

## **Demanda del fosfato inorgánico por especie animal y su proyección nacional al año 2012 y 2018**

**Eduardo Casanova Olivo**

*Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología, Maracay, AP 4579, Estado Aragua, Venezuela. E-mail: casanovaen@cantv.net*

### **Resumen**

El fosfato mono y dicálcico que se consume en Venezuela para alimentación animal es totalmente importado y varios investigadores han evaluado la posibilidad de sustituirlo total o parcialmente por roca fosfórica nacional. Sin embargo, su concentración de flúor es superior a lo exigido a nivel internacional, por lo que se hace necesario trabajar en el diseño de la producción de roca fosfórica defluorinada o fosfato tricálcico o usar éste como materia prima para la producción de fosfato mono y dicálcico. Para estimar la demanda de estas fuentes de fosfato se estableció la población actual por especie animal: bovinos, aves, porcinos y otros y en función del consumo de alimentos balanceados (ABA) y suplementos minerales (SM) y del contenido de fósforo en la dieta, se calculó las necesidades de fósforo/año de esas especies animales y a partir de esa información se estimaron los requerimientos de fosfato tricálcico y dicálcico para cubrir las demandas potenciales en Venezuela. Para el año 2005 el consumo de ABA fue de 3.691.551 TM con un equivalente de 127.785 TM de fosfato dicálcico y 160.000 TM de fosfato tricálcico y en una proyección al año 2012 y 2018 los requerimientos serían de 239.741 TM y 464.225 TM, respectivamente, de fosfato tricálcico para todas las especies animales. Para ello se describe el proceso que se seguiría con los yacimientos de roca fosfórica del Táchira para la producción de fosfato tricálcico y de fosfato dicálcico con los yacimientos de Riecito, estado Falcón.

**Palabras clave:** Fosfato tricálcico, fosfato dicálcico, demanda animal, Venezuela.

# The Demand for Inorganic Phosphate by Animal Species and its National Projection for the Years 2012 and 2018

## Abstract

The mono and dicalcium phosphate consumed in Venezuela for animal feed is totally imported and several researchers have evaluated the possibility of replacing it wholly or partially with national phosphoric rock; however, the fluoride concentration of the latter is higher than what is required by international standards. Therefore, it is necessary to work on producing de-fluorinated phosphoric rock or tricalcium phosphate or use it as raw material for producing mono and dicalcium phosphate. To estimate the demand for these sources of P, the current population of each animal species (bovine, poultry, swine and others) was established in relation to the consumption of balanced animal feeds (ABA), mineral supplements (SM) and phosphorous content in the diet. P/year needs for these species were calculated and, based on that information, tricalcium and dicalcium phosphate requirements were estimated to cover the potential demand in Venezuela. For the year 2005, ABA consumption was 3,691,551 MT with an equivalent of 127,785 MT of dicalcium phosphate and 160,000 MT of tricalcium phosphate. In a projection for the years 2012 and 2018, estimated requirements for tricalcium phosphate would be 239.741 MT and 464,225 MT, respectively, for all animal species. This study describes the process that might be followed for producing tricalcium phosphate from phosphate rock deposits in Táchira and dicalcium phosphate from the Riecito deposits in Falcon.

**Key words:** Tricalcium phosphate, dicalcium phosphate, animal demands, Venezuela.

## Introducción

El fósforo tiene funciones muy importantes para la vida y en el caso específico de los animales actúa en la formación de la estructura ósea y de los dientes. Es constituyente de las membranas celulares, de sistemas enzimáticos, actúa en la transferencia de energía, forma parte de los componentes de los fosfatos de alta energía, participa en el metabolismo de los nutrimentos, en los sistemas tampón en fluidos corporales y en la síntesis de tejidos y productos (tejido muscular, leche, huevo y lana). También es parte del ácido nucleico el cual es importante en la transmisión genética y en el control del metabolismo celular, en la síntesis de aminoácidos y formación de proteínas.

En la dieta de las especies animales el fósforo puede provenir de fuentes orgánicas como el caso de los pastos y otros productos y de fuentes inorgánicas como los alimentos balanceados y la suplementación mineral, realizada mayormente con productos como el fosfato mono, di y tri-

cálcico, todos ellos importados ya que éstos no se fabrican en Venezuela.

Varios investigadores han demostrado la posibilidad de incorporar a la roca fosfórica nacional como fuente total o parcial de fósforo en la dieta animal. Sin embargo, sus niveles de flúor aumentan considerablemente corriendo el riesgo de producir toxicidad.

## Experiencias de uso de rocas fosfóricas en especies animales en el país

Generalmente en los experimentos de P en animales se mide la biodisponibilidad de este elemento definida como la proporción de P ingerido que es absorbido y el utilizado en procesos metabólicos y productivos. Se ha reportado la biodisponibilidad promedio relativa del P para las principales fuentes usadas en la alimentación animal usando como referencia el fosfato monosódico (100%), fosfato monocálcico (93-98%), fosfato dicálcico hidratado (92-101%), fosfato tri-

cálcico anhidro (86%), fosfato tricálcico defluorinado (95-96%), fosfato triple de sodio, calcio y magnesio (96%), urea-fosfato (90-96%), harina de hueso (90%), rocas fosfóricas (20 -50%), fosfatos de aluminio, hierro y calcio (15%). Esta biodisponibilidad varía con la especie animal.

Godoy y Chicco (1991) y Godoy (1997) evaluaron el efecto de diferentes fuentes de fosfatos en varias especies animales, rocas fosfóricas de Navay y Monte Fresco. En las aves en edad de postura (44 semanas), la roca fosfórica de Riecito produjo pesos y consumos estadísticamente similares al fosfato dicálcico y a la urea fosfato mientras que las rocas fosfóricas de Navay y Monte Fresco produjeron valores significativamente menores. Sin embargo, la edad para alcanzar el 50% de postura fue una semana mayor en las tres rocas fosfóricas.

Al evaluar la mineralización ósea de las aves en postura se observó un mayor contenido de cenizas óseas en las fuentes de alta solubilidad (Dicálcico y Urea Fosfato), una concentración intermedia en las rocas fosfóricas de Riecito y Navay y la menor proporción de cenizas óseas en la roca de Monte Fresco. Adicionalmente, se midió la concentración de flúor en las aves en edad de postura y debido a las diferencias en el contenido de cada fuente, se observó que las fuentes Dicálcico y Urea fosfato presentaron valores de F dentro de lo aceptable (1320 y 1440 mg/kg, respectivamente) en esta especie animal, la roca de Riecito presenta concentraciones mayores pero todavía dentro de los valores aceptables (9.000 mg/kg) y la roca de Navay presenta valores superiores a los límites permitidos para F en esta especie animal por lo que habría que defluorinarla antes de usar en alimentación de aves.

En el caso de ovinos, Arispe (1995) estudió el efecto de la ingestión de mezclas minerales con diferentes niveles de roca fosfórica (Monte Fresco) comparado con la mezcla mineral con 100% de fosfato dicálcico, sobre ovinos en crecimiento. Los resultados demostraron que no hubo diferencias significativas entre los pesos finales de los animales lo cual indica que es posible sustituir hasta en 40% el aporte de P para ovinos con roca fosfórica.

Por otro lado, Martínez et al. (1987) evaluaron tres fuentes fosfóricas en la suplementación de ovinos West African con un peso corporal promedio de 25,0 kg; mantenidos en jaulas metabólicas de hierro, con suministro de agua a voluntad y alimentados con dietas semipurificadas. Luego de un período de 7 días de adaptación, los animales fueron asignados al azar a los siguientes tratamientos: 1) Dieta Basal con una concentración de 0,03% de fósforo; 2) Dieta Basal usando como fuente de fósforo al fosfato dicálcico con

una concentración de 0,25% de P y 0,30 de Ca; 3) Dieta Basal usando como fuente de fósforo al fosfato defluorinado con una concentración de 0,25% de P y 0,30% de Ca; y 4) Dieta Basal usando como fuente de fósforo a la roca fosfórica de Riecito con 0,25% de P y 0,30% de Ca. Todos los suplementos aportaron el 88% de fósforo total de las raciones. Los resultados encontrados y a diferencia de los resultados de Arispe (1995), demostraron que la absorción aparente fue significativamente superior ( $P < 0,01$ ) en los fosfatos defluorinado y dicálcico que en la fosforita (45,8 y 44,4 vs. 37,2%, respectivamente), dada la baja excreción de fósforo en la orina en todos los tratamientos, la retención neta de este elemento fue similar a la absorción aparente (43,7; 42,2 y 33,2% para los fosfatos defluorinado, dicálcico y la fosforita, respectivamente), obteniéndose una correlación negativa entre la excreción de fósforo en la orina y la retención neta ( $r = -0,70$ ;  $P < 0,01$ ).

En el caso de los bovinos, Soto y Garmendia (1997) evaluaron el uso de una fuente nacional de fósforo en la suplementación de novillas Brahman. Se seleccionaron 40 novillas lo más homogéneas posible para características tales como: peso, edad y estado del tracto reproductivo (por palpación transrectal). Los animales fueron asignados a cuatro tratamientos, cada uno en un potrero con rotación quincenal, donde se cambiaban los grupos hacia el potrero vecino de modo tal que los cuatro grupos pastorearon igual tiempo cada potrero.

Los grupos o tratamientos fueron: 1) Testigo, con suministro diario de melaza (175g), urea (25g) y Sal (35g); 2) Mineral Comercial (7,5% Ca y 6% P), con suministro diario de melaza (175g), urea (25 g) y Mineral + sal (50g). El mineral utilizado en el tratamiento 2 fue preparado mezclando una parte del mismo en dos partes de sal (1-2). La mezcla final contenía 7,51% Ca y 6.1% de P (relación Ca: P= 1, 2: 1); 3) Mineral Comercial (19% Ca y 6% P), con suministro diario de melaza (175g), urea (25 g) y mineral + sal (50g). El mineral utilizado en el tratamiento 3 fue mezclado 1:1 con sal y luego balanceado con carbonato de Ca para modificar la relación Ca:P que fue de 3,1:1. La mezcla final contiene 19% Ca y 6% P; 4) Mineral + roca fosfórica (19% Ca, 6% P), con suministro diario de melaza (175g), urea (25g) y mineral + sal (50g). La mezcla mineral utilizada en el tratamiento 4 contenía los mismos microelementos y macroelementos de los tratamientos anteriores, con la diferencia que en este caso se sustituyó la fuente de Ca y P (Fosfato Dicálcico) por Roca fosfórica del Táchira. La mezcla final contiene 19% Ca y 6% P, y la relación Ca:P es 3,1:1. Los animales fueron suplementados por un periodo de seis meses aproximadamente.

La evaluación de algunos parámetros se inició antes de la suplementación y se prolongaron hasta dos meses luego de concluida, por lo cual el periodo experimental total se estimó en ocho meses. Los tres grupos suplementados consumieron fórmulas minerales muy similares, que se diferenciaron solo por la fuente utilizada para el Ca y el P (Roca Fosfórica vs Fosfato Dicálcico) y la relación Ca:P de la mezcla final.

Los resultados demostraron que los tres grupos suplementados con minerales ganaron significativamente más peso que el grupo control sin suplemento. Señalan los autores que el hecho de que el tratamiento con roca fosfórica (grupo 4) se haya comportado en forma similar a los grupos de suplementación mineral con fuente de Ca y P importada (grupos 2 y 3) plantea la potencialidad de uso de la roca fosfórica nacional en la alimentación de bovinos.

Godoy (1997) trabajó con bovinos y su suplementación con fuentes de fosfatos nacionales. La evaluación se realizó usando rocas fosfóricas de Riecito y Monte Fresco comparados con fuentes de alta solubilidad como el superfosfato triple y el fosfato dicálcico. La dieta basal estuvo constituida por forraje verde picado con 0.35% de P ofrecido a voluntad y 100 g de una mezcla mineral completa usando como base 1 kg de un concentrado comercial con aporte de 8 g de P por cada 100 g de mezcla. Los animales fueron mestizos Holstein x Cebú. Se seleccionaron 64 animales adultos, 32 hembras y 32 machos con peso promedio de 312 kg y el experimento se realizó durante 36 meses.

Las conclusiones más importantes de Godoy (1997) fueron: no hubo cambios significativos en la ganancia en peso, el F en hueso alcanzó el 52% del nivel considerado como tóxico para Riecito (7000 mg/kg, huesos esponjosos) mientras que para las fuentes con mayor contenido de F alcanzó 79% en Monte Fresco y Superfosfato Triple. En base a este experimento y otros conducidos con otras especies animales concluyeron que los yacimientos de roca fosfórica de Riecito presentan un gran potencial para la alimentación animal, cuando incluidos en la dieta a un nivel significativo de participación como fuentes inorgánicas de P. Para los fosfatos de Monte Fresco su uso en la alimentación animal es más restringido y deben ser sometidos a procesos industriales para la eliminación de altos contenidos de F.

En el caso de cerdos, Godoy (1997) condujo experimentos con fosfatos de Riecito y Monte Fresco y comparados con fosfato dicálcico en la alimentación de 54 lechones machos de 12 semanas de edad y 17,5 kg de peso vivo promedio. Las dietas experimentales contenían harinas de maíz, soya, yuca, aceite vegetal, melaza de caña, sal, vita-

minas, minerales y cantidades variables de carbonatos de calcio y de los fosfatos en las etapas de crecimiento y engorde. Los resultados mostraron que los animales suplementados con el fosfato dicálcico y la roca fosfórica de Riecito mostraron mejores respuestas en el peso al final del período, ganancia diaria (g/animal), ganancia (kg) y consumo acumulado (kg) y conversión alimenticia. Los animales suplementados con la roca de Monte Fresco tuvieron los menores efectos sobre las variables medidas, lo cual la hace una fuente de fósforo menos apta para consumo directo en los porcinos.

Recientemente Chicco y Godoy (2005) han presentado información sobre las restricciones y alternativas para la nutrición de bovinos en el trópico y sugieren que la corrección de las deficiencias minerales pueden ser indirectas por fertilización del pastizal o directas por suministro de alimentos balanceados y sales minerales. Para ello existen en Venezuela numerosas empresas que producen y comercializan sales minerales y alimentos balanceados con diferentes características, particularmente en lo concerniente a niveles de P y relación Ca:P. El consumo de suplementos minerales debe ser de 20 kg/animal/año, donde el P es muy importante por las características deficitarias de este elemento en los suelos donde se desarrolla la ganadería en Venezuela. La roca fosfórica constituye una alternativa importante para la suplencia de P a los animales, bien en forma directa o como materia prima para la producción de fosfatos tricálcico y dicálcico.

Las evaluaciones en la suplementación con fosfatos de rocas fosfóricas en las diferentes especies animales han permitido establecer que en los monogástricos la eficiencia de utilización del P es mayor, particularmente en las aves. Asimismo, esta especie animal tiene tendencias a demostrar más fácilmente las deficiencias de fósforo que los cerdos y los rumiantes.

Los resultados también han permitido que los productores de alimentos balanceados para animales en el país incorporen los requerimientos de P en función de la especie animal, el tiempo de consumo de la fuente y su nivel de flúor. Esto a su vez, ha disminuido la cantidad de fosfato dicálcico en las dietas animales, fuente totalmente importada. Los oficiales de control de la Asociación Americana de alimentos han establecido que los productos fosfatados para alimentación animal deben contener no más de 1 parte de F por 100 partes de P además de cumplir con especificaciones rígidas de otros constituyentes.

Los resultados presentados anteriormente sugieren que es necesario producir en Venezuela roca fosfórica defluorinada de manera que esta fuente de fosfato nacional pueda directamente o indirectamente (tratamiento hacia la producción de fosfato tri y dicálcico) ocupar una buena proporción de las necesidades de P en las dietas de las diferentes especies animales.

### Estimación de la población de bovinos, aves y cerdos en el país potencialmente usuarios de roca fosfórica defluorinada

Se ha estimado la población bovina en Venezuela de acuerdo a los diferentes grupos etéreos en 11.600 000 animales de acuerdo con el Cuadro I (Canelón, 2002). La Tabla I también refleja que el 54% de la población bovina está en la región llanera y 25% en la región occidente.

Por otro lado, la FAO, (2006) ha reportado que en el año 2005 hubo en Venezuela 3.100.000 cabezas de cerdos (Tabla II). Esta existencia de cerdos es parecida a la del año 1989 y en general se puede decir que en el período 1988 a 2005 la población de cerdos ha estado alrededor de 3 millones de cabezas.

En el caso de las gallinas y pollos la FAO, 2006 ha reportado que esa población ha variado desde 61 millones en 1988 a 110 millones en el 2005 (Tabla III) representando un incremento de casi el doble de la población.

### Estimación del consumo de las especies animales de alimentos balanceados (ABA) y suplementos minerales (SM), Estimación de las necesidades de fósforo/año de esas especies animales tanto en ABA como en SM y Requerimientos de Roca Fosfórica defluorinada para cubrir las demandas potenciales de las especies animales en Venezuela

El consumo de alimentos balanceados para las diferentes especies animales se observa en la Tabla IV. Para el año 2005 el consumo de ABA fue de 3.691.551 toneladas y por especie animal fue para bovinos 182.750 (5%) TM, porcinos 767.551 (21%) TM, aves 2.704.700 (73%) TM y otras especies animales como ovinos, y animales de compañía (perros y gatos) de 36.550 (1%) TM. Se observa que la especie más consumidora de ABA son las aves, seguidas por los porcinos, bovinos y otras especies. En base a esa información se procederá a estimar el consumo de fósforo en ABA y en suplemento mineral (SM) para cada especie animal y a partir de allí calcular el potencial de roca fosfórica defluorinada.

#### a) *Bovinos*

En base a la información de la población bovina en Venezuela y al consumo de ABA por especie animal (Tabla IV) se ha generado la Tabla V, para estimar las necesidades de fósforo y de roca fosfórica defluorinada. Para el cálculo de las necesidades de P se estima un% de P en ABA de 0.6 y 50% de origen inorgánico (fosfato mono y

Tabla I. Población bovina según el grupo etéreo.

Bloques	Toros	Vacas	Novillos	Novillas	Mautes	Mautas	Beceros	Becerras	Total General
Centro-Occidente	157.716	381.391	129.035	144.861	154.492	113.187	110.237	111.148	1.302.067 (11 %)
Oriente –Sur	35.618	449.102	809	148.689	167.604	129.754	118.127	119.120	1.168.823 (10 %)
Llanero	239.978	2.105.249	334.477	762.349	945.565	623.632	606.076	611.051	6.228.377 (54 %)
Occidental	11.312	907.487	230.072	251.477	402.660	370.450	307.813	304.419	2.885.690 (25 %)
Totales	544.624	3.843.229	694.393	1.307.376	1.670.321	1.237.023	1.142.253	1.145.738	11.584.957 (100 %)

Fuente: Calderón, 2002.

Tabla II. Número de cabezas de cerdos (x 1000) en Venezuela desde 1988 hasta 2005.

	Año	Cabezas	Año	Cabezas
Venezuela	1988	3.349	1997	2.751
	1989	3.052	1998	2.844
	1990	2.903	1999	2.792
	1991	3.000	2000	2.809
	1992	3.182	2001	2.780
	1993	3.455	2002	2.825
	1994	3.716	2003	2.921
	1995	2.975	2004	3.046
	1996	2.885	2005	3.100

Fuente: FAO, 2006.

Tabla III. Existencia de gallinas y pollos (x 1000) en Venezuela desde 1988 hasta 2005.

<i>República Bolivariana de Venezuela</i> <i>Existencias (1000)</i>	
Gallinas y pollos	Año
61.206	1988
53.060	1989
56.610	1990
70.000	1991
72.000	1992
75.000	1993
78.000	1994
85.000	1995
94.000	1996
95.000	1997
105.000	1998
118.000	1999
120.000	2000
145.000	2001
147.000	2002
110.000	2003
110.000	2004
110.000	2005

Fuente: FAO, 2006.

dicálcico) lo cual genera una necesidad de 1.255 t  $P_2O_5$  /año. Para la suplementación se tomó en consideración la población total de bovinos de 11.6 millones de cabezas y se consideró que el 50% de esa población sería suplementada con P obteniendo un total de 14.544 t de  $P_2O_5$  /año. Al

transformar los totales de TM  $P_2O_5$  /año en roca fosfórica defluorinada con una concentración de 18% de P, se obtiene 4.827 y 55.938 TM, respectivamente para los alimentos balanceados y la suplementación, para un total de 60.765 toneladas para el sector bovinos.

#### b) Porcinos

La población de porcinos en el año 2005 fue de 3.100.000 animales (Tabla II) los cuales consumieron 767.551 toneladas de ABA (Tabla IV) con un promedio de fosfato dicálcico en la ración de 1.38% (Tabla VI) generando un total de 10.592 TM/año de fosfato dicálcico el cual tiene 19.48% de P equivalente a 2.063 TM/año de P ó 21.368 TM/año de  $P_2O_5$  para un total de 18.173 TM/año de roca fosfórica defluorinada para el sector porcinos.

#### c) Aves

La población de gallinas y pollos en el año 2005 fue de 110 millones de animales (Tabla III) los cuales consumieron 2.704.700 toneladas de ABA (Tabla IV) con un promedio de fosfato dicálcico en la ración de 4% generando un total de 109.691 TM/año de fosfato dicálcico (Tabla VII) el cual tiene 19.48% de P equivalente a 9.931 TM/año de P ó 4.725 t/año de  $P_2O_5$  para un total de 82.186 t/año de roca fosfórica defluorinada para el sector aves.

#### d) Otras Especies (ovinos, perros y gatos)

El 1% del resto de los alimentos balanceados es consumido por otras especies animales, entre las cuales se encuentran los ovinos, caprinos y animales de compañía (perros y gatos) y que alcanza a 36.550 toneladas con un promedio de fosfato dicálcico de 2.9% (Tabla VIII) para un total de 206 toneladas de  $P_2O_5$  equivalente a 792 toneladas de roca defluorinada por año.

Tabla IV. Producción de alimentos balanceados (TM) para animales en Venezuela, años 1990 al 2005.

Año	Bovino	Porcinos	Aves	Otros	Total
1990	198.000	484.000	1.408.000	110.000	2.200.000
1991	228.000	655.500	1.852.500	114.000	2.850.000
1992	275.723	643.354	2.021.969	122.544	3.063.590
1993	259.020	546.820	1.928.260	143.900	2.878.000
1994	185.618	371.235	1.962.247	132.584	2.651.684
1995	189.330	369.135	2.428.690	112.8454	3.100.000
1996	161.915	315.615	2.067.000	105.470	2.650.000
1997	162.662	317.071	2.076.536	105.957	2.662.226
1998	247.255	463.603	2.319.559	60.268	3.090.685
1999	225.046	639.101	2.382.281	81.299	3.327.727
2000	236.192	671.192	2.501.333	85.253	3.493.970
2001	253.803	721.236	2.687.834	91.609	3.754.482
2002	245.624	690.136	2.535.226	86.723	3.557.709
2002	235.760	639.920	2.391.280	101.040	3.368.000
2003	168.572	690.000	2.553.000	34.000	3.445.572
2004	182.750 (5%)	767.551 (21%)	2.704.700 (73%)	36.550 (1%)	3.691.551 (100%)

Fuente: Boletines trimestrales de AFACA.

Tabla V. Requerimientos potenciales de fósforo (P) y de roca fosfórica defluorinada en bovinos en alimentos balanceados y suplementos minerales.

Año	ABA (t/año)	Necesidades de P en ABA* (t/año)		Suplemento para bovinos en pastoreo		Necesidades de P en suplementos** t/año		Necesidades de roca fosfórica defluorinada t/año
2006	182.750	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Población	% de la población	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
		548	1.255	(cabezas x 10 <sup>6</sup> )	suplementada	6,351	14.544	4.827 +55.938 60.765
				11,6	50			

\* Se estima un % de P en ABA de 0.6 y 50 % de origen inorgánico.

\* Se estima que el 50 % de la población total será suplementada con 50 g de suplemento por cabeza x 365 días x 6 % de la ración fosfatada (P).

Tabla VI. Requerimientos potenciales de fósforo y de roca fosfórica defluorinada en cerdos para el año 2006.

Año	Número de cabezas x 1000	ABA t/año	% Fosfato Dicálcico en ABA	Fosfato Dicálcico en ABA t/año	P en ABA* t/año	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en ABA t/año	Roca Fosfórica Defluorinada t/año
2006	3,100	767.551	1.38	10.592	2.063	4.725	18.173

\*Se asume un % de P en fosfato dicálcico de 19,48

Tabla VII. Requerimientos potenciales de fósforo y de roca fosfórica defluorinada en aves para el año 2006.

Año	Número de cabezas x 1000	ABA t/año	% Fosfato Dicálcico en ABA	Fosfato Dicálcico en ABA TM/año	P en ABA* TM/año	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en ABA TM/año	Roca Fosfórica Defluorinada TM/año
2006	110.000	2.704.700	4	109.691	9.931	21.368	82.186

Tabla VIII. Requerimientos potenciales de fósforo y de roca fosfórica defluorinada en otras especies (ovinos, caprinos perros y gatos) para el año 2006.

Año	ABA t/año	% Fosfato Dicálcico en ABA	Fosfato Dicálcico en ABA TM/año	P en ABA* TM/año	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en ABA TM/año	Roca Fosfórica Defluorinada TM/año
2006	36.550	2.9	1.060	91	206	792

### Estimación de la demanda real actual de las fuentes de fósforo usadas en la alimentación animal (fosfato mono y dicálcico) importados

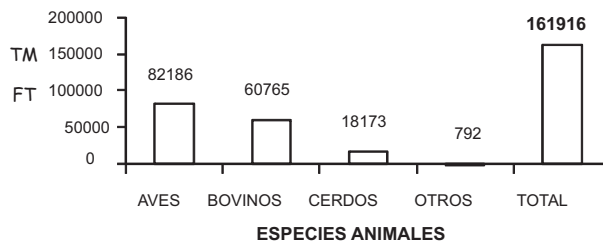
Como resumen del punto anterior se ha elaborado la Figura 1 la cual establece el potencial consumo de fosfato tricálcico por especie animal y genera una cifra posible (160.000 TM) para las dimensiones de la planta de eliminación del flúor de la roca fosfórica en el Táchira. Se sugiere la roca fosfórica del Táchira por sus enormes reservas en sus yacimientos y porque la roca fosfórica de Riecito es usada actualmente en la producción de ácido fosfórico en el complejo petroquímico de Morón y sus reservas en yacimientos son mucho menores que las del Táchira.

Esta propuesta implica que se estaría sustituyendo totalmente los fosfatos grado animal importados por el fosfato tricálcico que si bien es cierto no va a ocurrir de inmediato, es posible que con una buena estrategia comercial del producto basado en sus resultados de eficiencia animal y económica se pueda progresivamente lograr ese objetivo.

Cabe destacar que la cantidad estimada de Fosfato grado animal (mono y dicálcico) por especie animal importado para los alimentos balanceados en el año 2005 fue de 127.785 TM lo cual representa el mercado a competir por el fosfato tricálcico o roca fosfórica defluorinada.

### El proceso de producción de roca fosfórica defluorinada

La roca fosfórica defluorinada es producida en una planta de procedimiento húmedo donde la roca fosfórica proveniente del yacimiento se le agrega productos para la



TM/FT: Toneladas métricas de Fosfato Tricálcico.

Figura 1. Estimación de Fosfato Tricálcico por especie animal para el año 2006.

eliminación del F tales como ácido fosfórico y soda cáustica en cantidades controladas, produciendo una calcinación de la mezcla en un rango de temperatura de 2400 a 2450 °F (1300 a 1500°C). Todos los productos fosfáticos para alimentación animal requieren de cantidades específicas mínimas de P y Ca y máximas de F.

La reacción química que se produce se presenta en la siguiente fórmula:



En consecuencia la roca que mineralógicamente es una flúor apatita, por este proceso de eliminación del F en forma de vapor, se transforma en un fosfato tricálcico el cual contiene además 4 a 6% de sodio con una alta aprovechabilidad biológica.

La Tabla IX muestra la comparación de una roca defluorinada y el fosfato dicálcico que es la fuente importada más usada en la alimentación animal en Venezuela en su concentración de Ca, P, Na, K, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn y Se



Tabla IX. Caracterización de roca fosfórica defluorinada y fosfato dicálcico usados como suplemento en la alimentación animal.

Fuente*	%Ca	%P	%Na	%K	%Mg	mg/kg Mn	mg/kg Fe	mg/kg Cu	mg/kg Zn	mg/kg Se	Biodisponibilidad
DPR	33	18	4,5	0,09	-	220	9200	22	44	0,6	Media
DP	20	18,5	0,08	0,07	0,6	300	10000	80	220	0,6	Alta

\* DPR: roca fosfórica defluorinada; DP: fosfato dicálcico.

así como en la biodisponibilidad de cada fuente. Es importante destacar que las concentraciones de P en ambas fuentes es similar.

Por otro lado, la Figura 2 (Hallsworth y Fawcett, 2006) muestra el proceso industrial que es seguido en Florida, Estados Unidos, para la producción de roca fosfórica y que potencialmente puede ser implementado en Venezuela con especial énfasis en los yacimientos del Táchira. La roca fosfórica y el ácido fosfórico, las principales fuentes del proceso, son recibidas desde el almacén y alimentadas en el proceso bajo condiciones controladas. Conjuntamente con un aditivo que generalmente es soda cáustica, se introducen en un mezclador en húmedo para preparar esa mezcla tanto química como físicamente que alimenta el calcinador.

La eliminación del F de la roca fosfórica por calcinación a altas temperaturas (condiciones que permiten extraer el F) convierte al P que en la roca está bajo la forma no aprovechable de fluor apatita a una forma que es soluble en ácido cítrico o citrato de amonio. Esto es equivalente a formar un producto que es bioaprovechable y que tiene una relación P/F mayor de 100. El producto calcinado es enfriado y cribado para lograr el tamaño adecuado antes del ensacado. Este producto es conocido como Roca Fosfórica defluorinada (DFP) o fosfato tricálcico (TCP).

### La Potencialidad de la Producción de Fosfato Dicálcico en Venezuela

Los detalles sobre la producción y requerimientos de fosfato tricálcico en Venezuela descritos en los puntos anteriores se corresponden más para una posibilidad industrial en el estado Táchira para el aprovechamiento de los grandes yacimientos de Monte Fresco y Navay. Sin embargo, en el complejo petroquímico de PEQUIVEN, Morón, estado Carabobo, se dispone de los yacimientos de Riecito (estado Falcón), de una planta de producción de ácido fosfórico y de suficientes yacimientos de carbonato de calcio en varios Estados de la región central, por lo que la poten-

cialidad de producción industrial de Fosfato Mono y Dicálcico es mucho más factible.

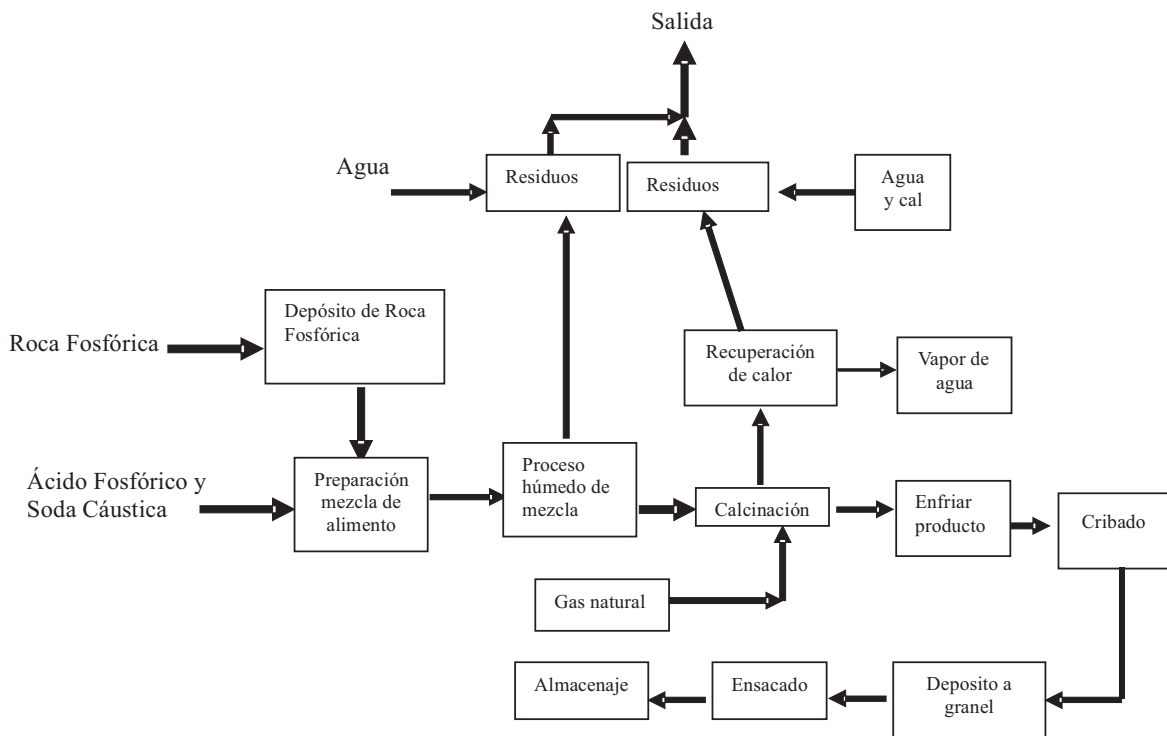
El esquema del proceso se observa en la Figura 3, el cual consiste en la producción de ácido fosfórico a partir de roca fosfórica defluorinada seguido de la defluorinación del ácido fosfórico y la reacción con carbonato de calcio para formar fosfato monocálcico o dicálcico.

El proceso incluye dos pasos (Figura 3, Hallsworth y Fawcett, 2006): la defluorinación del ácido fosfórico y la reacción, granulación y manejo de los sólidos. La eliminación del flúor del ácido fosfórico bajo la forma de ácido fluorsilícico, se obtiene con la incorporación de vapor, aire y aditivos (tierras diatomeas con suplencia de sílice) al ácido fosfórico el cual es alimentado al paso de reacción donde se mezcla con carbonato de calcio molido generándose el fosfato mono o dicálcico que luego es secado, clasificado por tamaño de sus gránulos donde los muy finos o muy gruesos son reciclados al proceso y los del tamaño adecuado son transferidos a un depósito en granel y luego ensacado para su comercialización.

### La demanda de fosfato dicálcico y de roca fosfórica defluorinada para el año 2012 y 2018

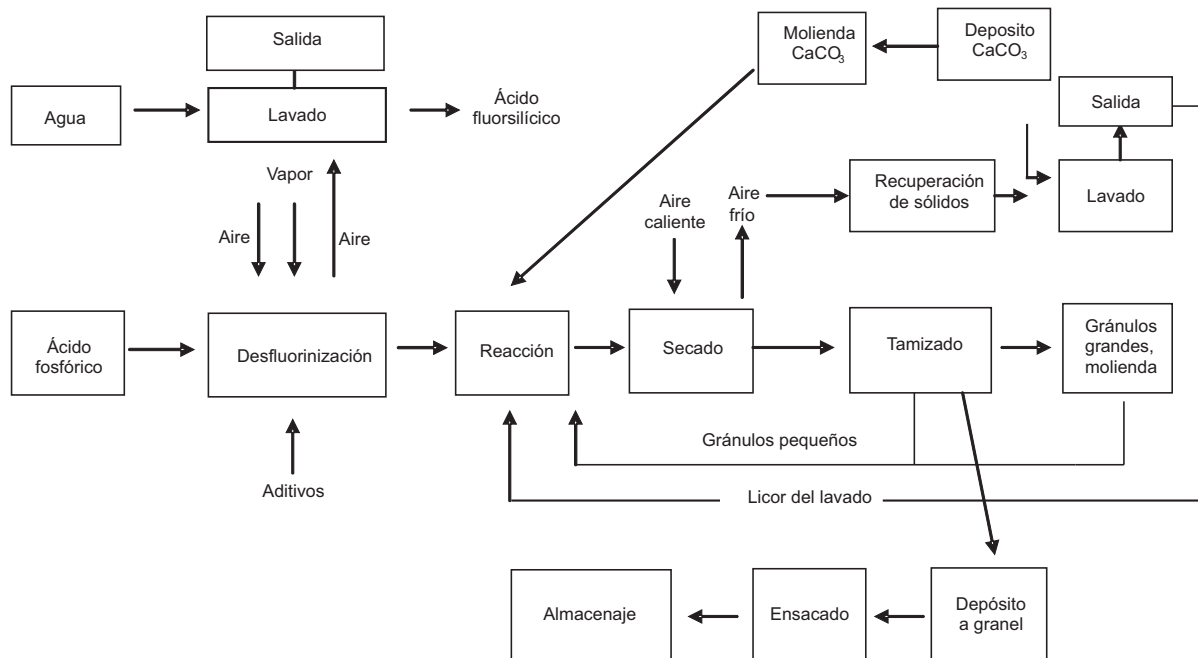
De acuerdo al Ex Ministro de Agricultura y Tierras, Dr. Juan de Jesús Montilla (Montilla et al., 2003) quién preparó un plan agrícola para Venezuela para los años 2006, 2012 y 2018 y en función de los requerimientos de carne y leche estimados para los años 2012 y 2018 para una población de 29.7 y 32.4 millones de personas, respectivamente, con un consumo de 3.000 kcal y 80 g de proteína per capita por día, con 100 g de carne por día y 400 g de leche por día (Montilla et al. 2003), las Tablas X y XI presentan las estimaciones de fosfato dicálcico y roca fosfórica defluorinada (fosfato tricálcico) para ambos años.

Para el año 2012 (Tabla X) se requerirían 183.655 toneladas de fosfato tricálcico para todas las especies animales y al incluir la suplementación de la mitad de la población bovina los requerimientos subirían a un total de 239.741



(Fuente: Hallsworth and Fawcett. s/f).

Figura 2. Esquema de proceso industrial de producción de roca fosfórica defluorinada o fosfato tricálcico.



(Fuente: Hallsworth and Fawcett. s/f).

Figura 3. Esquema de proceso industrial de producción de fosfato dicálcico.

Tabla X. Requerimientos de fosfato dicálcico y fosfato tricálcico (roca fosfórica defluorinada) proyectados al año 2012.

Año	Población Millones de habitantes	Especie Animal	Número de Cabezas	Alimentos Balancea-dos t/año	% Fosfato Dicálcico en la dieta	Fosfato* Dicálcico t/año	P t/año	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> t/año	Fosfato Tricálcico t/año
2012	29,7	Bovinos	11.500.000	1.100.000	0,6	6.600 ABA 30.220 SM	1.286 ABA 6.296 SM	2.945 ABA 14.418 SM	11.485 ABA 56.086 SM
		Cerdos	3.500.000	1.035.000	1,38	14.283	2.783	6.371	24.783
		Aves y Gallinas	150.000.000	2.098.000	4	83.920.	16.347	37.436	145.626
		Otros	-	35.000	2,9	1.015	197	452	1.761
		Solo ABA				105.818	20.613	70.743	183.655
		ABA +SM				136.038	26.909	120.699	239.741
		Total			4.268.000		136.038	26.909	120.699

Fuente: Montilla et al., 2003 y cálculos propios.

\* ABA: alimentos balanceados; SM: suplementos minerales.

Tabla XI. Requerimientos de fosfato dicálcico y fosfato tricálcico (roca fosfórica defluorinada) proyectados al año 2018.

Año	Población Millones de habitantes	Especie Animal	Número de Cabezas	Alimentos Balancea-dos t/año	% Fosfato Dicálcico en la dieta	Fosfato* Dicálcico t/año	P t/año	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> t/año	Fosfato Tricálcico t/año
2018	32,4	Bovinos	12.210.641	1.200.000	0,6	7.200 ABA 104.789 SM	1.403 ABA 21.815 SM	3.213 ABA 49.956 SM	12.538 ABA 192.138 SM
		Cerdos	3.830.000	1.122.000	1,38	15.484	3.016	6.906	26.561
		Aves y Gallinas	187.000.000	3.364.615	4	134.585	26.217	60.036	230.907
		Otros	-	45.547	2,9	1.321	257	588	2.261
		Solo ABA				158.590	30.893	70.743	272.087
		ABA +SM				263.379	51.305	120.699	464.225
		Total			5.732.162		263.379	51.205	120.699

\* ABA: alimentos balanceados; SM: suplementos minerales.

Fuente: Montilla et al., 2003 y cálculos propios.

toneladas. Esta cifra a solo 4 años de la actualidad, ya debería tomarse en cuenta a los fines de realizar las acciones que permitan satisfacer esa demanda.

Para el año 2018 (Tabla XI) y si se toma en consideración sólo lo que se consumiría por concepto de alimentos balanceados se requeriría 272.087 toneladas de fosfato tricálcico para todas las especies animales y si se incluye el potencial de suplementación del 50% del rebaño de bovinos los requerimientos subirían a 464.225 toneladas. Esto

es equivalente a 158.590 y 263.379 toneladas de Fosfato Dicálcico, respectivamente. La población pasaría en el 2006 de 26 MM de personas a 32.4 MM de personas en el 2018 con un aumento de 6.4 MM de personas y la potencialidad de producción de la planta de fosfato tricálcico pasaría de 169.000 TM/año en el 2006 a 464.225 TM/año si se incluyen los alimentos balanceados y los suplementos minerales y a 272.087 TM/año si se considera sólo los alimentos balanceados.

## Referencias Bibliográficas

- AFACA. (2005). **Asociación de Fabricantes de Alimentos Concentrados en Venezuela**. Base de datos estadística, <http://www.afaca.com.ve>
- ARISPE, E. (1995). Estudio del efecto de la ingestión de mezclas minerales con diferentes niveles de roca fosfórica (Monte Fresco) sobre ovinos en crecimiento, Trabajo de Ascenso para Profesor Asistente, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias, Departamento de Producción Animal, Cátedra de Nutrición Animal, Maracay, Aragua, Venezuela. 101 p.
- BETANCOURT, R., CHACÓN, E., BRITO C. (2005). **Como identificar un buen suplemento mineral**. Cátedra de Nutrición Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela. Mimeografiado, 36 p.
- CANELÓN, C. (2002). Situación y perspectiva del circuito lácteo (I parte). En: **Agroservicios**, año 3, N° 7: 46-50.
- CHICCO, C., GODOY, S. (2005). **Restricciones y alternativas para la nutrición de bovinos en el trópico**. En: R. Romero, J. Salomón y J. De Venanzi (Eds.). XX Cursillo sobre Bovinos de Carne. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. pp 157-190.
- FAO (2006). **Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación**. Base de datos estadística integrada on-line. <http://faostat.fao.org/>
- GODOY, S. (1997). Fosfatos de yacimientos en la nutrición animal. Tesis Doctoral, Doctorado en Ciencias Agrícolas, Comisión de Estudios de Postgrado, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Aragua, Venezuela. 219 p.
- GODOY, S., CHICCO, C. (1991). Evaluación de fosfatos de yacimientos para la alimentación animal. II Reunión de la Red Latinoamericana de Roca Fosfórica. **Revista FACULTAD DE AGRONOMÍA** (CASANOVA, E. Y A. LÓPEZ, EDS.), 17 (1-4):281-298.
- HALLSWORTH, J., FAWCETT, C. (2006). **Manufacture & use of animal feed ingredients derived from phosphate rock**. Davy Process Technology. [John.hallsworth@davyprotech.com](mailto:John.hallsworth@davyprotech.com); [chris.fawcett@davyprotech.com](mailto:chris.fawcett@davyprotech.com)
- MARTÍNEZ DE ACURERO, M., CAPO, E., DE SAUME, I., CHICCO, C.F., GODOY, DE LEÓN, S., QUINTANA, H. (1987). Evaluación de tres fuentes fosfóricas en la suplementación de ovinos, **ZOOTECNIA TROPICAL**, Vol. 5(1 y 2):27-39.
- MONTILLA, J.J., MARÍN, D., BRICEÑO, M. (2003). **Agricultura: base del progreso**. Ministerio de Educación Superior, Consejo Nacional de Universidades, Oficina de Planificación del Sector Universitario, Caracas, Venezuela. 119 p.p.
- SOTO, H., GARMENDIA, J. (1997). Uso de fuente nacional de fósforo en la suplementación de novillas Brahman, **ZOOTECNIA TROPICAL**, VOL. 15(2):159-175.