración del carbonato sobre los valores de adsorción máxima (k_1) y constante de unión (k_2) en los lugares de adsorción.

Localidad	pH en KCl	%	arcilla	en oxalato ácido		lugares de adsorción				K ₁ total (ppm P)	%
				% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	I		II			
						K ₁ (ppm)	K ₂ (ml/g)	K ₁ (ppm)	K ₂ (ml/g)		
250 ppm											
Aceviños	3,5	26,24	8,06	1,97	1000	7,84	800	1,85	1800	15	
Llanadas	3,9	50,24	5,69	2,68	1105	3,91	310	2,42	1415	15	
La Esperanza	6,7	38,24	1,44	2,06	500	0,04	—	—	500	54	
Erjos	4,7	30,24	0,67	1,39	410	6,72	370	0,36	780	45	
500 ppm											
Aceviños	3,5	26,24	8,06	1,97	820	6,04	700	0,29	1520	37	
Llanadas	3,9	50,24	5,69	2,68	1252	2,48	219	2,21	1471	11	
La Esperanza	6,7	38,24	1,44	2,06	630	0,03	—	—	630	42	
Erjos	4,7	30,24	0,67	1,39	390	5,18	435	0,60	825	45	
1000 ppm											
Aceviños	3,5	26,24	8,06	1,97	800	10,40	800	1,02	1600	23	
Llanadas	3,9	50,24	5,69	2,68	1200	3,47	371	1,87	1571	5	
La Esperanza	6,7	38,24	1,44	2,06	670	0,05	—	—	670	50	
Erjos	4,7	30,24	0,67	1,39	525	0,10	300	0,10	825	42	

TABLA II

Influencia de la concentración del bicarbonato sobre los valores de adsorción máxima (K_1) y constante de unión (K_2) en los lugares de adsorción

Localidad	pH en KCl	% arcilla	en oxalato ácido		lugares de adsorción				K ₁ total (ppm P)	%
			% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	I		II			
					K ₁ (ppm)	K ₂ (ml/g)	K ₁ (ppm)	K ₂ (ml/g)		
250 ppm										
Aceviños	3,5	26,24	8,06	1,97	1400	5,60	—	—	1400	42
Llanadas	3,9	50,24	5,69	2,68	1320	3,54	—	—	1320	20
La Esperanza	6,7	38,24	1,44	2,06	720	0,01	—	—	720	36
Erjos	4,7	30,24	0,67	1,39	580	0,90	—	—	170	31
500 ppm										
Aceviños	3,5	26,24	8,06	1,97	700	20,00	1000	5,10	1700	30
Llanadas	3,9	50,24	5,69	2,68	1370	2,94	—	—	1370	17
La Esperanza	6,7	38,24	1,44	2,06	800	0,01	—	—	800	28
Erjos	4,7	30,24	0,67	1,39	590	0,75	385	0,02	975	31
1000 ppm										
Aceviños	3,5	26,24	8,06	1,97	750	29,40	950	4,19	1700	30
Llanadas	3,9	50,24	5,69	2,68	1250	3,64	200	—	1470	12
La Esperanza	6,7	38,24	1,44	2,06	820	0,01	—	—	820	25
Erjos	4,7	30,24	0,67	1,39	700	0,48	240	0,12	940	33

TABLA III

Influencia de la concentración de cloruro sobre los valores de adsorción máxima (K_1) y constante de unión (K_2).

Localidad	pH en KCl	% arcilla	en oxalato ácido		lugares de adsorción				K ₁ total (ppm P)	%	
			% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	I		II				
					K ₁ (ppm)	K ₂ (ml/g)	K ₁ (ppm)	K ₂ (ml/g)			
250 ppm											
Aceviños	3,50	26,24	8,06	1,97	1200	35,40	900	3,26	2100	9	
Llanadas	3,90	50,24	5,69	2,68	1300	5,40	880	1,01	2180	9	
La Esperanza	6,70	38,24	1,44	2,06	1300	0,04	—	—	650	40	
Erjos	4,70	30,24	0,67	1,39	605	0,03	891	0,01	1496	14	
500 ppm											
Aceviños	3,50	26,24	8,06	1,97	1200	12,28	800	3,01	2000	11	
Llanadas	3,90	50,24	5,64	2,68	1380	1,92	940	0,81	2320	3	
La Esperanza	6,70	38,24	1,44	2,06	610	0,03	—	—	610	44	
Erjos	4,70	30,24	0,67	1,39	607	0,02	911	0,01	1517	13	
1000 ppm											
Aceviños	3,50	26,24	8,06	1,97	1200	12,28	800	3,01	2000	11	
Llanadas	3,90	50,24	5,69	2,68	1760	1,70	460	1,03	2220	7	
La Esperanza	6,70	38,24	1,44	2,06	460	0,04	—	—	460	57	
Erjos	4,70	30,24	0,67	1,39	602	0,03	937	0,01	1539	12	

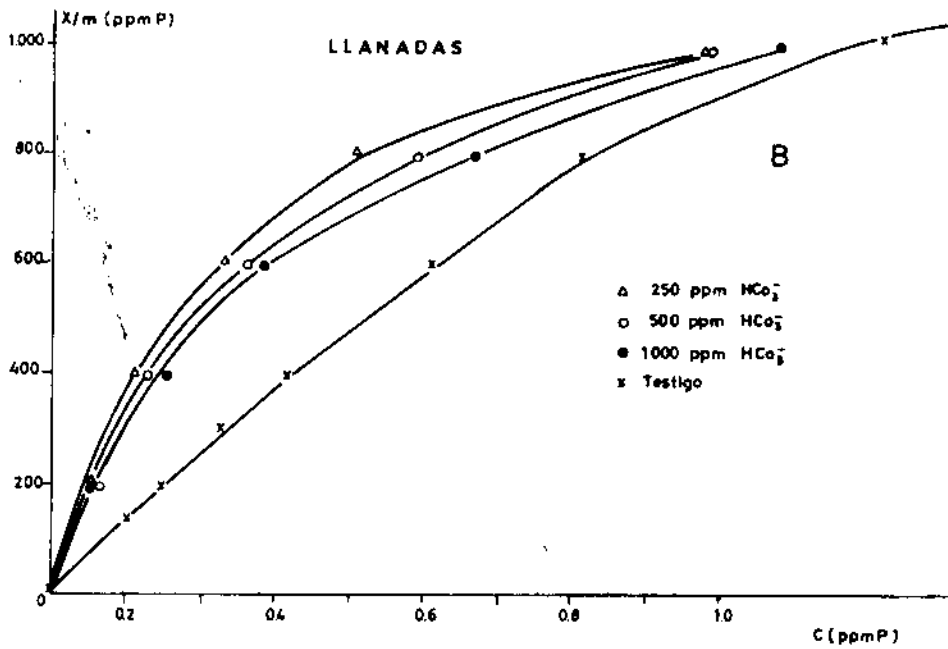
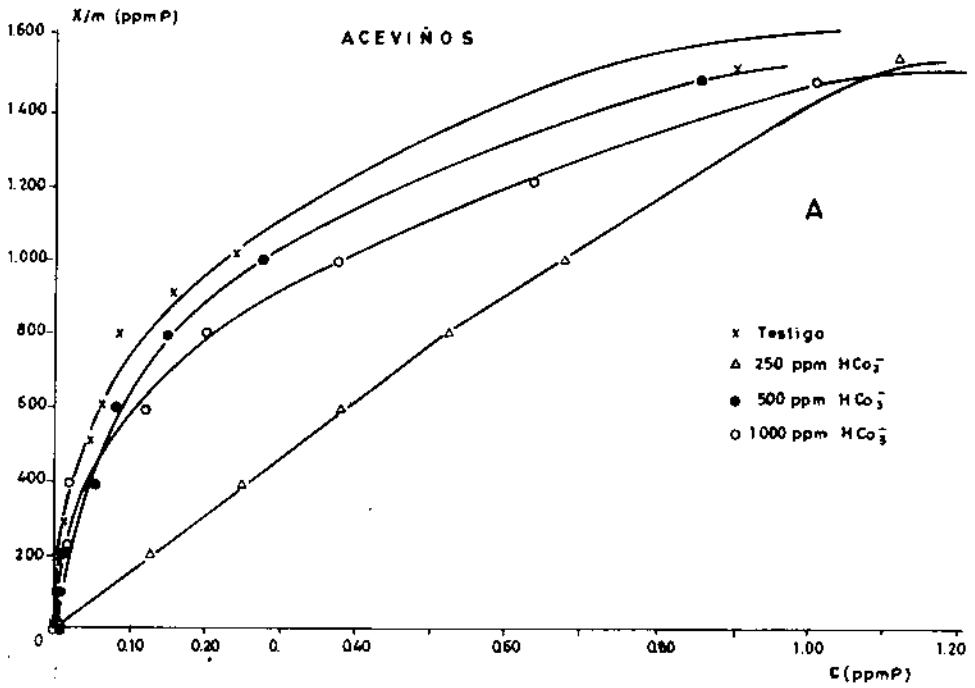


FIG. 3.—Influencia de la concentración de bicarbonato sobre la retención de fósforo en suelos Andosol.

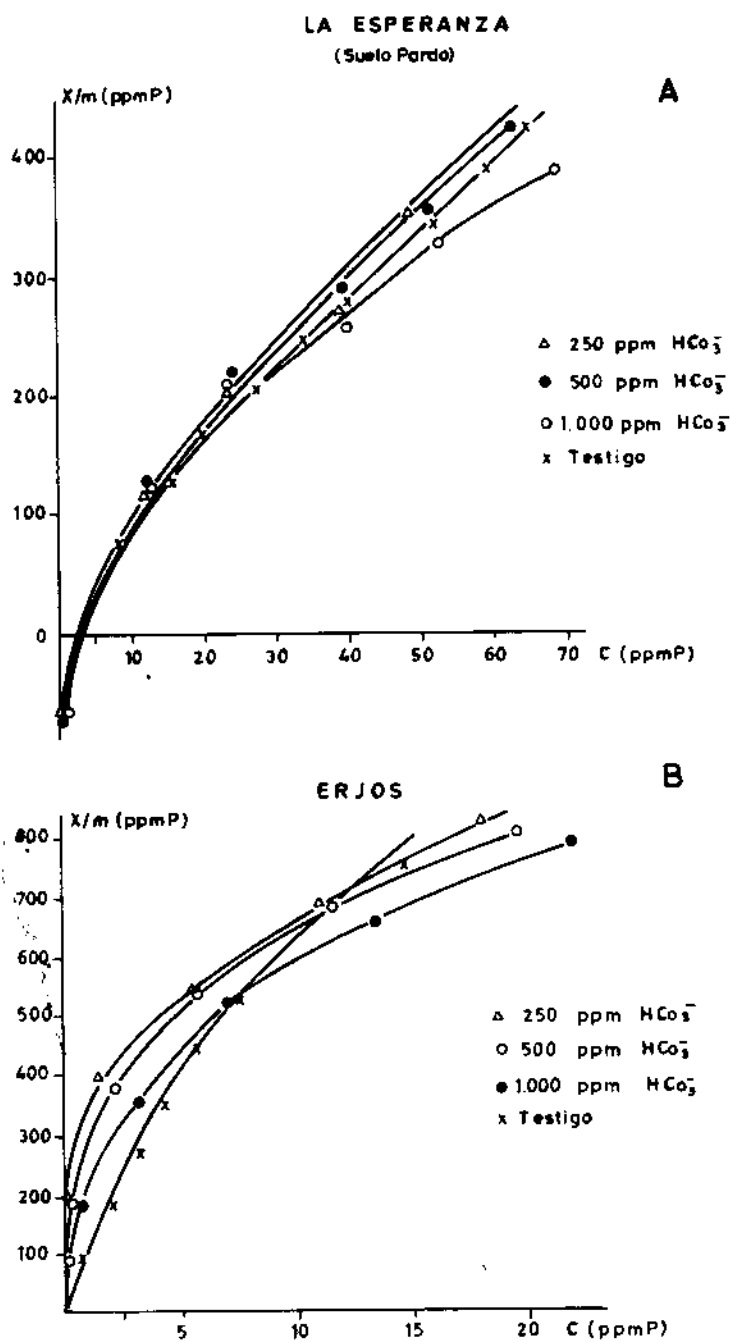
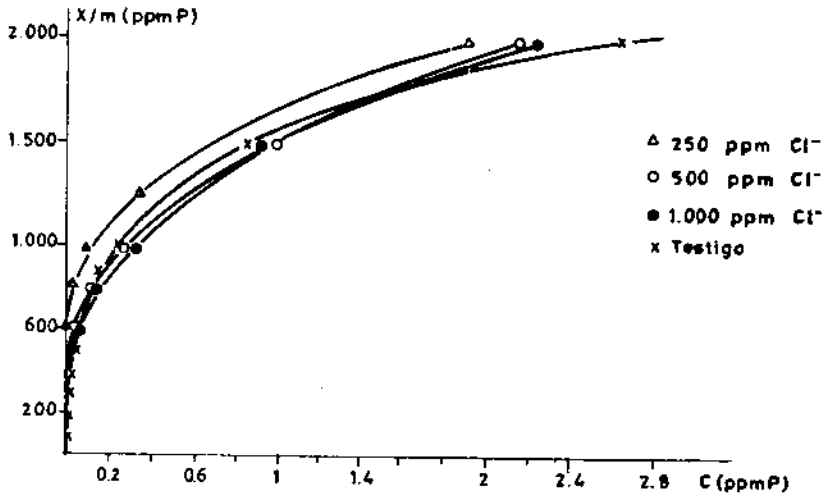


FIG. 4.—Influencia de la concentración de bicarbonato sobre la retención de fósforo en suelos pardo de La Esperanza y ferralítico de Erjos

ACEVIÑOS



LLANADAS

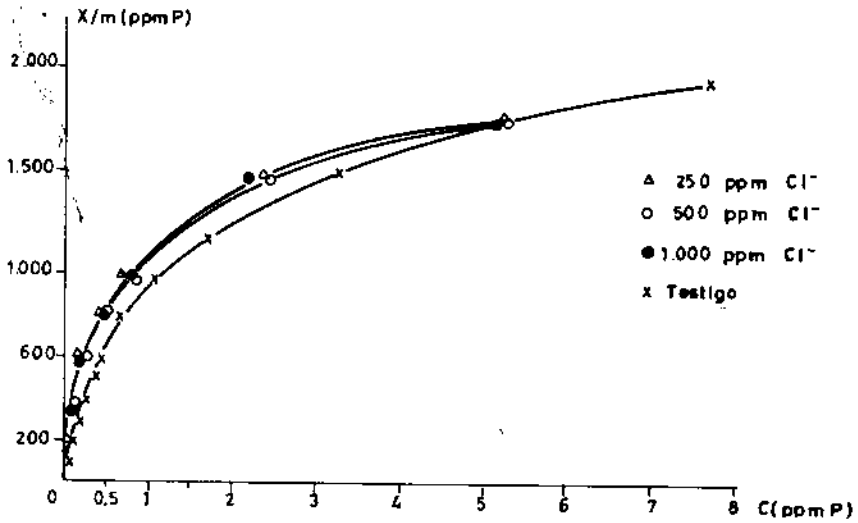


FIG. 5.—Influencia de la concentración de Cl⁻ sobre la retención de fósforo en suelos Andosol y pardo fersialítico.

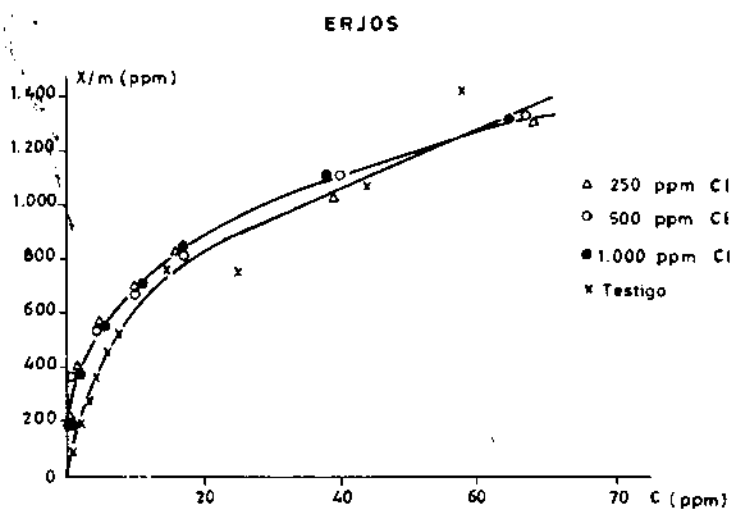
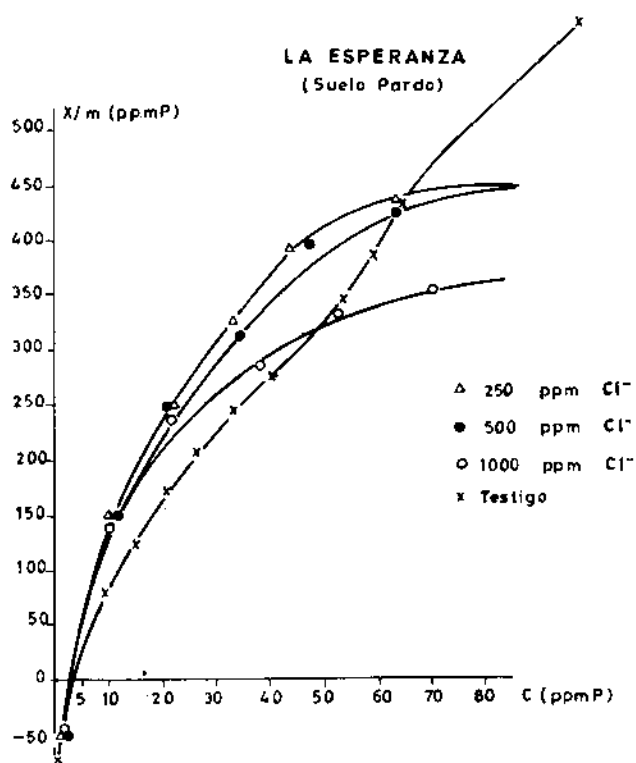


FIG. 6. —Influencia de la concentración de Cl^- sobre la retención de fósforo en suelo pardo y ferruginoso.

que se refleja por el paso de (6,72 a 0,10 en el lugar I y de 0,60 a 0,10 en el lugar II) (Tabla I).

Con respecto a la adición de bicarbonato, se observa que a la concentración más baja (250 ppm), la sorción de P se localiza sólo en el lugar I para todos los suelos (Tabla II) y que al incrementarse a 500 ppm la aplicación de bicarbonato, estas cantidades retenidas se reparten en dos lugares (I y II) para el andosol, aumenta en valor para el ferralítico localizándose también en lugar II.

A 1000 ppm de bicarbonato añadido, el suelo pardo-ferralítico de Llanadas presenta sorción en el lugar II. Sin embargo, en todos los suelos en estudio se logra K1 total similares a los tres niveles de bicarbonato añadido.

De nuevo, el valor de la constante K2 en el suelo ferralítico de Erjos se ve afectado por la concentración de bicarbonato añadido, pasa de 0,90 a 0,48 ml/ug.

Independientemente de la concentración usada de cloruro, la sorción de fósforo en estos suelos se reparte en los lugares de sorción que tienen estos suelos, alcanzándose cantidades casi equitativas para los lugares I y II (Tabla III). El suelo de La Esperanza está afectado por el nivel de cloruro añadido, ya que se reduce la sorción de fósforo (1300 a 460 ppm de P) (Tabla III).

Si se toma en cuenta, el criterio de Debb y Datta (1967) y si se usa el % de eficiencia, se podrá saber con más exactitud la influencia de estos aniones.

El % de eficiencia es como sigue:

$$\% \text{ eficiencia} = \frac{100 (\text{P adsorbido testigo} - \text{P adsorbido en trata aniónico})}{\text{P adsorbido en testigo}}$$

La influencia de estos aniones en reducir la capacidad de retención es como sigue: *Carbonato* (15-37%), (5-15%), (42-50%) y (42-45%); *Bicarbonato* (30-42%), (12-20%), (25-35%) y (31-33%) y *Cloruro* (9-11%), (3-9%), (40-57%) y (12-14%) para los suelos andosol de Aceviños, pardo-ferralítico de Llanadas, pardo de La Esperanza y ferralítico de Erjos respectivamente.

Eficiencias de un 15% o inferiores a este valor dentro del margen del error experimental de laboratorio. De esto se deduce que los aniones carbonato y bicarbonato sólo son efectivos en suelos pardo y el ferralítico.

DISCUSION

Las diferencias en la retención del fósforo en estos suelos, debe atribuirse, como se señala en trabajos anteriores (Eleizalde et al 1985; Baez et al 1985a) a la naturaleza predominantemente ácida de los suelos que permite este tipo de reacciones.

Estos suelos en contacto con soluciones de fosfato monocalcico alcanzan un rango de pH en la solución de (6,5-6,6), (6,4-7,6) y (6,9-7,6), (3,7-6,5) para andosol, pardo-fersialítico y ferralítico respectivamente (Tabla IV).

Al ser tratados estos suelos previamente con un rango de (250 a 1000 ppm) de HCO_3^- o CO_3^{2-} , los pH de las soluciones de equilibrio aumentarán muy ligeramente con respecto al testigo en los suelos andosol, pardo, y pardo fersialítico, siendo más drástico este aumento en suelo ferralítico de Erjos (Tabla IV). Al mismo tiempo, se observa que es en los suelos pardo y en el ferralítico donde se produce la reducción en la sorción, no existen diferencias significativas ni en los rangos de pH ni en la reducción de la retención de P en los tres niveles de carbonato aplicado.

En los suelos de Aceviños y Llanadas, los rangos de pH son muy parecidos al testigo, tanto para el carbonato como para el bicarbonato, la eficiencia en reducir la retención de fósforo es también menor.

Cole y Jackson (1950) señalan que la fijación de fósforo puede decrecer al aumentar el pH, sugiriendo que los OH compiten con los iones H_2PO_4^- por los lugares específicos de adsorción en el complejo coloidal. Lo que se traduce en una neutralización de cargas positivas y una disminución de los lugares vacantes para la adsorción del fósforo.

Por otro lado, López-Hernández y Burham (1974) en un estudio sobre el efecto del pH sobre la adsorción de fosfato, señalan que la alteración en la actividad del aluminio provocada por el aumento del pH, es el factor más importante que puede explicar la disminución en la adsorción de este anión.

TABLA IV

Evaluación en el pH de la solución de equilibrio por la adición de soluciones de bicarbonato, carbonato y cloruro.

Anión y Concentración	SUELOS				
	Andosol	Pardo fersialítico	Pardo	Ferralítico	
Bicarbonato	250	6,00 - 6,70	7,30 - 7,20	7,40 - 7,10	7,80 - 7,20
	500	6,27 - 7,12	7,30 - 7,20	7,40 - 7,40	8,00 - 7,20
	1000	6,07 - 7,08	7,60 - 7,30	7,50 - 7,20	8,00 - 7,70
Carbonato	250	6,50 - 6,50	7,30 - 7,30	7,60 - 7,20	8,30 - 7,60
	500	6,40 - 6,60	7,30 - 7,10	7,80 - 7,60	8,30 - 7,90
	1000	6,50 - 6,80	7,40 - 7,20	7,90 - 7,60	8,60 - 8,20
Cloruro	250	6,10 - 6,80	7,04 - 7,15	7,40 - 7,30	7,80 - 7,70
	500	6,10 - 6,50	6,50 - 6,70	7,50 - 7,40	7,80 - 7,60
	1000	6,20 - 6,38	6,50 - 6,60	7,50 - 7,30	7,00 - 7,70
Testigo		6,60 - 6,50	7,60 - 6,40	7,60 - 6,90	6,50 - 3,70

Para los valores de los suelos de La Esperanza y Erjos, la progresiva disminución en la sorción del fosfato obtenida al aumentar la concentración de CO_3^{2-} o HCO_3^- , puede muy bien deberse a un incremento en la carga negativa sobre los coloides y a la disminución del contenido en Al intercambiable.

Los suelos andosol y pardo fersialítico (con cantidades altas de amorfos de Al y Fe), reaccionan de forma diferente a la adición de carbonato debido a la naturaleza de los constituyentes de Al, que en presencia de estos enmendantes tienden a la formación de polímeros de aluminio, sobre los cuales cabe la posibilidad de una sorción de fosfato como fase aparte. La presencia de MO, puede atenuar algo esta formación debido al bloqueamiento de los lugares de adsorción dependientes del pH (Moshi et al 1974). Esta es una de las razones para que la capacidad de retención de fosfato en el suelo de Aceviños, aumente ligeramente en función de la concentración de carbonato usada. Hechos similares a éstos han sido encontrados por Reeve y Sumner (1970) en oxisoles de Sudáfrica y en constituyentes puros del suelo por Hall y Bakers (1971) Coleman et al (1960) y Frink (1965).

En cuanto a la influencia del anión no específico Cl^- sobre la disminución en la retención de fósforo en el suelo de La Esperanza puede explicarse debido a que las sales neutras aplicadas a suelos o constituyentes de los mismos, pueden afectar al medio tanto a través del anión como del catión acompañante. Así, son conocidos los efectos del calcio sobre la sorción de fósforo, acomplejando los iones fosfato adsorbidos, reduciendo las fuerzas de repulsión entre ellos. Este aspecto no lo tienen el magnesio ni el potasio, y en cuanto al sodio, este produce el efecto contrario al calcio (Helyar et al 1976).

En cuanto al anión, es sobradamente conocido el efecto del cloruro de neutralizar cargas positivas y, posiblemente, en el suelo de La Esperanza se tenga ambas situaciones.

RESUMEN

Se ha estudiado la retención del fósforo en presencia de carbonato, o bicarbonato o cloruro para cuatro suelos de Tenerife: andosol, fersialítico, pardo-fersialítico y pardo.

Previamente se tratan estos suelos con niveles de 250, 500 y 1000 ppm de estos aniones, dejándose que reaccionen durante 15 días a la capacidad de campo.

Transcurrido este tiempo, se agitan durante 24 horas las muestras de suelo con soluciones de fósforo a un rango de (0 a 1000 ó 2000 ppm de P), en forma de fosfato monocálcico, en los extractos se miden el pH y la concentración de P.

Se encuentran comportamientos distintos para las curvas de sorción de fósforo, valores K1 y K2, así como el % de eficiencia según sea el suelo.

La influencia del carbonato en reducir la sorción de P, es de: (15-37%), (5-15%), (42-50%) y (42-45%) para andosol, pardo-ferralsítico, pardo y ferralítico respectivamente. Para el bicarbonato es de: (30-42%), (12-20%), (25-35%) y (31-33%) y en el caso del cloruro sólo influye sobre el suelo pardo de La Esperanza reduciendo (40-57%) su capacidad de retención de P.

RESUMEE

On étudie la retention de phosphore en presence de carbonate, bicarbonate ou de chloride, par un andosol, un ferralitique, un sol brun-ferralsitique et un sol brun de Tenerife.

Le carbonate, bicarbonate et le chloride etaient ajoutés aux sols aux niveaux de 250, 500 et 1000 ppm et etaient laissés reagir pendant 15 jours a la capacite au champ.

Aprés des solutions de phosphore en un ranj des 0 jusqu'a 1000 ou 2000 ppm de P comme phosphate monocalcique etaient ajoutés aux sols et agités pendant 24 heures. Aprés filtration, le pH et le contenu de phosphore etaient mesures.

Les curves de sorption de phosphore, les valeurs de K1 et K2, et porcentaje d'efficacité etaient très diferentes et dependaient de la nature des sols.

Ainsi le carbonate redui la retention de phosphore des (15-37%), (5-15%), (42-45%) dans l'andosol, le sol brun-ferralsitique, le sol brun et le sol ferralitique respectivement; le bicarbonate le fait: (30-42%), (12-20%), (25-35%) et (31-33%) et le chloride redui la retention de phosphore du sol brun (40-47%).

BIBLIOGRAFIA

- BAEZ J., M. FERNANDEZ y BENIGNA ELEIZALDE 1985 (a). Retención del fósforo en suelos canarios en función de la concentración y tiempo de contacto. 1 - a tiempo de equilibrio de 2 horas. *Agrochimica* n° 374 de aceptación.
- BAEZ J., C. E. ALVAREZ, MAGDALENA ALTARES y BENIGNA ELEIZALDE 1985 (b). Retención del fósforo en suelos canarios en función de la concentración y tiempo de contacto. 3 - a tiempo de 24 horas. *Agrochimica* (en prensa).
- COLEMAN N T, THORUP J. T y JACKSON W. A 1960. Solubility equilibrium constant of dihydroxy aluminium dihydrogen phosphate relating to a mechanism of phosphate fixation in soils. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* 15: 84-9.
- COLEMAN N T, THORUP J. T y JACKSON W. A 1960. Phosphate sorption reactions that involve exchangeable Al. *Soil Sci* 90: 1-7.
- DEBB DL y DATT N P 1967. Effect of associating anions on phosphorus retention in soil. II under variable anion concentration. *Plant and Soil* 26 (3): 432-43.
- ELEIZALDE BENIGNA y J. BAEZ 1985. Retención de fósforo en suelos canarios en función de la concentración y tiempo de contacto. 2 - Uso de ecuaciones para determinar la adsorción máxima y constante de unión. *Agrochimica* (en prensa).
- FERNANDEZ CALDAS E, TEJEDOR SALGUEIRO M. J. y QUATIN P 1982. Suelos de regiones volcánicas Tenerife. Colección Viera y Clavijo IV.
- FRINK C. R 1965. Characterization of aluminum interlayers in soil clays. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29: 279-83.
- GEBHARDT H y COLEMAN N T 1974. Anion adsorption by allophanic tropical soils. I. Chloride adsorption, II sulphate adsorption; III Phosphate adsorption. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* 38: 255-65.

- HALL J K y D. E BAKER 1971. Phosphorus fixation by montmorillonite and vermiculite clays as influenced by pH and soluble aluminium. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 876-80.
- HELYAR K R, MUNNS D N y BURAU R G 1976. Adsorption of phosphate by gibbsite. I Effects of neutral chloride salts of calcium, magnesium, sodium and potassium. J of Soil Sci 27: 307-14.
- LOPEZ HERNANDEZ I D y BURHAM C P 1974. The covariance of phosphate sorption with other soil properties in some British and tropical soils. J of Soil Sci 25: 196-206.
- MOSH A O, WILD A y GREENLAND D J 1974. Effect of organic matter on the charge and phosphate adsorption characteristics of Kikuyu red clay from Kenya. Geoderma 11: 275-85.
- REEVE N G y M. E SUMNER 1970. Effects of aluminium toxicity and phosphorus fixation on crop growth on oxisols in Natal. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34: 263-7.
- SHAPIRO R E y FRIED M 1959. Relative release and retentiveness of soil phosphate. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 23: 195-8.
- WATANABE F S y OLSEN S R 1965. Test of an ascorbic acid for determining P in water and NaHO₃ extracts from soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29: 677-8.

Recibido para publicación: 18-VI-85.