

## PERMEADO DE SUERO COMO ABONO: RESPUESTA DE MAIZ PARA SILO Y EFECTOS EN UN ARGIUDOL DE LA PAMPA LLANA SANTAFESINA

BADINO, O.<sup>1</sup>; PILATTI, M. A.<sup>2</sup>; FELLI, O.<sup>2</sup>; WEIDMANN, P. E.<sup>3</sup> & GHIBERTO, P. J.<sup>2</sup>

### RESUMEN

El permeado de suero (PS), subproducto de la industria láctea, es rico en sales minerales. El objetivo del trabajo es evaluar la respuesta productiva de maíz para silo en un Argiudol de la pampa llana santafesina (Argentina) a la adición de PS y los cambios químicos en el horizonte superficial. Para ello se instalaron dos ensayos en parcelas al azar con 6 repeticiones de 3 m<sup>2</sup> cada una: en Loma (L) y en Media Loma Baja (MLB). Los tratamientos fueron T: Testigo sin PS, P17: 17 m<sup>3</sup> PS/ha; P52: 52 m<sup>3</sup> PS/ha; P104: 104 m<sup>3</sup> PS/ha y FDA: 100 kg de fosfato diamónico/ha. La producción de grano y biomasa se incrementó hasta 52 m<sup>3</sup> PS/ha. La biomasa aérea de (L), presentó diferencias significativas en T y P52. El nitrógeno total, fósforo extractable y sodio se incrementaron en superficie. En ensayos futuros estos elementos deberán ser monitoreados y evaluar cambios en las propiedades físicas del suelo.

*Palabras claves:* permeado suero, maíz para silo, biomasa, propiedades químicas del suelo.

### SUMMARY

#### **Whey permeate as fertilizer: response in corn silage and its effects on Argiudol soil of the flat pampa (Santa Fe, Argentina).**

A byproduct of the dairy industry is the whey permeate (WP), it is rich in mineral salts. The objectives of this paper are: evaluate silage corn productive response in Argiudol of flat areas of the Pampa (Santa Fe State, Argentina) by adding WP, and measure the chemical changes in the surface layer of soil. Two trials were conducted with 6 repetitions of 3 m<sup>2</sup> each one: in Hill (L) and in Average Low Hill (MLB). The treatments were T: Control. P17; P52; P104: 17, 52; 104 m<sup>3</sup> WP/hectare and ADF: 100 kg of diammonium phosphate/ha. There was an increasing trend for grain and biomass production to 52 m<sup>3</sup>/hectare and then decreases. The biomass of (L), T and P52 presented statistically significant differences. The nitrogen, phosphorus and sodium were increased on the surface. In future trials they should be monitored, and analysing changes in soil physical properties.

*Key words:* whey permeate, corn silage, biomass, soil chemical properties.

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

2.- Cátedra de Edafología. FCA (UNL).

3.- Cátedra de Producción animal. FCA (UNL).

CAI+D2009. 12/C 117.

Manuscrito recibido el 15 de abril de 2011 y aceptado para su publicación el 14 de junio de 2011.

## INTRODUCCIÓN

El avance de la industrialización genera gran cantidad de subproductos siendo necesario darles un valor agregado, evitando desperdicios y contaminación ambiental (Giuffré, 2003).

La elaboración anual de quesos en Argentina supera las 500.000 toneladas, utilizando el 30 % de la leche producida (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2009). Como subproducto se genera el suero o lactosuero, que resulta entre 5 y 10 veces más, en peso, que la cantidad de queso elaborado (Pavel, 1979; Gonzalez, 1996; Shaller, 2008). Del aprovechamiento de las proteínas del mismo queda un remanente que se denomina permeado de suero (PS), debiéndose prever su utilización en otros procesos productivos, evitando costos de tratamiento como residuo y contaminación ambiental.

El PS contiene nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca), magnesio (Mg), posibles nutrientes para los cultivos, reemplazando -al menos parcialmente- a los abonos comerciales (Wendorff, 1989; Barnett & Russell, 2006). En Estados Unidos, Canadá y Nueva Zelandia, se utiliza desde hace muchos años el suero y permeado de suero como una fuente de nutrientes en agricultura (Sharrat *et al.*, 1959; Kelling *et al.*, 1981; Wendorff 1989; Wendorff 1993; Bernard, 1995; Rodenberg, 1998; Bernard, 2004; Barnett & Russell, 2006; Ghaly *et al.*, 2007). Sin embargo, deben tenerse en cuenta algunas restricciones considerando su acidez, tenor de sodio (Na), cloruro (Cl), sales y olores (Hort, 1974; Rail, 1989; Matzke & Wendorff, 1993; Bernard, 1995, 2004).

En Argentina no se dispone de información acerca de la respuesta de los cultivos a la aplicación del PS y las dosis que pueden utilizarse. Tampoco existe normativa específica para su aplicación al suelo.

Los objetivos de este ensayo son: la evaluación de la respuesta productiva de maíz para silo en un Argiudol de la pampa llana santafesina (Argentina) a la adición de PS y la medición de los cambios químicos en el horizonte superficial del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se realizó en un establecimiento próximo a la localidad de Humboldt (Santa Fe, Argentina), donde predomina el suelo Argiudol típico Rincón de Ávila (Ile y 71 de índice de productividad IP); (INTA, 1991). Se instalaron dos ensayos en el mismo lote, uno en loma (*L*) y otro en media loma baja (*MLB*) con ligera erosión. El diseño fue en parcelas al azar de 80 x 30 m. Se utilizó maíz para silo: Toro DK ws, 80.000 semillas por hectárea a 52 cm de distancia entre surcos. El PS se asperjó una semana antes de la siembra, con los siguientes tratamientos: *T*: Testigo sin aplicación de PS. *P17*: 17 m<sup>3</sup> PS /ha. *P52*: 52 m<sup>3</sup> PS/ha. *P104*: 104 m<sup>3</sup>PS/ha y FDA: 100 kg de fosfato diamónico/ha.

La composición del PS utilizado en el trabajo fue el promedio extraído de muestras tomadas al azar durante un año en una industria láctea que suministró el PS: pH: 5; CE: 12,5 dS/m; Nitrógeno total (Nt): 854mg/L; Fósforo total (P): 865 mg/L; Cloruros (Cl): 127 mg/L; Sulfato(S-SO<sub>4</sub>): 424 mg/L; Sodio (Na): 1216 mg/L; Potasio (K): 3264 mg/L; Calcio (Ca): 824 mg/L; Magnesio (Mg): 128 mg/L.

Se tomaron muestras para materia seca en biomasa aérea y rendimiento en grano de maíz: 6 repeticiones por tratamiento de 3 m<sup>2</sup> cada una, pesándose en húmedo y extrayendo alícuotas para determinar peso seco. Se utilizó el análisis de varianza con la prueba de F para detectar diferencias significativas en la producción de materia seca y la separación

de medias se realizó con el test Tuckey (nivel de significancia del 5%). Los resultados fueron ajustados a un modelo de regresión polinomial calculándose el coeficiente de determinación.

Antes de la siembra y a la cosecha se tomaron muestras compuestas por 30 extracciones de suelo según lo indicado por Pilatti & Orellana (1995) a 0-5; 5-15; 15-30 cm, realizándose las determinaciones que constan en el Cuadro 1 para *T* y *P* 104.

**Criterio de comparación para datos de suelos:** Para comparar el estado del horizonte superficial al finalizar el ensayo en *T* y *P* 104 se dispone sólo del valor medido sobre una muestra compuesta por 30 submuestras. Se

usa la distribución "t" para una probabilidad de 95%, asumiéndose valores típicos del coeficiente de variación (CV) para cada propiedad (Cuadro 2). Se consideran diferencias significativas cuando las diferencias entre los valores de cada muestra compuesta respecto del error típico de la diferencia de medias, supera el valor tabulado para la "t" (Loma, 1980).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de los análisis del suelo realizados antes de la siembra y del agregado del PS. En general no hay diferencias importantes en-

*Cuadro 1: Técnicas químicas de análisis de suelos utilizadas para el ensayo de aplicación de permeado de suero en maíz para silo en un Argiudol (Santa Fe, Argentina).*

Determinaciones	Símbolo	Método	Fuente bibliográfica
Materia orgánica total	MO	Combustión húmeda (C x 1,724)	Walkley & Black (Jackson, 1982)
N orgánico total	Nt	Kjeldahl	Jackson, 1982
Reacción del suelo	pH	Potenciometría, relación 1:2,5	Jackson, 1982
Fósforo extractable	P		Bray y Kurtz n° 1, 1945
Potasio intercamb.	Ki	Extrac. Acetato de amonio 1N, pH 7	Jackson, 1982
Calcio y Magnesio intercambiable	Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup>	Complexometría	Jackson, 1982
Acidez intercambiable	Ac	Cl <sub>2</sub> Ba a pH 7, titulando con Ba(OH) <sub>2</sub> y fenoftaleína como indicador	MAG, 1982
Capacidad de intercambio catiónico	CIC	Por desplazamiento del NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> con Cl <sub>2</sub> Ca y de éste con ClNa.	MAG, 1982
Conductiv. eléctrica extracto de saturación	Ces	Conductimetría	Richards, 1954

*Cuadro 2: Coeficientes de variación (%) de propiedades químicas según distintas fuentes de información*

Propiedad Fuente	pH	P	MO	Nt	CIC	Ca	K	Na	CEs
Internacional(*)	2 a 15	39 a 157	16 a 41		19 a 32	31 a 44	51 a 53		91 a 263
Local (**)	4 a 8	7 a 65	3 a 30	15 a 25	3 a 21	2 a 24	4 a 43	13 a 74	108 a 142
Adoptado en este trabajo	8	65	30	25	21	24	43	74	142

(\*) (Imhoff et al., 2000); (Mulla & McBratney, 2000) (\*\*) Todos son Argiudoles (Rondini & Doval, 1975); (Barberis et al., 1976); (Conti et al., 1978); (Piñeiro et al., 1982); (Vázquez, 1983); (Orellana et al., 1988); (Imhoff & Pilatti, 1995); (Pilatti et al., 2004).

tre L y MLB; la dotación de P es media a baja en ambos, siendo el tenor de Na intercambiable superior en L. La fertilidad nitrogenada en ambas posiciones es mediana a pobre. El tenor de K, Ca, Mg y S es adecuado para rendimientos medios a altos y es baja la salinidad. El pH es ácido.

El PS varía en su composición a través del año, dependiendo de la materia prima, procesos y productos elaborados. En el Cuadro 4 se puede apreciar, para las dosis aplicadas, el aporte del PS promedio de N, P, K, S, Ca y

Mg, y de 100 kg de fosfato diamónico (FDA). Si se compara el aporte de N y P de una dosis intermedia, por ejemplo, P52 con 100 kg de FDA, el PS supera, complementariamente, en 26 kg de N y 24 kg de P al fertilizante.

En el Cuadro 5 se muestran los rendimientos en cada posición del relieve y para cada tratamiento. No hubo diferencias significativas por la aplicación de PS, ni por el abono. Existe una tendencia creciente del rendimiento en granos hasta los 52 m<sup>3</sup>/ha de PS. La respuesta oscila entre 10 a 15 kg grano/m<sup>3</sup> de

Cuadro 3: Composición química del horizonte A antes de la siembra del maíz a 3 profundidades. Argiudol típico en dos posiciones del relieve; Humboldt (Sta. Fe, Argentina).

Determinaciones	Loma Alta (L)			Media loma baja (MLB)		
	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm
MO (g/kg)	27	21	17	29	24	17
Nt (g/kg)	1,6	1,2	0,9	1,4	1,3	0,9
(pH)	5,8	5,8	6,0	5,7	5,8	6,1
CEs (dS/m)	1,5	1,0	0,5	2,0	0,9	0,6
P (ppm)	14	8	8	8	7	7
S (ppm)	13	9	9	13	11	10
K (cmol (+)/kg)	0,9	0,8	0,9	1,2	0,8	0,9
Na (cmol (+)/kg)	0,8	0,7	0,8	0,3	0,3	0,5
Ca (cmol (+)/kg)	11,3	10,5	12,6	12,1	10,9	12,1
Mg (cmol (+)/kg)	1,2	1,6	2,0	1,1	1,9	1,9
CIC (cmol (+)/kg)	14,7	14,3	16,8	15,8	15,8	16,9

Cuadro 4: Aportes de 100kg/ha de FDA y del permeado de suero promedio por Dosis aplicada de N, P, K, S, Ca, Mg y Na.

Compuesto	N	P	K	S	Ca	Mg	Na
Tratamiento	(kg/ha)						
P17	14,4	14,4	55,4	8	14,6	2,4	20,7
P52	44,2	44,2	169,5	24,4	44,7	7,3	63,2
P104	88,4	88,4	339	49	89,4	14,6	126,4
FDA	18	20	-	-	-	-	-

PS y luego disminuye, no siendo significativamente estadísticamente.

Nótese que los ensayos se instalaron en condiciones distintas en su capacidad productiva: el rendimiento en *L* con respecto a *MLB* es de más de 2000 kg grano/ha. Esa diferencia entre sitios es más importante que los tratamientos y los datos químicos iniciales de suelo no ayudan a explicarla.

En el Cuadro 6, se presenta la respuesta en biomasa aérea; en *L* hay diferencias significativas entre T y los tratamientos P52 y FDA. En la dosis intermedia y cuando las

condiciones son adecuadas para lograr elevada producción, se observa respuesta positiva al PS como abono. No ocurre lo mismo en *MLB* ya que no hay diferencias entre tratamientos. Se destaca que para la mayor dosis de PS se midió un decrecimiento en la biomasa indicando un menor poder amortiguador del suelo y un daño consecuente para el cultivo.

Esto resulta coincidente con las dosis de 40.000 a 50.000 L/ha/año de PS utilizadas en Nueva Zelanda en cultivo de maíz para silo, obteniendo rendimientos de 11-20 tn de MS/

*Cuadro 5: Rendimientos medios y desvío estándar de 6 repeticiones en grano de maíz con dosis crecientes de PS (T= 0 m<sup>3</sup>/ha; P17; P52; P104 en m<sup>3</sup>/ha) y 100 kg/ha de fosfato diamónico (FDA) sin PS en dos posiciones del relieve loma y media loma baja de un Argiudol típico (Santa Fe, Argentina). (Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según Tukey ( $\alpha = 0,05$ )).*

Tratamientos	Loma (kg granos/ha)	Media Loma Baja (kg granos/ha)
T	9.158 ±431 a	6.549 ±497 a
P17	9.714 ±414 a	7.006 ±737 a
P52	10.018 ±979 a	7.023 ± 697 a
P104	10.170 ± 750 a	6.699 ±727 a
FDA	9.947 ± 1.595 a	6.820 ±1.112 a

*Cuadro 6: Rendimientos medios y desvío estándar de 6 repeticiones de biomasa aérea de maíz (kg MS/ha) con dosis crecientes de PS (T= 0 m<sup>3</sup>/ha; P17; P52; P 104 en m<sup>3</sup>/ha) y 100 kg/ha de fosfato diamónico (FDA) sin PS en dos posiciones del relieve loma y media loma baja de un Argiudol típico (Santa Fe, Argentina). (Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según Tukey ( $\alpha = 0,05$ )).*

Tratamientos	Loma (kg MS/ha)	Media Loma Baja (kg MS/ha)
T	22.163 ± 1.963a	19.565 ±1.251 a
P17	25.346 ±2.045 ab	19.003 ± 1.214ab
P52	26.767 ± 2.908b	19.573 ±2.513 a
P104	24.709 ± 1.170ab	17.780 ±2.535 b
FDA	26.075 ±3.875 b	19.589 ±1.933 a

ha (Barnett, & Russell., 2006). Dosis similares máximas de 60.000 lts/ha/año se utilizaron en trabajos en la Universidad de Wisconsin (Wendorff, 1993).

Es necesaria una indagación más completa, eco-fisiológica, para explicar por qué la respuesta es diferente entre *L* y *MLB*: los datos indican que en el peor ambiente el PS acentúa las limitaciones pero en el mejor se

comporta como abono.

Los resultados tanto de rendimiento en grano como de biomasa aérea a dosis crecientes de PS no mostraron ninguna tendencia significativa; siendo los coeficientes de determinación muy bajos, inferiores a 0,3 (figuras no mostradas).

En el Cuadro 7 se presenta el estado químico del horizonte superficial en *L* y *MLB* al

*Cuadro 7: Composición química del horizonte A de un Argiudol en dos posiciones del relieve: loma (L) y media loma baja (MLB) a la cosecha del cultivo de maíz en el tratamiento sin adición de PS (T) y con la mayor dosis de PS (P104); en m<sup>3</sup>/ha. Humboldt (Sta. Fe, Argentina). (Letras distintas entre tratamientos por determinación indican diferencias significativas según Tukey ( $\alpha = 0,05$ )).*

Determinaciones		Loma (L)			Media Loma Baja (MLB)		
		Profundidad (cm)			Profundidad (cm)		
		0-5	5-15	15-30	0-5	5-15	15-30
MO (g/kg)	T	26a	23a	19a	28a	27a	22a
	P104	26a	24a	20a	29a	28a	22a
Nt (g/kg)	T	1,4a	1,1a	0,8a	1,5a	1,2a	0,9a
	P104	1,5a	1,3a	0,9a	1,6a	1,3a	1,0a
pH	T	5,7a	6,1a	6,0a	6,0a	5,9a	6,1a
	P104	5,9a	5,9a	6,2a	6,0a	6,2b	6,1a
P (ppm)	T	16a	11a	7a	15a	10a	7a
	P104	40b	12a	7a	33b	11a	7a
Na cmol <sub>(+)</sub> /kg	T	0,7a	0,6a	0,6a	0,5a	0,5a	0,6a
	P104	0,8a	0,7a	0,6a	0,8b	0,8b	0,8a
K cmol <sub>(+)</sub> /kg	T	1,2a	0,9a	1,2a	1,3a	0,9a	0,8a
	P104	1,3a	1,0a	1,3a	1,5a	1,0a	0,9a
Ca cmol <sub>(+)</sub> /kg	T	11,3a	11,7a	11,3a	11,3a	10,5a	12,1a
	P104	10,5a	11,3a	10,5a	10,9a	9,6a	12,1a
Mg cmol <sub>(+)</sub> /kg	T	0,8a	1,0a	1,3a	0,7a	1,6a	1,4a
	P104	1,1b	0,9a	1,5a	1,2b	1,6a	1,2a
CIC cmol <sub>(+)</sub> /kg	T	13,7a	14,9a	13,7a	14,1a	14,1a	16,2a
	P104	14,1a	13,3b	14,1a	14,5a	13,9a	15,8a
CEs dS/m	T	0,6a	0,4a	0,6a	0,6a	0,4a	0,3a
	P104	0,5a	0,4a	0,5a	0,7a	0,4a	0,4a

finalizar la experiencia en el *T* y donde se aplicó la mayor dosis *P104*. En *L* se aprecia un incremento, significativo estadísticamente, del P y Mg de 0 a 5 cm. También en *MLB* se incrementa el P y Mg en superficie; registrándose aumentos en Na y pH hasta los 15 cm. No se observa migración de P a más profundidad.

La mayor dotación de P y Mg en este suelo es favorable porque repone lo consumido por cultivos anteriores. Mayor tenor de Na es potencialmente desfavorable para las propiedades físicas por su carácter de dispersante y en mayor proporción puede ser tóxico para las plantas. El aumento de pH, en este horizonte ácido, puede tener un efecto favorable. Sin embargo, en experiencias de mayor duración con dosis que se apliquen periódicamente, deberían controlarse los niveles de ambas propiedades para asegurar que no incrementen hasta tenores nocivos o degradantes. No se observa incremento de salinidad (CEs).

## CONCLUSIONES

Según la posición en el relieve, no hubo diferencias significativas en producción de granos por la aplicación de PS, ni por el fertilizante. El rendimiento en *L* con respecto a *MLB* es de más de 2000 kg grano/ha, no pudiendo ser explicado por los Tratamientos ni por los datos químicos iniciales de suelo.

Hasta la dosis de 52 m<sup>3</sup>/PS/ha existe tendencia creciente en producción de grano y biomasa y luego disminuye, indicando que en el peor ambiente el PS acentúa las limitaciones pero en el mejor se comporta como abono.

Existe un incremento del Nt y P en el suelo cuando se aplica PS. Se modifican levemente la reacción del suelo (pH) y el tenor

salino (CEs). Hay una tendencia -aún no significativa- a incrementar el Na intercambiable.

## RECOMENDACIONES

La dosis más alta, presenta dificultades para su aplicación, dejando el suelo con exceso de líquido y luego barroso en superficie debiendo reformularse dicha dosis.

Es necesaria una indagación más completa, eco fisiológica, para explicar por qué la respuesta es diferente entre *L* y *MLB*.

Se debe monitorear y controlar las dosis a aplicar y su frecuencia para evitar efectos indeseables en el suelo, como así también, medir el efecto del PS en las propiedades físicas del suelo.

Evaluar la composición del PS antes de su aplicación; seleccionar lotes con bajos niveles de P; usar dosis bajas entre 30 y 60 m<sup>3</sup>/ha.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Empresa Molfino Hnos. S.A. por brindar la posibilidad de realizar este trabajo otorgando los medios necesarios para su ejecución. Así también a los productores agropecuarios por facilitar su establecimiento para la realización del ensayo.

## BIBLIOGRAFÍA

- BARBERIS, L. A., E. J. ANDREJUK & F. J. HUERGO.** 1976. Variación del P disponible a nivel de tres series del sur de Santa Fe. Actas. 7<sup>a</sup> Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. IDIA (Supl. Nro 33): 279-282.

- 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-Hyacubte /QC) J2S 4Z1 Canada. LES FROMAGES SAPUTO LTÉE.
- BRAY, R. & L.T. KURTZ.** 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sc.* 59(1): 39-45.
- CONTI, M. E.; M. RICHTER & I. MIZUNO.** 1978/79. Uso del método de fraccionamiento densimétrico de los complejos órgano-minerales del suelo en el diagnóstico de la fertilidad edáfica. R.I.A. Serie 3. Vol.14 (1): 9-24.
- 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.
- 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
- IMHOFF, S.; A. PIRES DA SILVA & C.A. TORMENA.** 2000. Spatial heterogeneity of soil properties in areas under elephant-grass short-duration grazing system. *Plant and Soil* 219, 161-168.
- IMHOFF, S. & M.A. PILATTI.** 1995. Nitrógeno orgánico en Molisoles del centro de Santa Fe. *FAVE* 8 (1-2)
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA.** 1991. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3160-26 y 25, Esperanza - Pilar. INTA, 135 pp.
- JACKSON, M. L. (Ed.).** 1982. Análisis químico de suelos. Omega, Barcelona, 663 pp.
- KELLING, K. A. & A. E. PETERSON.** 1981. Using whey on agricultural land B A disposal alternative. *UW Extension Bulletin* A3098.
- LOMA, J. L. de la.** 1980. Experimentación Agrícola. UTEHA, México. 493p
- MATZKE, S. & W. L. WENDORFF.** 1993. Chloride in cheese manufacturing wastes to be land spread on agricultural land. *Bioresource Technology.* Volume 46: 251-253
- M.A.G.** 1982. Toma de Muestra y determinaciones analíticas en suelos y aguas. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Santa Fe. pp152.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA.** 2009. Dirección Nacional de transformación y comercialización de productos agrícolas y forestales. Disponible en World Wide Web <http://www.alimentosargentinos.gov.ar/lacteos>
- MULLA, D. J. & A. B. MCBRATNEY.** 2000. Soil Spatial Variability. En *Summer M.E: Handbook of S. Sc.* A9. 324pp.
- ORELLANA, J.A. de; L.J.J. PRIANO & M.A. PILATTI.** 1988. Niveles de pH y de nutrientes en Argiudoles de Las Colonias. (Santa Fe). *FAVE* III (1-2): 51-57.
- PAVEL, J.** 1979. Industrial whey processing technology: An overview. *J. Agric. Food Chem.* 27(4): 658-661.
- PILATTI, M.A. & J.A. de ORELLANA.** 1995. Instrucciones para tomar muestras de suelos. 2º Ed. corregida y ampliada. Comunicación FAVE. C-002-AD-002. pp10

- PILATTI, M.A.; R.P MARANO & J.A de ORELLANA.** 2004. Riego suplementario con aguas bicarbonatadas sódicas en Molisoles de Santa Fe. *Sodificación y alcalinización. Agrochimica* 48(5-6): 233-248
- PIÑEIRO, A.; M.A. PILATTI & D. MISTRORIGO.** 1982. Degradación del recurso natural suelo y la consecuente disminución de la productividad de la región nor-este de Santa Fe. Publicado por la Dir. Gen. de Extensión e Investigaciones Agropecuarias, MAG. 42 p.
- RAIL, C. D.** 1989. Groundwater contamination. Technomic publishing Co. Inc., Lancaster, PA.
- RICHARDS, L. A.** (Ed.), 1954. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual de Agricultura N° 60. Limusa, México.
- ODENBERG, J.** 1998. Waste management issues for dairy processors. Department of natural Resources. Wisconsin.
- RONDINI M. A. S. de & H. G. C. de DOVAL.** 1975. Evaluación del fósforo orgánico y su relación con el carbono y nitrógeno orgánicos en suelos de tres regiones argentinas. *IDIA* (331-333): 16-26.
- 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.
- VÁZQUEZ, M.** 1983. Variaciones temporales en las determinaciones de Ca, Mg y K intercambiables. *Rev. Facultad de Agronomía* 4 (3): 317-323.
- WALKLEY, A. & I. BLACK.** 1945. Jackson ML. (Ed). 1982. Análisis químico de suelos. Omega: Barcelona, 663p.
- WENDORFF, B.** 1989. Landspreading Whey Permeate. UW Dairy Pipeline. UW-Extension and Center for Dairy Research at UW-Madison. Vol 1 Nro 1.
- 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.