

# OBTENCION DE SUPERFOSFATO TRIPLE A PARTIR DE LA ROCA FOSFORICA DE BAYOVAR Y SU MARCACION CON FOSFORO - 32

*Jorge RODRIGUEZ - Manuel CASTRO*

División de Radioisótopos - I.P.E.N. Apartado 1687 - Lima 13 Perú.

## RESUMEN

Considerando que en nuestro país el Superfosfato Triple utilizado es producto de importación y que por otro lado existe disponibilidad de la roca fosfórica de Bayóvar que posee un contenido promedio de 18 % de  $P_2O_5$ , se procedió a efectuar un proceso de enriquecimiento de la misma, para obtener a nivel de laboratorio el Superfosfato Triple con las características que requiere su utilización agrícola. El producto obtenido fue marcado posteriormente con P - 32. Para efectuar las verificaciones del caso se practicaron extracciones de fósforo en forma fraccionada y continua realizándose al mismo tiempo determinaciones colorimétricas por el método del complejo Vanado - Molibdo - Fosfórico.

## ABSTRACT

Taking into account that in our country the Triple Superphosphate Bayóvar with mean content of 18 % of  $P_2O_5$  is available, an enrichment process of Bayóvar Phosphoric rock has been realized in order to obtain, at laboratory, the Triple Superphosphate with the characteristics that it agricultural use requires. Accordingly, the obtained product has been labelled with P - 32. To carry out corresponding verifications phosphore extractions in fractioned and continuous form has been tried, carrying out at the same time colorimetries determinations by Vanadium - Molybdenum - Phosphoric method.

## 1. INTRODUCCION

Los isótopos radiactivos en la actualidad constituyen un eficaz medio de investigación agropecuaria. El fósforo - 32 permite el estudio de importantes problemas del metabolismo animal, de la relación entre la planta y los alimentos del suelo, de los oligoelementos, de los abonos, de la fotosíntesis, del control de plagas y de la mala hierba, proporcionando un

(\*) Presentado en el XIII Congreso Peruano de Química (11 - 16 de Octubre de 1982).

medio inigualable para su estudio en condiciones reales siendo introducido a través de los fertilizantes.

La importancia económica de los fertilizantes fosfatados y la posibilidad de hacer uso de ellos como trazadores y la manipulación relativamente fácil del radioisótopo fósforo - 32, que es rápidamente asimilable a la estructura orgánica de las plantas como componente importante de su edificio molecular, son razones por las que se planteó el presente trabajo cuyo objetivo es marcar el fertilizante conocido comercialmente como "Superfosfato Triple" el cual es obtenido en nuestro laboratorio a partir de la roca fosfórica Bayóvar.

Esta obtención del Superfosfato Triple a partir de la roca fosfórica Bayóvar se ha desarrollado de manera cualicuantitativa para establecer los parámetros óptimos de reacción a nivel de laboratorio a fin de obtener un fertilizante de buena calidad.

El trabajo se ha desarrollado haciendo un análisis de las consideraciones teóricas para la determinación de fósforo en fertilizantes, para la obtención del "Superfosfato Triple" y, por último, para su marcación, medición de radiactividad y control de calidad del producto marcado.

## 2. GENERALIDADES

### 2.1 DEL SUPERFOSFATO TRIPLE

"Superfosfato Triple" es el término empleado para denominar a un producto obtenido por tratamiento de la roca fosfórica con ácido fosfórico. Según la pureza de la roca y la concentración del ácido, el producto generalmente contiene de 40 a 48 % de fósforo expresado como  $P_2O_5$  soluble ó eficiente para las plantas.

El Perú dispone de los ricos yacimientos de fosfatos de Bayóvar. El mineral es esencialmente un fosfato oolítico y es casi único entre los yacimientos del mundo cuya composición corresponde a un Fluorapatito Carbonatado de la fórmula  $Ca_{10}(PO_4)_6(CO_3)F$ , con impurezas constituidas por fragmentos de diatomitas cuarzo, sales solubles de sodio y potasio, yeso y mica entre otros [1].

La naturaleza del mineral de Bayóvar constituye una ventaja en el proceso de tratamiento, pues permite obtener una ley de concentrado, cercana a la comercial, por simples operaciones físicas. Por lo tanto y para efectos del presente trabajo se dispone de una muestra de roca fosfórica concentrada con una Ley de aproximadamente 25 - 30 %  $P_2O_5$  que constituye la materia prima para la obtención del Superfosfato Triple.

La producción del Superfosfato Triple es esencialmente un proceso químico cuyo objetivo principal es que el  $P_2O_5$  se presente en la forma soluble en agua, lo que indicaría que el componente primario es el fosfato monocalcico monohidratado, el cual es obtenido a partir de la fluorapatita de la roca fosfórica y el ácido fosfórico, de acuerdo a la siguiente reacción:



En la práctica, esta relación teórica no se cumple debido a las reacciones secundarias que ocurren en el sistema  $CaO-P_2O_5-H_2O$ , al largo período para obtener el equilibrio y al efecto de las impurezas presentes en la muestra.

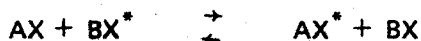
En el Superfosfato se distinguen tres fracciones de fósforo según su solubilidad: (a)

el fósforo del fosfato soluble en agua que corresponde a la forma monocalcica  $(PO_4H_2)Ca$ , (b) el fósforo del fosfato insoluble en agua, pero soluble en solución acuosa de citrato de amonio que corresponde a la forma dicalcica  $(PO_4H)Ca$  y (c) el fósforo del fosfato insoluble en solución de citrato de amonio y que corresponde a la forma tricalcica  $(PO_4)_2Ca_3$ .

La velocidad de reacción entre la roca fosfórica y el ácido fosfórico es dependiente de los siguientes factores: naturaleza de la roca, grado de finura al cual la roca es pulverizada, la concentración del ácido fosfórico, la proporción en que el ácido y la roca se mezclan y así mismo la temperatura, agitación y tiempo de reacción. Estos parámetros se han evaluado cualitativa y cuantitativamente con el objeto de fijar un procedimiento optimizado que permita obtener un producto de buena calidad a nivel de laboratorio.

## 2.2 DE LA MARCACION DEL SUPERFOSFATO TRIPLE

La marcación del Superfosfato Triple se efectúa a través de una reacción de intercambio isotópico. El procedimiento usual es el de incorporar el radioisótopo a uno de los reactantes, mezclarlo con el otro y esperar que el intercambio ocurra; separar los reactantes y medir la distribución de la radiactividad al final de la operación. La formulación usual de una reacción de intercambio es:



donde  $X^*$  es el isótopo radiactivo del átomo X.

La marcación con fósforo-32 del fertilizante se efectúa por autodifusión e intercambio isotópico en suspensión acuosa, desarrollando la reacción en condiciones adecuadas de temperatura y tiempo de intercambio, parámetros que serán analizados más abajo.

## 3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

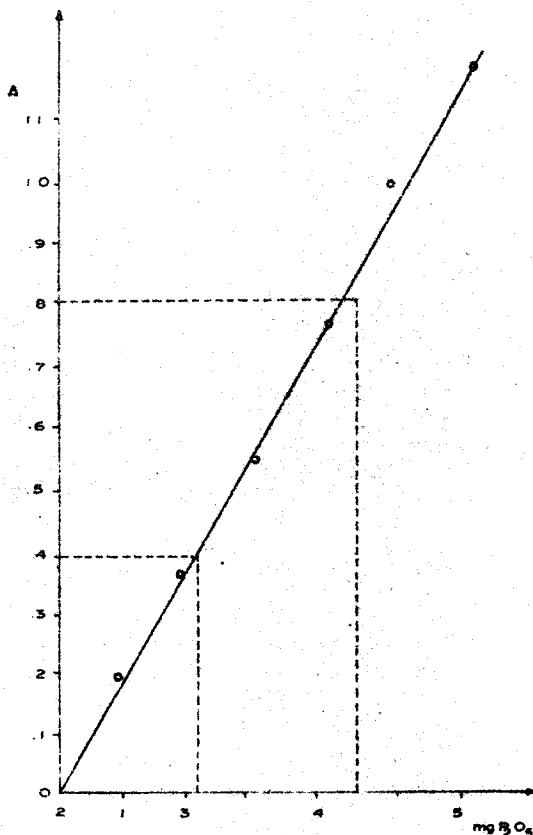
De acuerdo a los objetivos planteados, el desarrollo experimental presenta la siguiente secuencia de acciones:

- Determinación de fósforo en la roca fosfórica Bayóvar
- Preparación del Superfosfato Triple
- Marcación del Superfosfato Triple obtenido
- Medición de la radiactividad
- Determinación de la calidad del producto final.

### 3.1 DETERMINACION DE FOSFORO EN LA ROCA FOSFORICA BAYOVAR

Esta se ha determinado mediante el método espectrofotométrico con el reactivo fosfomolibdovanadato reportado por la A.O.A.C. [2]. En la fig. 1 se muestra la curva de calibración obtenida como promedio de 3 ensayos. La reproducibilidad del método se ha determinado mediante el análisis de 5 muestras con un contenido exacto de 3.5 mg de  $P_2O_5$ , y se ha obtenido una desviación estándar de 0.011 y un error relativo de 4 %. También se ha realizado el test de recuperación dando como resultado un promedio de 98.15 %. En la muestra de roca fosfórica se ha determinado una humedad promedio de 2.40 % y un porcentaje de 27.3 % de  $P_2O_5$ .

Fig 1 Curva de calibración para la determinación de fósforo.



### 3.2 PREPARACION DEL SUPERFOSFATO TRIPLE

De acuerdo a la reacción antes mencionada, la preparación del superfosfato triple a partir de cantidades estequiométricas de roca fosfórica y ácido fosfórico confirmaron en los ensayos preliminares que el proceso se aleja de la estequiometría de reacción. En el desarrollo experimental se ha tendido a un estudio cualicuantitativo para fijar los parámetros óptimos del proceso.

El procedimiento experimental definido es el resultado de una serie de ensayos preliminares que han permitido establecer condiciones experimentales constantes y variables teniendo en cuenta la naturaleza de la roca fosfórica Bayóvar cuya composición se presenta en el cuadro No. 1 y para lo cual se utilizaron condiciones constantes que se detallan en el cuadro No. 2.

CUADRO No. 1

ROCA FOSFORICA \*

CARACTERISTICAS FISICAS		CARACTERISTICAS QUIMICAS	
MALLA TYLER	o/o	Base Seca o/o P2O5	30.50
+ 35	0.11	Base Seca o/o CaO	47.80
+ 48	0.48	Base Seca o/o K2O	0.10
+ 65	3.64	Base Seca o/o SiO2	3.25
+ 100	12.46	Base Seca o/o SO3	4.02
+ 150	53.74	Base Seca o/o AL2O3	0.85
+ 200	82.13	Base Seca o/o Fe2O3	0.63
+ 270	96.00	Base Seca o/o F	2.91
± 270	100.00	Base Seca o/o CO2	3.25
Peso Especifico	1.44	Base Seca o/o Na2O	1.74
Densidad	90 Lbs/pie <sup>3</sup>	Base Seca o/o Mg O	0.76
		Base Seca o/o Cl2	0.06
		Base Seca o/o pérdidas por ignición 850°C	9.31
		Base Seca o/o materia orgánica y combinada	3.20

Datos proporcionados por el Proyecto Bayóvar

CUADRO No. 2

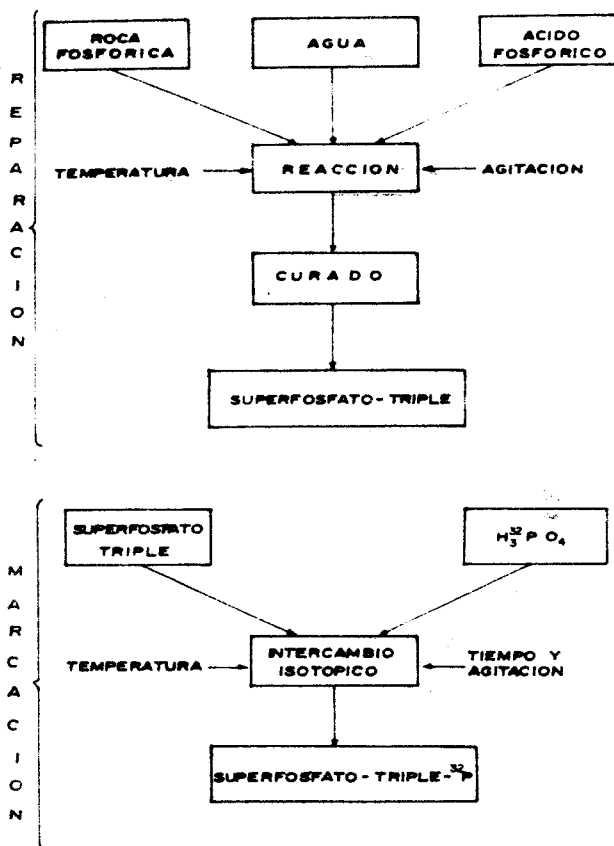
Condiciones Experimentales Constantes

<u>Parámetro</u>	<u>Condición</u>
Peso muestra	10 g.
Volumen H <sub>2</sub> O	10 ml.
Volumen H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10 ml.
Tamaño de Partícula	- 200 A.S.T.M.
Temperatura de reacción	70°C
Agitación	70-100 r.p.m.
Tiempo de reacción	35-45 minutos
Tiempo de curado	hasta 10 días

El procedimiento seguido para obtener el superfosfato triple es hacer reaccionar la roca fosfórica, agua y ácido fosfórico en la proporción 1:1:1 calentando y agitando simultáneamente manteniendo las condiciones hasta obtener una masa de consistencia ligeramente pastosa primero y, continuar hasta que la masa tenga una consistencia terrosa. Terminar la reacción y separar la masa obtenida en 4 porciones para efectuar su curado a diferentes temperaturas y determinar el porcentaje de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en la muestra obtenida y durante el pro-

ceso de cura. En la fig. 2 se presenta el diagrama del procedimiento experimental seguido para la preparación y marcación del Superfosfato Triple. En el cuadro No. 3 se presenta los resultados obtenidos del porcentaje  $P_2O_5$  correspondientes a una serie de experiencias de obtención de Superfosfato triple en las condiciones experimentales que se indican en la columna 2, los resultados de la columna 3 corresponden al porcentaje de  $P_2O_5$  total respecto al tiempo de curado y los de la columna 4 al porcentaje de  $P_2O_5$  convertido o eficiente, determinado al finalizar el curado.

Fig. 2 Diagrama del procedimiento experimental para la preparación y marcación de superfosfato triple.



### 3.3 MARCACION DEL SUPERFOSFATO TRIPLE OBTENIDO:

Con el fertilizante obtenido se procedió a realizar la marcación de acuerdo a las especificaciones de la muestra 4D con un contenido promedio de 48 % de  $P_2O_5$ . El fósforo-32 disponible para la marcación es de procedencia francesa (internacional CIS) y con las siguientes especificaciones:

- Forma Química :  $H_3PO_4$  en HCl, 0.01N
- Actividad Específica : libre de portador
- Concentración : 40 mCi/ml
- Pureza Radionucleídica : > 99 %
- Pureza Radioquímica : > 99 % como  $H_3PO_4$

CUADRO No. 3

PORCENTAJE DE  $P_2O_5$  EN SUPERFOSFATO TRIPLE OBTENIDO

Muestra	Condiciones Experimentales variables		°/o $P_2O_5$	Total con respecto al tiempo curado (Días)				°/o $P_2O_5$ Convertido final
	$H_3PO_4$ (°/o)	Temp. CURA (°C)		0	2	5	10	
1A		25						
1B		40		49.17	50.28	50.71	50.00	
1C	85	50	49.14	49.71	50.86	51.75	51.34	
1D		60		50.25	50.71	51.86	51.71	
				50.74	51.30	52.15	51.95	
2A		25						
2B		40		47.71	48.99	50.14	49.57	
2C	80	50	48.23	49.00	50.17	50.29	50.00	
2D		60		50.14	50.29	50.99	50.86	
				50.57	51.14	51.79	51.13	
3A		25						
3B		40		47.70	49.17	50.14	48.99	
3C	70	50	47.14	49.57	49.78	50.28	49.43	
3D		60		49.71	50.16	50.18	49.55	
				50.29	50.34	50.71	49.87	
4A		25						
4B		40		47.14	48.07	48.30	45.14	
4C	60	50	45.71	47.60	48.29	48.57	45.43	
4D		60		48.35	48.14	48.85	45.71	
				48.61	48.85	49.14	45.86	
5A		25						
5B		40		47.43	47.57	47.43	43.43	
5C	50	50	42.21	47.71	47.75	48.14	43.71	
5D		60		47.99	48.15	48.20	44.29	
				48.00	48.29	48.35	44.71	
6A		25		47.43	44.29	44.19	35.33	
6B		40		44.57	44.51	44.75	36.20	
6C	40	50	41.14	44.86	44.80	45.00	36.29	
6D		60		44.74	45.14	45.71	36.57	

7A		25		42.14	43.43	43.14	33.43
7B		40		43.43	43.29	43.71	33.40
7C	30	50	40.57	43.45	43.40	43.75	33.86
7D		60		43.99	44.10	44.57	33.99

La marcación se realiza con una actividad específica inicial de aproximadamente 500  $\mu$ Ci/gr.  $P_2O_5$ , desarrollando la reacción en medio acuoso homogéneo. Teniendo en cuenta la influencia de los parámetros temperatura y tiempo de marcación se decidió desarrollar experimentalmente dos marcaciones, a las que denominamos A y B. En el cuadro No. 4 se detallan las especificaciones de los parámetros considerados en cada caso.

CUADRO No. 4

Parámetros de Marcación

Parámetro	Marcación A	Marcación B
Actividad inicial	6.79 mCi	5.80 mCi
Masa de fertilizante	25.00 g.	21.35 g.
Concentración (o/o) $P_2O_5$ total	48.50 o/o	48.50 o/o
Act. específica inicial	560.0 $\mu$ Ci/g $P_2O_5$	560.0 $\mu$ Ci/g $P_2O_5$
Temperatura de marcación	40°C	90°C
Tiempo de marcación	7 días	1 día
Temperatura de secado	55°C	55°C
Volumen total $H_2O$	100 ml.	2000 ml.
Agitación	50 r.p.m.	50 r.p.m.

### 3.4 MEDICION DE LA ACTIVIDAD DEL PRODUCTO MARCADO:

La medición de la radiactividad del producto marcado se realiza por la detección de la radiación Cerenkov producida por la emisión beta de 1.71 MeV del P-32. Aunque la producción de radiación Cerenkov no involucra el fenómeno de centelleo, el espectrómetro de centelleo líquido convencional puede detectar y contar los fotones emitidos por una muestra de P-32 en un vial de contaje estándar.

Se encuentra la actividad específica del superfosfato marcado determinado el o/o  $P_2O_5$  ( $^{31}P + ^{32}P$ ). De acuerdo al resultado obtenido se toma una alícuota adecuada y se transfiere al vial de contaje llevándolo al volumen óptimo con agua, quedando así la muestra lista para su contaje. El equipo usado para el contaje es el espectrómetro de centelleo líquido Packard - TRI-CARB-300 C que está diseñado para la detección cuantitativa de la radiación beta y otras formas de radiación. Para el contaje de la radiación Cerenkov del  $^{32}P$  la calibración del equipo ha implicado la determinación de diferentes parámetros, siendo los más importantes el volumen de la muestra y la eficiencia del contaje que corresponden a 7 ml. y 31 o/o respectivamente.



### 3.5 CALIDAD DEL SUPERFOSFATO TRIPLE <sup>32</sup>P

Se reconoce la calidad de un fertilizante marcado cuando la actividad está distribuída homogéneamente en todo el compuesto, lo cual se comprueba mediante la extracción fraccionada y continua del fósforo expresado como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. La extracción fraccionada se efectúa pesando 1 gr. del fertilizante marcado en un papel de filtro, adecuado cuidadosamente a un embudo de vidrio y realizando las extracciones con volúmenes conocidos de agua como se indica en los cuadros No. 5 y No. 6 para las marcaciones A y B respectivamente. Cada fracción es completada a 100 ml. y dos alícuotas son tomadas, una para el o/o de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y otra para la medida de la radiactividad.

La extracción continua se efectúa pesando 1 gr. de muestra, pasándola a un vaso de 500 ml., adicionando 250 ml. de agua y dejándolo 24 hrs., después de lo cual se le filtra y lleva a 500 ml., realizando esto por cuadruplicado y tomando de cada ensayo 2 alícuotas, una para el o/o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y otra para la medición de la radiactividad. Los resultados se dan en los cuadros No. 7 y 8.

CUADRO No. 5

Extracción Fraccionada <sup>32</sup>P (Marcación A)

Fracción No.	Volumen x Fracción (ml)	o/o P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CPM/2 ml	Ae = CPM/mgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1	5	9.67	329,397	170,319
2	10	8.00	213,723	171,077
3	15	6.60	222,670	168,690
4	20	2.92	98,404	168,500
5	25	3.06	104,115	170,122
6	30	3.10	104,791	169,017
7	40	3.88	132,577	170,846
8	50	5.28	177,762	168,335
9	100	2.78	94,392	169,769

A.e = Actividad específica

A.e = promedio = 169,631

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> extraído = 45.29 o/o

o/o Recuperación = 93.38 como Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>

CUADRO No. 6

Extracción Fraccionada <sup>32</sup>P (Marcación B)

Fracción No.	Volumen x Fracción	o/o P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CPM/2ml	A.e = CPM/mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1	5	7.73	322,335	208,496
2	10	6.94	284,659	205,085
3	15	4.44	181,611	204,516
4	20	3.60	149,824	208,088
5	25	8.05	329,686	204,773
6	30	3.32	138,295	208,272
7	40	1.64	70,240	214,146
8	50	0.20	9,945	248,625
9	100	0.18	9,117	253,250

A.e promedio = 217,250  
 o/o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> extraído = 36.1  
 o/o Recuperación = 74.43 como Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>

CUADRO No. 7

Extracción Continua <sup>32</sup>P (Marcación A).

Muestra No.	o/o P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CPM/2 ml.	A.e = CPM/mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1	45.43	321.770	177.069
2	44.92	307.249	170.998
3	45.15	317.117	175.591
4	45.38	318.535	175.482

A.e. Promedio = 174,785 CPM/mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 o/o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Promedio extraído = 45.22 o/o  
 o/o Recuperación + 93.24 o/o

## CUADRO No. 8

### Extracción Continua $^{32}\text{P}$ (Marcación B).

Muestra No.	o/o $\text{P}_2\text{O}_5$	CPM/2 ml.	A.e = CPM/mg $\text{P}_2\text{O}_5$
1	37.43	307.609	205.456
2	37.18	306.135	205.846
3	37.27	307.934	206.020
4	37.19	307.071	206.420

A.e. Promedio = 205,935 CPM/mg  $\text{P}_2\text{O}_5$

o/o  $\text{P}_2\text{O}_5$  Promedio extraído = 37.27 o/o

o/o Recuperación = 76.84 o/o

#### 4. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

En el cuadro No. 3 se presenta los resultados de una serie de experiencias de obtención en los que se ha estudiado la influencia de la concentración de ácido fosfórico y la temperatura de curado por ser parámetros determinantes en las características del producto y el costo del proceso; las otras variables se han mantenido constantes. En la figura 3, se observa cómo el porcentaje de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aumenta correlativamente con la concentración de ácido fosfórico reaccionante y con el tiempo de curado; inicialmente para concentraciones de ácido entre 40 y 60 o/o el incremento de  $\text{P}_2\text{O}_5$  es bastante acentuado. Para concentraciones de 60 a 85 o/o si bien continua el incremento, la figura muestra que es menor. Este comportamiento se explica porque concentraciones elevadas de ácido promueven reacciones indeseables y dan una producción reducida de fosfato monocálcico, aún después de una larga cura; además, cierta cantidad de agua debe estar presente para dejar que la reacción llegue a su término en un tiempo razonable. En la fig. 4 se ilustra el incremento de porcentaje de  $\text{P}_2\text{O}_5$  eficiente en función de la concentración de ácido y en la fig. 5 se muestra la variación de las características físicas del producto con respecto al grado de acidulación y temperatura de curado.

De los resultados obtenidos podemos decir que la roca fosfórica Bayóvar muestra un alto grado de reactividad (prontitud para reaccionar con ácido fosfórico) para las condiciones experimentales ensayadas. Con las condiciones de la muestra 4D se prepararon 2 lotes, de 100 gr. c/u, de superfosfato triple para ser marcados con fósforo - 32.

La marcación de superfosfato triple es una aplicación directa de las reacciones de intercambio isotópico que se lleva a cabo entre el fósforo de los fosfatos del fertilizante y el fósforo - 32 de los iones fosfato del ácido fosfórico libre de portador. En la actualidad no se conoce en detalle la cinética y mecanismos de intercambio del fósforo. Se ha encontrado experimentalmente que la marcación es favorecida desarrollándola en un medio acuoso y en un rango de temperatura de 50 - 90°C siendo más rápido, cuanto mayor es la temperatura; pero temperaturas elevadas ocasionan pérdida de fósforo por volatilización. Por las condiciones experimentales necesarias es posible que el intercambio que se lleve a cabo sea un intercambio electrónico de los iones fosfato del fertilizante y del ácido fosfórico por la

formación de un complejo ó estado químico se puede ser de disociación ó asociación intermedia y que tiene sólo una existencia transitoria. Ello justifica trabajar con el parámetro temperatura, dada la energía de activación necesaria para la formación de este estado intermedio. Por ello se ha desarrollado dos marcaciones denominadas A y B cuyas diferencias radican esencialmente en los distintos parámetros de temperatura y tiempo de intercambio.

Fig. 3 % de  $P_2O_5$  en superfosfato triple como la función de la concentración de  $H_3PO_4$  para  $60^\circ C$

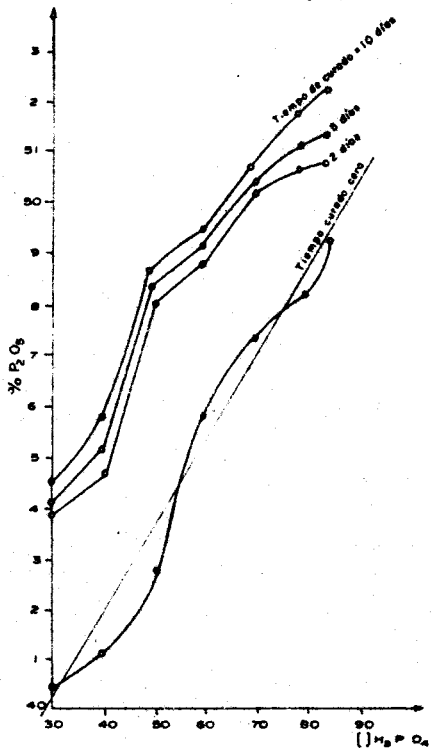
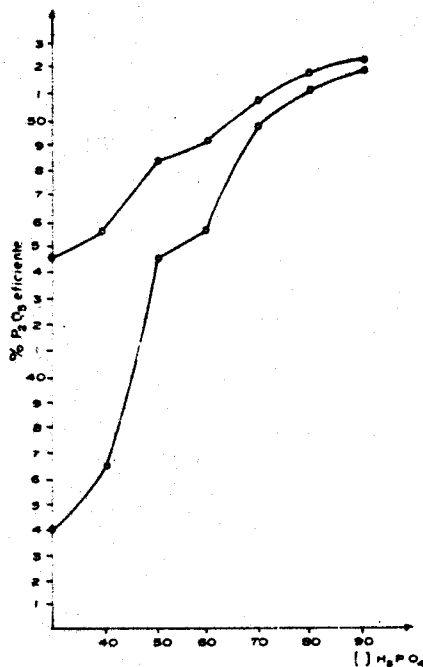


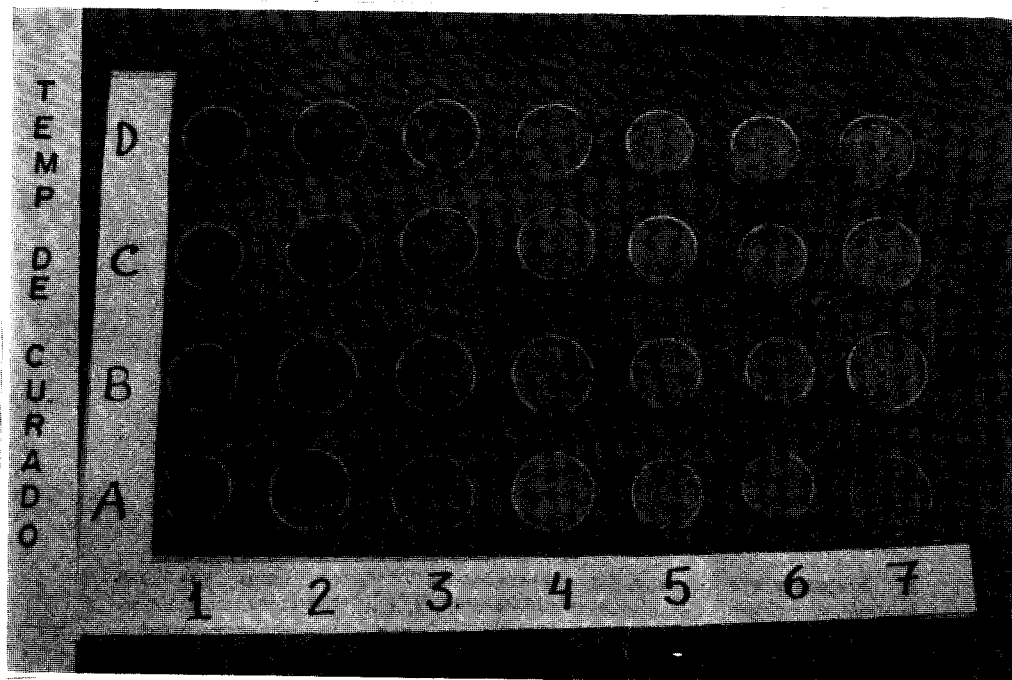
Fig. 4 % final de  $P_2O_5$  eficiente en superfosfato triple como función de la concentración de  $H_3PO_4$



La medida de la radiactividad del fósforo - 32 por efecto Cerenkov en el equipo usado muestra la facilidad y practicidad del contaje así como la versatilidad del método, aunque en nuestro caso la eficiencia de contaje es ligeramente baja debido a la emisión direccional de los fotones Cerenkov respecto a la posición de los fototubos.

Los resultados obtenidos en los dos tipos de extracciones efectuadas para las dos marcaciones demuestran que se ha obtenido una marcación óptima siendo la única y significativa diferencia el hecho de que la recuperación de  $P_2O_5$  y, por ende, de la actividad para la forma monocálcica estudiada es menor para la marcación B debido a las pérdidas de fósforo ocasionado por la temperatura de marcación.

En el Cuadro No. 9 se presenta un resumen de los resultados nucleares obtenidos, debe resaltarse el alto rendimiento radioquímico y químico obtenido en la marcación A.



## CONCENTRACION ACIDO FOSFORICO

Fig. 5 Variación de las características físicas del superfosfato triple obtenido con respecto al grado de acidulación y a la temperatura de curado .

### 5. CONCLUSIONES

1. Se ha obtenido un superfosfato triple de buena calidad bajo las siguientes condiciones experimentales: Roca fosfórica Bayóvar con una ley de  $\pm 27\%$   $P_2O_5$ , tamaño de partícula de menos malla 200 ASTM, ácido fosfórico con una concentración de 50 – 60  $\%$ , temperatura de reacción 70°, agitación de 70 – 100 rpm., proporción de acidulación 1:1, temperatura de curado 60°C y un tiempo de curado de por lo menos dos días.

2. Se ha marcado con fósforo – 32 el superfosfato triple obtenido a nivel de laboratorio, disponiéndose de un procedimiento estandarizado para producción rutinaria.

### 6. REFERENCIAS

- [1] Cheney T.M. Geology of Phosphate Deposits in the Western Sechura Desert Perú. Traducción hecha por Carlos Alemán A. PROBAYOVAR 1977.

Licencia Creative Commons

Obtención de superfosfatos triple a partir de la roca fosfórica de Bayovar y su marcación con Fosforo-32 por Jorge Rodríguez, Manuel Castro se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.