

## CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL PERMEADO DE SUERO COMO ABONO. VARIACIÓN ESTACIONAL Y POR PROCEDENCIA

FELLI, O. M.<sup>1</sup>; BADINO, O.<sup>1</sup>; PILATTI, M. A.<sup>1</sup> & ALESSO, C. A.<sup>1</sup>

### RESUMEN

El permeado de suero (PS) es un subproducto de la elaboración de quesos y de la extracción de concentrados proteicos del suero. Contiene lactosa y sales minerales, posibles nutrientes para los cultivos que puede utilizarse como complemento de la fertilización. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de los diferentes meses del año sobre parámetros químicos y físico-químicos del PS en dos procesadoras lácteas ubicadas en la Región Centro de Argentina. Se analizaron: pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos totales (ST), nitrógeno (Nt), fósforo total (Pt), potasio (K), sulfatos (SO<sub>4</sub>), calcio (Ca), magnesio (Mg), cloruros (Cl), sodio (Na) y metales pesados. No se obtuvieron diferencias significativas en los parámetros analizados en cada planta láctea a través del año; sin embargo, se observaron diferencias entre plantas procesadoras para: pH; CE; Pt; Na; Cl; Ca y Mg. No se detectaron metales pesados. Como nutrimento, el aporte más importante lo constituyen el K, Ca y P y en menor medida el N, S y Mg. El contenido de sodio, cloruros, así como también de salinidad son elevados, motivo por el cual resulta conveniente evaluar su posible uso directo en el suelo tomando decisión sobre su monitoreo periódico. La comparación de contenidos del PS, entre países, presenta diferencias.

*Palabras claves:* permeado de suero, composición química, nutrimentos, abono suelos.

### SUMMARY

#### **Chemical characterization of whey permeate as fertilizer. Seasonal variation and by origin.**

A by product of the cheese production and the extraction of whey protein concentrates is the whey permeate (WP). It contains lactose and mineral salts, potential crop nutrients that can be used to supplement fertilization. The aim of this work was to evaluate the effect of the different months over chemical and physical-chemical parameters of WP, from two dairy processors located in the Central Region of Argentina. Were analyzed: pH, conductivity (CE), total solids (TS), nitrogen (Nt),

---

\* CAI+D 2009. 12/ C 117

1.- Facultad de Ciencias Agrarias (UNL). Kreder 2805. (3080) Esperanza, provincia de Santa Fe. Email: obadino@fca.unl.edu.ar

Manuscrito recibido el 14 de junio de 2012 y aceptado para su publicación el 15 de febrero de 2013.

total phosphorus (Pt), potassium (K), sulfate (SO<sub>4</sub>), calcium (Ca), magnesium (Mg), chlorides (Cl), sodium (Na) and heavy metals. There were no significant differences in the parameters analyzed in each dairy plant throughout the year, however, there were differences between processing plants for: pH, CE, Pt, Na, Cl, Ca and Mg. No heavy metals were detected. As a nutrient, the most important contribution are the K, Ca and P and to a lesser extent the N, S and Mg. The sodium, chlorides, as well as the salinity is high, to assess their potential. Therefore, it is desirable to use directly on the ground, making decisions with periodic monitoring. The contents of WP differs between countries.

*Key words:* whey permeate, chemical composition, nutrients, fertilizer.

## INTRODUCCIÓN

Las tendencias de las actuales innovaciones tecnológicas provocan que los subproductos se reutilicen en otros procesos productivos, dándoles valor agregado y evitando desperdicios que puedan ocasionar problemas de contaminación ambiental (Giufre, 2003).

Un subproducto abundante de la industria láctea es el permeado de suero (PS) que se obtiene como remanente en procesos de ultrafiltración del suero para la producción de concentrados con alto contenido proteico denominado whey proteins concentrate, (WPC), los cuales contienen entre el 35 al 80% de proteína (Pavel, 1979; González, 1996; Grasselli, 1997; Faría, 2003; Shaller, 2008).

El PS es rico en lactosa y sales minerales (Grasselli *et al.*, 1997; Shaller, 2008) con lo cual podría aprovecharse como nutrimentos para los cultivos (Wendorff, 1989; Barnett, 2006), puesto que contiene nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca), magnesio (Mg), pudiendo complementar otras fuentes de fertilizantes. (Wendorff, 1989; Barnett & Russell, 2006).

Los cultivos se fertilizan para suministrar los nutrimentos que no se hallan presentes en suficientes cantidades o accesibles en el suelo. De esta manera a través de la composición química de los fertilizantes más usados se puede considerar los efectos de cada

nutrimento y la interacción entre los mismos. En el cuadro 1 se puede apreciar la composición química (grado) de algunos fertilizantes más usados en la región centro de Argentina. Si se determinan las dosis equivalentes en fertilizantes de cada uno de los componentes químicos del PS, se podría mejorar el diseño del programa de fertilización para optimizar sus efectos y evitar o disminuir consecuencias negativas al ambiente.

En Estados Unidos, Canadá y Nueva Zelanda se utiliza el PS en aplicaciones al suelo como fertilizante (Sharrat *et al.*, 1959; Kelling *et al.*, 1981; Wendorff, 1989, 1993; Bernard 1995, 2004; Rodenberg, 1998; Barnett *et al.*, 2006; Ghaly *et al.*, 2007). En Wisconsin (Estados Unidos) el 63% de las procesadoras lácteas producen PS y el 43% se lo utiliza como abono de suelos (Wendorff, 2009). En cuanto a los contenidos de sodio (Na), cloruros (Cl), sales, olores y acidez, ello implicará el seguimiento, control y propuesta de remediación preventiva ya que podrían ocasionar daños a los cultivos y a las propiedades físicas, físico químicas y químicas del suelo, constituyéndose también en una potencial fuente de contaminación para agroecosistemas y acuíferos (Hort, 1974; Rail, 1989; Matzke *et al.*; 1993; Bernard, 1995, 2004).

En Canadá se utiliza también otro subproducto de la industria láctea en la fertilización del suelo: el Licor de Lactosuero (LLS) que es similar al PS; en el proceso de obtención

Cuadro 1: Composición química (grado) de fertilizantes agrícolas más usados en la zona centro de Argentina (Adaptado de H.E. Echeverría y F.O. García (eds.), 2005)

FERTILIZANTES	N	P	K	Ca	Mg	S	OTROS NUTRIMENTOS
----- % -----							
Nitrogenado							
Urea	46						
Fosfatados							
Fosfato diamónico	18	20					
Superf. triple de calcio		20		14			
Azufrado							
Yeso (SO <sub>4</sub> Ca . 2H <sub>2</sub> O)				20 -30		13 - 19	
Potásico							
Cloruro de potasio			50				46% Cl
Nitrato de sodio y potas.	15		12				12%Na
Magnésico							
Dolomita				21 - 45	7 - 21		
Cálcico							
Carbonato de calcio				27 - 45			

se extrae la lactosa del PS dejándolo con un 5% de proteínas (Bernard, 1995, 2004).

Las cantidades de PS aplicadas al suelo varían en los distintos países. Desde 26.000 L ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> en Canadá (Matzke *et al.*, 1993); 40.000-50.000 L ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> en Nueva Zelanda (Barnett *et al.*, 2006) y 60.000 L ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> en Wisconsin (Estados Unidos) (Wendoff, 1993).

En Argentina una de las procesadoras lácteas en estudio se encuentra en la provincia de Córdoba donde se producen quesos duros, semiduros, caseína, queso rallado y manteca, mientras que en la provincia de Santa Fe se elaboran quesos blandos, semiduros, fundido, crema y leche en polvo. En ambas plantas, a partir de un proceso de ósmosis inversa y ultrafiltración del suero de queso se obtiene WPC con un contenido proteico del 35 al 45% y PS como un efluente industrial.

Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar a lo largo del año parámetros quí-

micos y físico-químicos, sin considerar a la lactosa, del PS procedente de dos plantas procesadoras, con el fin de ser utilizado como abono para cultivos de maíz y alfalfa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se caracterizó el Permeado de Suero (PS), proveniente de dos procesadoras lácteas: una ubicada en la localidad de Rafaela, provincia de Santa Fe (SFE), y otra en Tío Pujio, provincia de Córdoba (CBA), Durante 2007 y 2008 se tomaron muestras mensuales de PS tomando como replicas las correspondientes a meses homónimos, provenientes de dichas plantas procesadoras siguiendo los protocolos de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; APHA, AWWA, WEF 2001. A cada muestra se le determinó: pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos totales (ST), nitrógeno total (Nt), fósforo

total (Pt), sulfatos (SO<sub>4</sub>), cloruros (Cl), sodio (Na), calcio (Ca) y magnesio (Mg). En el Cuadro 2 se resumen las técnicas analíticas empleadas para cada determinación. La posible presencia de metales pesados se verificó a través de tres muestras según las determinaciones presentadas en el Cuadro 3.

Se aplicó estadística descriptiva a la composición media del PS proveniente de las dos plantas procesadoras en estudio y su variación durante el año. Con los datos analíticos de las muestras mensuales se evaluaron las diferencias entre sitios (i.e. plantas procesadoras) y épocas del año (i.e. estaciones) mediante análisis de la varianza y prueba de Tukey ( $P > 0,05$ ) para cada parámetro. Mediante análisis de componentes principales se examinó la asociación de parámetros del PS. Se empleó el software estadístico R. (R Development Core Team, 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se trata de establecer diferencias en la cuantificación anual de los parámetros del PS y si existe relación con la estacionalidad. En el Cuadro 4 se presenta la descripción estadística de ambas procesadoras (Córdoba y Santa Fe). Se encontraron variaciones en la composición del PS en cada Planta procesadora y entre ellas como así también a través del año. Los mayores coeficientes de variación (CV) corresponden a los contenidos de SO<sub>4</sub> (36%); Pt (17%) y Nt (14-20%). El CV del Cl oscila entre el 6-10 % y el del Mg 10-13% en las plantas de Córdoba y Santa Fe respectivamente. Los demás componentes (pH; CE, ST, K, Ca, Na) poseen similares % CV a través del año.

En el Gráfico 1 se visualiza la evolución mensual promedio de los parámetros analizados. Ninguno de los componentes

*Cuadro 2: Determinaciones analíticas realizadas al permeado de suero (PS) en dos procesadoras lácteas. (CBA = Córdoba y SFE = Santa Fe) (Argentina).*

DETERMINACIONES ANALÍTICAS	MÉTODO O INSTRUMENTAL	FUENTE <sup>(1)</sup>
pH	Método Potenciométrico	4500 – H+B
Conductividad Eléctrica (mS/m) (20° C)	Conductímetro	2510 B
Sólidos totales (g/L)	Secado en estufa 105 °C	2540 B
Nitrógeno total (mg/L N)	Método de Kjeldhal	4500 - Norg C
Fósforo total (mg/L P)	Colorimetría de ácido ascórbico	4500 – P C
Cloruros (mg/L Cl <sup>-</sup> )	Titulación argentométrica	4500 – Cl- B
Sulfatos (mg/L SO <sub>4</sub> )	Turbidimetría	4500 – SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E
Sodio (mg/L Na)	Fotometría de llama	3500 – Na B
Potasio (mg/L K)	Fotometría de llama	3500 – K D
Calcio (mg/L Ca)	Absorción Atómica (FAAS)	3500 – Ca B
Magnesio (mg/L Mg)	Absorción Atómica (FAAS)	3500 – Mg B

(1) Fuente: Para los análisis se utilizaron métodos normalizados, propuestos por "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA) 20th Edition, (2001).

FAAS: Espectrometría de Absorción Atómica de Llama.

mostró diferencias asociadas con un patrón estacional ( $P > 0,05$ ) a lo largo de todo el año. Si bien la composición química de la dieta de los animales y el posible efecto de dilución por mayor cantidad de leche en los meses de primavera-verano, respecto del invierno, podrían presentar un efecto sobre dicha composición, los valores medios citados en el cuadro 4 señalan una constancia en los guarismos de los parámetros analizados. Las pequeñas discrepancias que se observan para cada componente en particular puede atribuirse a los procesos industriales utilizados durante la elaboración de los diferentes tipos de productos. En la Planta de Córdoba se producen quesos duros, semiduros, caseí-

na, queso rallado, manteca y concentrado de proteínas de suero (WPC). En la de Santa Fe, quesos blandos, semiduros, fundido, crema, leche en polvo y WPC.

En síntesis: si se pretende la utilización periódica a campo del PS deberá implementarse, antes de su aplicación, un monitoreo frecuente en un todo de acuerdo con la dinámica de producción.

Con respecto al PS procedente de ambas procesadoras se observa en el gráfico 1 y el cuadro 4 que los niveles de pH, Nt, Na, SO<sub>4</sub> y K son más elevados en Santa Fe que en Córdoba, mientras que CE, ST, Pt, Cl, Ca y Mg fueron mayores en Córdoba que en Santa Fe.

Cuadro 3: Determinaciones analíticas de metales pesados en permeado de suero (PS) de dos plantas lácteas. (CBA = Córdoba y SFE = Santa Fe) (Argentina).

DETERMINACIONES <sup>(1)</sup>	INSTRUMENTAL <sup>(*)</sup>	RESULTADOS <sup>(2)</sup>
Cadmio (mg/L Cd)	Absorción Atómica (FAAS)	ND (0,1)
Zinc (mg/L Zn)	Absorción Atómica (FAAS)	2,1 (0,05)
Cobre (mg/L Cu)	Absorción Atómica (FAAS)	ND (0,1)
Cromo total (mg/L Cr)	Absorción Atómica (FAAS)	ND (0,1)
Cobalto (mg/l Co)	Absorción Atómica (FAAS)	ND (0,1)
Manganeso (mg/L Mn)	Absorción Atómica (FAAS)	ND (0,1)
Mercurio (mg/L Hg)	Absorción Atómica (CV FI AAS)	ND (0,01)
Níquel (mg/L Ni)	Absorción Atómica (FAAS)	ND (0,5)
Plomo (mg/L Pb)	Absorción Atómica (FAAS)	ND (0,5)
Molibdeno (mg/l Mo)	Absorción Atómica (FAAS)	ND (0,5)
Arsénico (mg/l As)	Absorción Atómica (FI HG AAS)	ND (0,05)

(1) Fuente: Para los análisis se utilizaron métodos normalizados propuestos por el "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA). 20th Edition, (2001).

(2) Laboratorio de química de la Facultad Regional Rafaela de la UTN y el Laboratorio Central de servicios Analíticos de la Fac. de Ingeniería Química (UNL). ND: no detectado. El valor entre paréntesis expresa el límite de detección del método empleado.

(\*)FAAS: Espectrometría de Absorción Atómica de Llama. CV FI AAS: Espectrometría de Absorción Atómica con Inyección de flujo y vapor frío.

Según el análisis de componentes principales del Gráfico 2, el 77% de la variación observada en los 11 parámetros estudiados del PS puede resumirse en dos componentes principales (CP). En el gráfico de scores CP 1 vs CP 2 -45% y 18% de la varianza explicada respectivamente- se observa que las muestras de cada planta procesadora se ubicaron en sectores opuestos del CP1 y asociado positivamente ( $r > 70\%$ ) con los contenidos de Pt, Cl, Mg, Ca, CE y ST y éstos, a su vez, en asociación positiva entre sí. El pH y SO<sub>4</sub> tuvieron un comportamiento opuesto a este grupo de variables, siendo su correlación con el CP1 negativa. Esto sugiere que el permeado de suero proveniente de las plantas SFE y CBA tienden a

diferenciarse por sus contenidos de pH, Pt, Cl, Mg y Ca principalmente. El CP2 estuvo correlacionado con los contenidos de K, Nt y ST. No obstante, sobre este eje no se observó un patrón en la distribución de las observaciones en función de la procedencia.

Ahora bien, si se considera la composición promedio anual del PS, la cantidad de K, Ca y P constituyen el aporte más importante en nutrientes y en menor medida el N, S y Mg indistintamente para ambas procesadoras lácteas.

En el Cuadro 5 se comparan los aportes de nutrientes al suelo por el PS de las procesadoras Argentinas, de Nueva Zelanda y Wisconsin (EE.UU.). Para el cálculo se utilizó una dosis baja ( $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ).

Cuadro 4: Composición media y variación anual del permeado de suero en dos procesadoras lácteas. (CBA = Córdoba y SFE = Santa Fe) (Argentina). (Letras distintas en las filas significan diferencias estadísticamente significativas al 5%)

Componente	Planta CBA				Planta SFE			
	Media	CV (%)	Mínimo	Máximo	Media	CV (%)	Mínimo	Máximo
pH	4,82 a	6	4,30	5,20	5,61 b	8	4,99	6,52
CE (mS m <sup>-1</sup> )	13,3 a	4	12,45	14,1	12,5 b	5	11,77	13,8
ST (g L <sup>-1</sup> )	124,7 a	7	107,8	134,8	115,9 a	5	106,2	123,7
Nt (mg L <sup>-1</sup> )	774,0 a	14	600,0	983,5	872,1 a	20	681,5	1150,0
Pt (mg L <sup>-1</sup> )	1133,1 a	16	891,5	1429,3	833,4 b	17	518,2	993,0
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	3967,4 a	10	3127,9	4683,4	3138,2 b	6	2721,7	3522,8
SO <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	326,5 a	36	99,3	510,9	492,3 a	36	262,6	835,3
Na (mg L <sup>-1</sup> )	943,0 a	10	802,5	1107,0	1117,8 b	10	899,0	1244,5
K (mg L <sup>-1</sup> )	3133,6 a	7	2750,0	3625,5	3245,2 a	5	3059,5	3560,0
Ca (mg L <sup>-1</sup> )	1582,2 a	9	1302,5	1876,5	862,2 b	7	760,0	961,5
Mg (mg L <sup>-1</sup> )	189,4 a	10	164,5	230,0	152,6 b	13	133,0	194,0

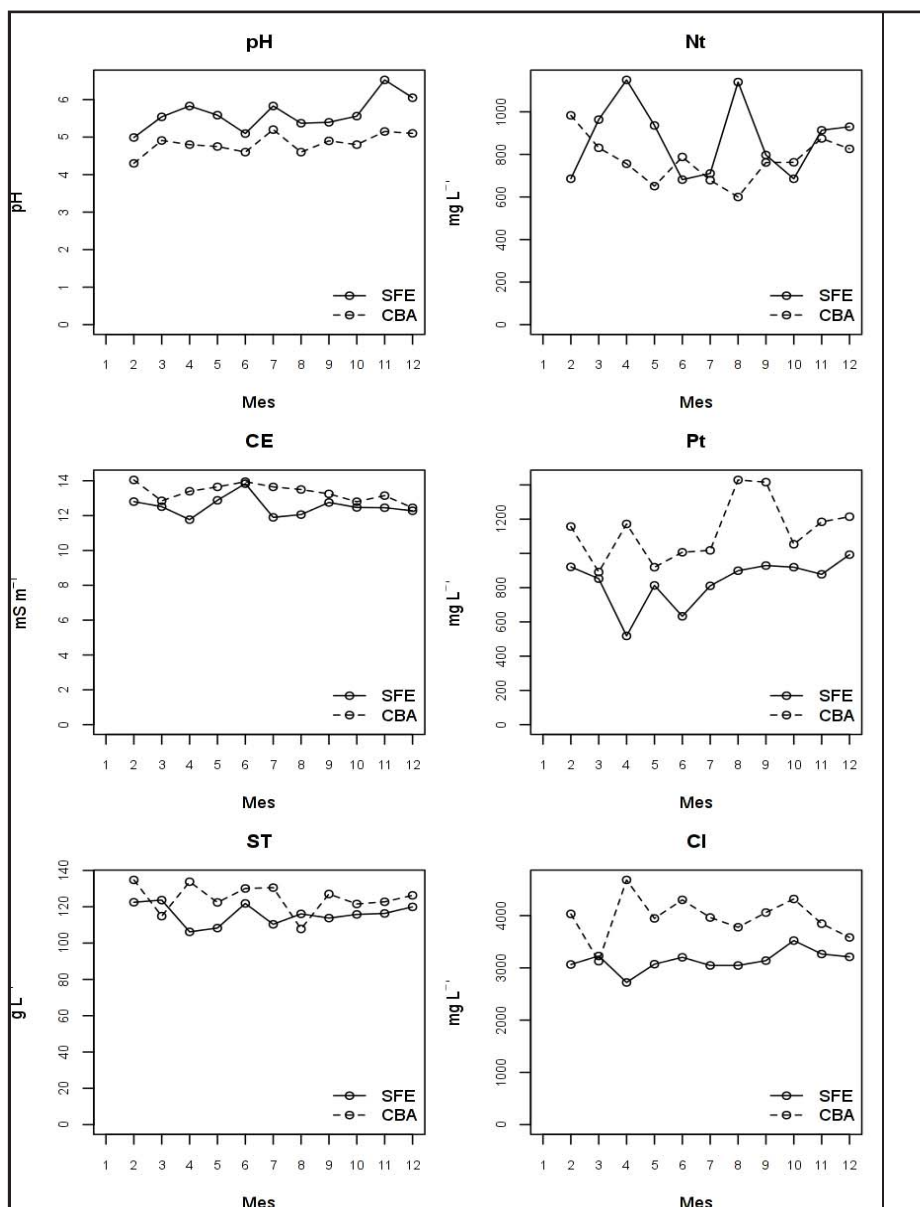


Fig. 1: Evolución mensual promedio de los componentes del permeado de suero proveniente de dos procesadoras lácteas. (CBA = Córdoba y SFE = Santa Fe) (Argentina). Continúa en página siguiente.

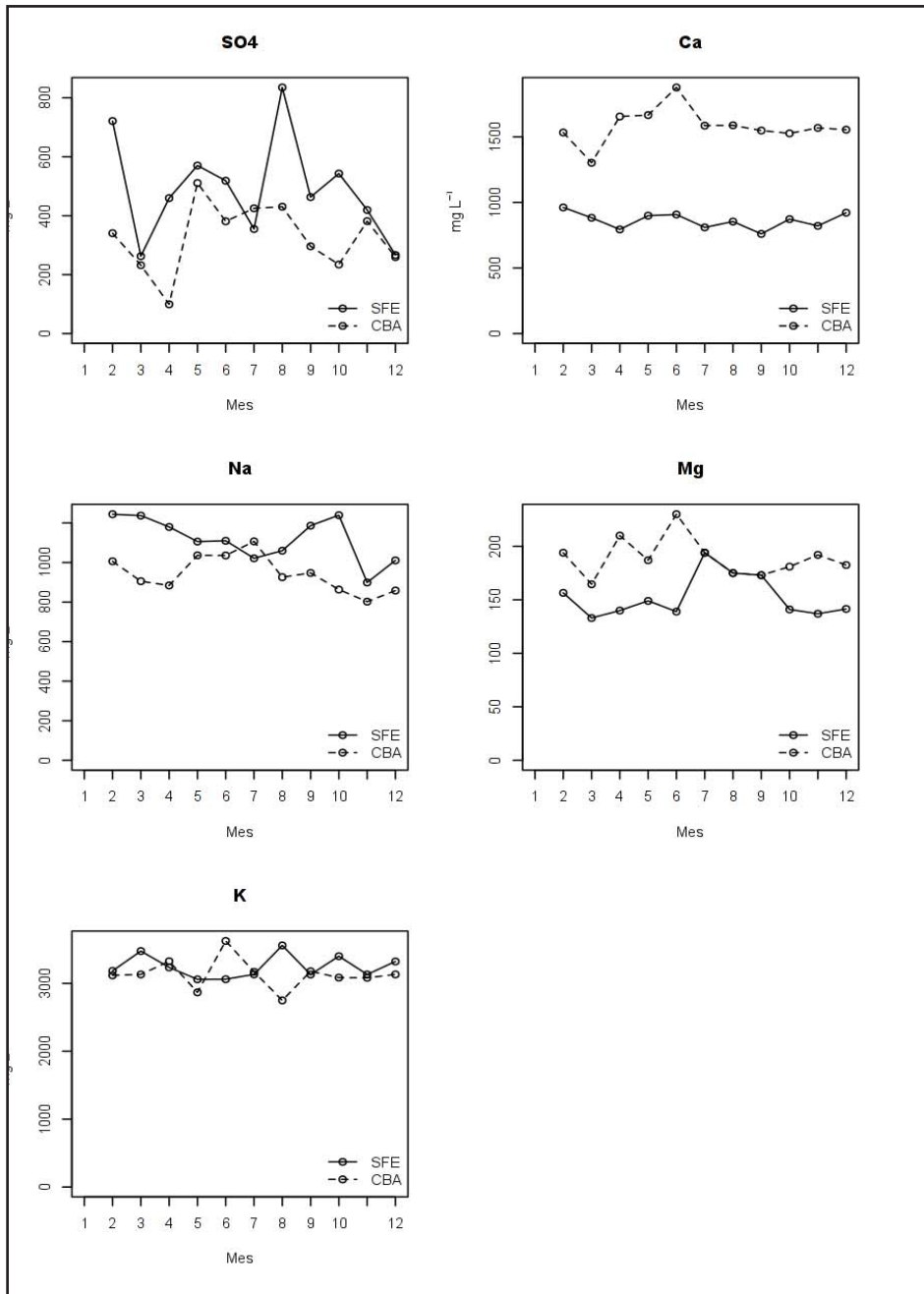


Fig. 1: Viene de página anterior.





Cabe acotar que el aporte de nutrimentos por parte del PS, en otros lugares del mundo, difiere de los encontrados en las procesadoras lácteas de SFE y CBA. Este comportamiento podría estar relacionado con la materia prima utilizada, productos, tipos y cantidades elaborados, como así también a los procesos empleados.

Como se ha visto, el PS, es rico en P, K y Ca y algunos suelos, de la región central de Argentina, presentan respuestas a la

fertilización con P y S y como enmienda al Ca, no teniendo igual comportamiento el K cuya reserva y disponibilidad en el material de origen, en general, es alta con todo lo cual, podría esperarse mejoras en la productividad y sustentabilidad de la mayoría de los forrajes y cultivos. En relación con el N y S, las cantidades aplicadas con el PS oscilan de media a muy bajas lo que puede sugerir el uso de una dosis más alta de PS: i.e. 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, con el correspondiente ajuste

*Cuadro 5: Aporte de nutrimentos al suelo por el PS y dosis equivalentes comparativas en fertilizante comercial para una dosis de aplicación de 30 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de PS. Valores promedios en las procesadoras lácteas: (CBA = Córdoba y SFE = Santa Fe, Argentina); Canterbury (Nueva Zelanda); Wisconsin (Estados Unidos de Norteamérica). (Los números entre paréntesis indican los límites del intervalo de confianza 95% para la composición media del PS de las procesadoras estudiadas y de cada uno de sus equivalentes en fertilizantes).*

Componentes PS y Equiv. en fertilizantes comerciales	Planta CBA Argentina Para 30m <sup>3</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	Planta SFE Argentina Para 30m <sup>3</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	Promedio Nueva Zelanda <sup>(1)</sup> Para 30m <sup>3</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	Promedio Wisconsin (EU) <sup>(2)</sup> Para 30m <sup>3</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )
Nitrógeno total	23,2 (21,1-25,4)	26,2 (22,7-29,6)	12	16,1
Urea	50 (45,9-55,2)	57 (49,3-64,3)	26,1	35
Fósforo total	34,0 (30,4-37,5)	25,0 (22,2-27,8)	7	14,6
SFTCa o FDA	170 (150,2-185,5)	125 (111-139)	35	73
Cloruros	119,0 (110,9-127,1)	94,1 (90,3-98,03)	s/d	35,5
ClK	258,7 (241,1-276,3)	204,6 (196,3-213,1)	s/d	77,2
Sodio	28,3 (26,4-30,1)	33,5 (31,3-35,8)	10	s/d
NO <sub>3</sub> Na	235,8 (220-250,8)	279,2 (260,8-298,3)	83,3	s/d
Potasio	94,0 (89,5-98,5)	97,4 (93,94-100,8)	33	52,7
ClK	188 (179-197)	194,8 (187,9-201,6)	66	105,4
Calcio	47,5 (44,8-50,2)	25,9 (24,7-27,1)	9	10,8
Yeso (15%S)	316,7 (298,7-334,7)	172,7 (164,7-180,7)	60	72
CO <sub>3</sub> Ca (36%Ca)	131,9 (124,4-139,4)	71,9 (68,6-75,3)	25	30
Magnesio	5,7 (5,3-6,0)	4,6 (4,2-5,0)	2	2
Dolomita (14%Mg)	40,7 (37,8-42,8)	32,8 (30-35,7)	14,3	14,3
S-Sulfato	9,8 (7,5-12,1)	14,8 (11,3-18,3)	s/d	s/d
Yeso (15%S)	65,3 (50-80,7)	98,7 (75,3-122)	s/d	s/d

(1) Composición promedio del PS de Nueva Zelanda elaborado a partir de bibliografía del Instituto Cawthron New Zealand dairy Research Institute (NZDRI data).

(2) Wendorf, W L (1993)

(3) FDA = Fosfato Diamónico; SFTCa = Superfosfato triple de calcio; s/d (sin datos).

de la frecuencia de aplicación y el monitoreo periódico del suelo en pos de evitar antagonismos y contaminación de algunos de los componentes ya sea en el agroecosistema o en acuíferos.

En los países donde se utiliza el PS como abono, se consideran no sólo los nutrimentos para las plantas, si no a las características del sitio: tipos de suelos y propiedades geológicas, infiltración y conductividad hidráulica de los suelos, (Wisconsin Administrative Code- NR 214), relación C/N y humedad (Wendorff, 1993) y el aporte de todos los fertilizantes utilizados en el predio incluyendo los de origen orgánico. Asimismo, Na, Cl y sales en general, deben ser consideradas ya que sus niveles en solución pueden limitar la dosis a aplicar. En Argentina no existe normativa específica para la aplicación de PS.

Según los resultados del análisis químico de metales pesados, en muestras de PS, se observan vestigios de metales pesados, dentro de los parámetros de sensibilidad del equipamiento utilizado en su determinación que no representan riesgo de contaminación (Cuadro 3).

## CONCLUSIONES

Se encontraron variaciones en la composición del PS en cada planta procesadora y entre ellas como así también a través del año. Ninguno de los parámetros mostró diferencias asociadas con un patrón estacional ( $P > 0,05$ ) a lo largo de todo el año. Se detectaron diferencias entre plantas para los niveles medios de pH, CE, Pt, Na, Cl, Ca y Mg, siendo el PS, proveniente de la planta CBA, el que tuvo mayores niveles de: acidez (menor pH), Pt, Cl, Ca y Mg, así como el valor de la CE.

El PS puede representar una forma de

aportar macronutrientes para los cultivos como K, Ca, P y favorecer la reposición al suelo de N, S y Mg. Sin embargo los contenidos de sodio, cloruros y sales son elevados y deben controlarse.

Por último no existen riesgos por metales pesados en la composición ya que los mismos no fueron detectados en el PS con excepción de vestigios de Zn en la planta de CBA.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Empresa Molino Hnos. S.A. por brindar la posibilidad de realizar este trabajo otorgando los medios necesarios para su ejecución.

## BIBLIOGRAFÍA

- BADINO O.; M. A. PILATTI; O. FELLI; P. E. WEIDMANN & P. GHIBERTO.** 2011. Permeado de suero como abono: Respuesta de maíz para silo y efectos en un Argiudol de la Pampa Ilana Santafesina. Revista FAVE. ISSN 1666-7719. Vol. 10 (1-2):77-85.
- BADINO, O.** 2010. Permeado de suero de queso como abono en la región centro de Argentina: Estudio de casos en Santa Fe y Córdoba. M.Sc Tesis. Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Santa Fe.
- BARNETT, J. W. & J. M. RUSSELL.** 2006. Application of whey permeate as a Fertiliser replacement in Canterbury, New Zealand. New Zealand Dairy Reserch Institute.
- BERNARD, F.** 1995. Guide de bonnes pratiques. Valorisation agricole de la liqueur de lactosérum. LES FROMAGES SAPUTO LTEE.

- BERNARD, F.** 2004. Plan Agroambiental de Valorización. Valorización Agrícola del licor de lactosuero. Experts-conseils 2840, boul. Laframbois Saint-Hyacinthe /QC) J2S 4Z1 Canada. LES FROMAGES SAPUTO LTÉE.
- FARÍA, J.; A. GARCÍA & A.C. GARCÍA.** 2003. Eficiencia en la concentración de la proteína de lactosuero con una planta móvil de ultrafiltración y nanofiltración. *Rev. Científ. FCV-LUZ*. XIII (5): 347-351.
- GHALY, A. E.; N. S. MAHMOUD; D. G. RUSHTON & F. ARAB.** 2007. Potential Environmental and Health Impacts of High Land Application of Cheese Whey. *American Journal of Agricultural and Biological Science* 2 (2): 106-117. ISSN 1557-4989.
- GIUFRÉ, L.** 2003. Impacto ambiental en agrosistemas. pp 267. Editorial EFA-Orientación Gráfica Editora SRL.
- GONZALEZ, M. I.** 1996. The biotechnological utilization of cheese whey: A review. *Biores Tech.* 54: 1-11.
- GRASSELLI, M.; A. A. NAVARRO, H.M. FERNÁNDEZ; M.V. MIRANDA; S.A. CAMPERI & O. CASCONI.** 1997. ¿Qué hacer con el suero del queso? *Ciencia Hoy*. 8(43): 12-17.
- HORT, B.T.** 1974. A compilation of Australian Water quality criteria. Australian water resources council. Department of environment and conservation. Australian government publ. Serv., Canberra. Tech. pp 7.
- KELLING, K. A. & A. E. PETERSON.** 1981. Using whey on agricultural land B A disposal alternative. *UW Extension Bulletin A3098*.
- MATZKE, S. & W. L. WENDORFF.** 1993. Chloride in cheese manufacturing wastes to be land spread on agricultural land. *Bioresource Technol. Bioresource Technology*. Volume 46: Issue 3 pp 251-253.
- PAVEL, J.** 1979. Industrial whey processing technology: An overview. *J. Agric. Food Chem.* 27(4): 658-661.
- RAIL, C. D.** 1989. Groundwater contamination, Sources, Control, and Preventive Measures, Technomic Publishing Company, Lancaster, Pennsylvania.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM.** 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- RODENBERG, J.** 1998. Waste management issues for dairy processors. Department of natural Resources. Wisconsin.
- SHALLER, A.** 2008. Sueros de lechería. Dirección de Industria Alimentaria y Agroindustria. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- SHARRAT, W. L.; A.E. PETERSON & H.E. CALBERT.** 1959. Whey as a source of plant nutrients and its effect on the soil. *J. Dairy Sci.*,42, 1126-31.
- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER.** -APHA, AWWA, WEF- 20th Edition, American Public Health Assoc., N. York. (2001).
- WENDORFF, B.** 1989. Landspreading Whey Permeate. *UW Dairy Pipeline*. UW- Extension and Center for Dairy Research at UW-Madison. Vol 1 Nro 1.
- WENDORFF, B.** 2009. Wisconsin cheese industry waste water survey 2008. Wisconsin Center for Dairy Research. *Dairy Pipeline*. Vol 21. N° 3.
- WENDORFF, W. L.** 1993. Revised guidelines for landspreading whey and whey permeate. *UW Dairy Alert*, A Technical Update for Dairy Product Manufacturers - Department of Food Science University of Wisconsin-Madison.
- WENDORFF, W. L.** 1998. Managing Nitrogen In dairy Wastes. *UW Dairy Alert*. A technical update for Dairy Product Manufacturers. pp 3-4-5.