

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**APLICACIONES DE PURINES DE LECHERIA POR 12 AÑOS Y SUS
IMPLICANCIAS EN LA CALIDAD QUÍMICA DE UN ANDISOL**

POR

ANDRES IGNACIO GOUET CORTAZAR

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE
2022**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**APLICACIONES DE PURINES DE LECHERIA POR 12 AÑOS Y SUS
IMPLICANCIAS EN LA CALIDAD QUÍMICA DE UN ANDISOL**

POR

ANDRES IGNACIO GOUET CORTAZAR

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE
2022**

Aprobada por:

Profesor Asociado, Marco Sandoval E.

Ing. Agrónomo, Mg. Sc., Ph. D.

Guía

Profesor Asociado, Celerino Quezada L.

Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Asesor

Profesor Asistente, Christian Guajardo F.

Ing. Agrónomo, Dr.

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.

Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Decano

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Resumen.....	1
Summary.....	1
Introducción.....	2
Materiales y métodos.....	5
Resultados y discusión.....	11
Conclusión.....	19
Referencias.....	19
Anexos.....	23

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		Página
Figura 1	Imagen aérea del Fundo El Alazán.....	6
Figura 2	Tendencia del índice de calidad química total del suelo, según horizontes genético (A, B) y años de aplicación de purines de lechería.....	18
Tabla 1	Niveles de referencia (NR) de MO para suelos derivados de cenizas volcánicas, y su índice de calidad química del suelo.....	8
Tabla 2	Niveles de referencia (NR) de pH en suelos y su índice de calidad química en el suelo.....	9
Tabla 3	Niveles de referencia (NR) de N disponible en suelos y su índice de calidad química en el suelo.....	9
Tabla 4	Niveles de referencia (NR) de PO ₄ ⁻ disponible en suelos y su índice de calidad química en el suelo.....	10
Tabla 5	Niveles de referencia (NR) de pH en suelos y su índice de calidad química en el suelo.....	10
Tabla 6	Niveles de referencia (NR) de K ⁺ disponible en suelos y su índice de calidad química en el suelo.....	10
Tabla 7	Niveles de referencia (NR) de Ca ⁺ disponible en suelos y su índice de calidad química en el suelo.....	10
Tabla 8	Niveles de referencia (NR) de Na ⁺ disponible en suelos y su índice de calidad química en el suelo.....	11
Tabla 9	Índice de calidad química total de suelo, interpretación según nivel calidad y su recomendación.....	11
Tabla 10a	Valores medios de los parámetros evaluados en el horizonte genético A, para los diferentes años de	12

	aplicación de purines.....	
Tabla 10 b	Valores medios de los parámetros evaluados en el horizonte genético A, para los diferentes años de aplicación de purines.....	12
Tabla 11a	Valores medios de los parámetros evaluados en el horizonte genético B, para los diferentes años de aplicación de purines.....	13
Tabla 11b	Valores medios de los parámetros evaluados en el horizonte genético B, para los diferentes años de aplicación de purines.....	13
Tabla 12a	Valores del índice de calidad químico del suelo (ICQS) para cada parámetro evaluado, según horizontes genético (A, B) y años de aplicación de purines de lechería.....	16
Tabla 12b	Valores del índice de calidad químico del suelo (ICQS) para cada parámetro evaluado, según horizontes genético (A, B) y años de aplicación de purines de lechería.....	16
Tabla 13a	Valores del índice de calidad químico total del suelo (ICQS _t), según horizontes genético (A, B) y años de aplicación de purines de lechería.....	17
Tabla 13b	Valores del índice de calidad químico total del suelo (ICQS _t), según horizontes genético (A, B) y años de aplicación de purines de lechería.....	17

APLICACIONES DE PURINES DE LECHERÍA POR 12 AÑOS Y SUS IMPLICANCIAS EN LA CALIDAD QUÍMICA DE UN ANDISOL

APPLICATIONS OF DAIRY MANURE FOR 12 YEARS AND THEIR IMPLICATIONS ON THE CHEMICAL QUALITY OF AN ANDISOL

Palabras índice adicionales: Suelo, parámetros químicos, horizonte genético.

RESUMEN

La aplicación de purines a los suelos es una práctica habitual en planteles lecheros, sin embargo, son pocos los trabajos que evalúen el efecto en la química de los suelos en el mediano plazo, de ahí que el objetivo de este trabajo fue establecer las modificaciones en la calidad químicas de un Andisol después de aplicaciones de purines para 2, 4, 6, 8, 10, y 12 años. Para evaluar la calidad del suelo sometido a aplicaciones de purines se utilizó el modelo de índice de calidad química de suelos (ICQS). Los resultados indican un efecto tampón del pH producido por el contenido de bicarbonatos y ácidos orgánicos. La MO tuvo un aumento sostenido hasta el octavo año para luego decaer, efecto atribuible al deterioro de la pradera y una menor actividad microbiana. El sodio (Na^+) fue mayor en el control comparado con los tratamientos por lo que no indica ningún peligro por este elemento. Los resultados del ICQS señalan con claridad una baja calidad química en la mayor parte de tratamientos con excepción el tratamiento con 6 años de aplicación que presentó una calidad media en el horizonte A. Esto indicaría que la aplicación de purines no fue capaz de dar sustentabilidad química al sistema suelo. Los resultados señalados obligan a considerar un plan de manejo sustentable para mejorar la calidad química del suelo. Este plan debe tener presente los valores críticos que debiesen mejorarse para lograr un mejor nivel de calidad química del suelo.

SUMMARY

The application of slurry to soils is a common practice in dairy farms, however, there are few works that evaluate the effect on soil chemistry in the medium term, hence the objective of this work was to establish changes in the chemical quality of an

Andisol after slurry applications for 2, 4, 6, 8 10, and 12 years. To evaluate the quality of the soil subjected to slurry applications, the soil chemical quality index (ICQS) model was used. The results indicate a buffering effect of the pH produced by the content of bicarbonates and organic acids. The MO had a sustained increase until the eighth year and then declined, an effect attributable to the deterioration of the prairie and a lower microbial activity. Sodium (Na^+) was higher in the control compared to the treatments so it does not indicate any danger to this element. The results of the ICQS clearly indicate a low chemical quality in most of the treatment except the treatment with 6 years of application that presented an average quality in the horizon A. This would indicate that the application of slurry was not able to give chemical sustainability to the soil system. The results indicated make it necessary to consider a sustainable management plan to improve the chemical quality of the soil. This plan should take into account the critical values that need to be improved in order to achieve a better level of soil quality.

INTRODUCCIÓN

Los suelos predominantes de la zona centro sur de Chile son de origen volcánico, y en ellos se desarrollan parte importante de la actividad agrícola del país. Estas actividades en conjunto con procesos naturales y artificiales van modificando las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo (Pizarro, 2000). En Chile los suelos de origen volcánico corresponden alrededor del 60 % de los suelos arables del país, aproximadamente 5,4 millones de ha (Besoain, 1985). En el mundo estos suelos representan menos un 1 % de la superficie total (Tsai *et al.*, 2010)

Las propiedades de estos suelos están influenciadas por el material parental que proviene de cenizas volcánicas (Shoji *et al.*, 1993), estos suelos se caracterizan por poseer una mineralogía dominada por componentes no cristalinos, como los minerales de arcilla, materia orgánica y óxidos de hierro y aluminio, que le confieren al suelo características propias como carga eléctrica superficial dependiente del pH y de la concentración de los electrolitos presentes en solución, diferenciándolos de otros tipos de suelos (Moustakas y Georgoulis, 2005), Estos suelos son de naturaleza acida (pH al H_2O entre 6,12 y 5,91), un alto porcentaje de materia orgánica (15 – 21 %), baja densidad aparente (entre 0,66 y 0,74 g cm^{-3}), una

permeabilidad moderada y buen drenaje (Martínez-Lagos *et al.*, 2014). Cabe mencionar que este orden de suelo (Andisol) presenta una de las mayores capacidades de acumular carbono orgánico del suelo (COS) (Martínez *et al.*, 2008).

El suelo es un recurso valioso y limitado, por lo cual debe ser protegido. El sistema edáfico es un recurso frágil que puede ser degradado hasta una avanzada pérdida de su fertilidad.

El creciente aumento de la población ha llevado a la expansión de las zonas urbanas con una consecuente disminución de las zonas agrícolas, presionando a desarrollar una agricultura más intensiva (Jans, 1999). Según proyecciones de OCDE - FAO en la década 2019 - 2028, se espera que el consumo global de productos lácteos frescos y procesados aumente en promedio 2,1 % y 1,5 % al año, respectivamente (ODEPA,2020).

La producción de leche en Chile en la actualidad confina al rebaño la mayor parte de su periodo productivo y lo alimenta principalmente con concentrados, heno y ensilaje de maíz. Esto conlleva a la acumulación de residuos, entre ellos, volúmenes de purines o efluentes (Aguilera *et al.*, 2010), los cuales habitualmente son aplicados a los suelos, considerado uno de los métodos más efectivos y económicos para afrontar la problemática de la acumulación de estos residuos. La producción diaria de purines puede llegar a ser entre 34 a 260 L purín vaca⁻¹ variando según prácticas y zona climática (Salazar *et al.*, 2003). Esto ocasionalmente genera un problema con su almacenamiento, que debe seguir las recomendaciones del Consejo Nacional de Producción Limpia (CNPL, 2012), un mal manejo de estos purines puede repercutir negativamente en el medioambiente (Dumont, 2003; CNPL, 2012; Pedraza, 1996).

En los suelos, el uso de diferentes residuos orgánicos como purines ha aumentado en la última década, debido a su valor agronómico y a su capacidad para aumentar la calidad y la cantidad de materia orgánica, por su valor como enmienda y su posibilidad de incrementar el contenido de nutrientes en el suelo (Candia *et al.*, 2012). La importancia de los purines como abono orgánico está dada por la cantidad de carbono que aportan al suelo (Aguilera *et al.*, 1995). El Carbono orgánico del suelo, es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica del suelo y afecta la mayoría de las propiedades físicas, químicas y biológicas del

suelo (Martínez *et al.*, 2008).

Además, el aporte de materia orgánica proveniente de los purines, específicamente su fracción más estable puede contribuir a la recuperación de la humificación de los suelos (Aguilera *et al.*, 1995). Considerando que una superficie de 36,8 millones de ha, que equivalen al 49,1 % del territorio nacional presenta algún grado de erosión. Flores *et al.* (2010).

En la Región de Ñuble más del 60 % de los productores que poseen pozo purinero recolectan purines y lo incorporan a las praderas. Por otra parte, los predios que no aplican purines al suelo y eliminan estos residuos a causes de aguas, deben cumplir con los decretos supremos N° 90 que establece la norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales (D.S. N° 90, 2001) y n°46 siendo esta la norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas (D.S. N° 46, 2003).

Según la Guía del Consejo Nacional de Producción Limpia (CNPL, 2012) que considera a los purines residuos industriales líquidos y a la Norma Chilena NCh 1333.Of 78 del Instituto Nacional de Normalización (INN, 1978), la dosis de aplicación de purines a praderas no debe superar los 150.000 L ha⁻¹ año⁻¹. El concepto de producción limpia consiste básicamente en solucionar un problema ambiental a través de estrategias preventivas, que, al ser aplicada a los productos, procesos y organización del trabajo, permite usar con mayor eficiencia los recursos materiales y energéticos, y con ello incrementar la productividad y competitividad de la empresa (Castillo *et al.*, 2000).

El principal problema social a escala global es atender las necesidades alimentarias de la población y paralelamente controlar el impacto ambiental que provoca la agricultura intensiva sobre los suelos, cursos de aguas superficiales y subterráneas.

Otro aspecto de la intensificación de los sistemas de producción es el aumento del uso de fertilizantes (Martínez-Lagos *et al.*, 2014). Según Lerdón *et al* (2016), los costos asociados a fertilización y abonos representan en promedio el 11 % de los costos totales. Tomando en cuenta el volumen producido y la composición, los purines, pueden ser considerarse fuente de fertilización del suelo (Recart, 2014).

Los purines están constituidos por fecas y orinas de origen animal junto con aguas sucias del lavado de equipos, pisos, construcciones y aguas lluvias. Como referencia, Recart (2014) determinó que el contenido de MS promedio presente en los purines de las lecherías de Ñuble, es de 11,7 % y el promedio de materia orgánica fue de 78,5 %. Además, señala que la composición de los purines es variable y dependen de diversos factores. El contenido de nutrientes permitirá cuantificar el aporte que pueden hacer a la fertilización de praderas o cultivos. Con ello disminuye el uso de fertilizantes comerciales, los costos de fertilización y además permite reciclar internamente los nutrientes del predio (Salazar *et al.*, 2012). Bhogal *et al.*, (2009) menciona que los purines son más eficientes en la acumulación de MOS en comparación a los residuos de plantas frescas, puesto que los abonos sufren cierto nivel de descomposición. Además, indica que las adiciones de carbono orgánico produjeron cambios favorables en las propiedades del suelo y que, a largo plazo, pueden resultar en mejores rendimientos de los cultivos. Dumont y Salazar (2001) señalan aumentos de 2 a 5 Ton de materia seca de maíz forrajero por aplicaciones de purines hasta 140.000 L ha⁻¹.

Considerando los antecedentes antes mencionados, en esta investigación se propone que, la aplicación de purines de lechería modifica la calidad química de un suelo (Andisol). Esto se determinó estableciendo la calidad química de un suelo con ballica / trébol blanco, después de aplicación de purines por distintos periodos de tiempo hasta 12 años, para esto se utilizó un modelo de evaluación que integra los parámetros químicos de la calidad del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y descripción del lugar

La zona de estudio se emplaza en las coordenadas 36°33'17" S y 71°52'45" O, en la Estación Experimental Pecuaria "Marcelo Tima Péndola" de la Universidad de Concepción. Se encuentra a 25 km al nororiente de la ciudad de Chillán en el sector de Quinquihua en la zona geográfica de la depresión central, presenta un clima templado mediterráneo con una temperatura media anual en la región de 13,9 °C, con una mínima de 3 °C durante julio y una máxima de 28,6 °C promedio en el mes

de enero; pluviometría media anual de 1.025 mm (Pozo *et al.*, 2014).

Figura 1. Imagen aérea del fundo el Alazán



Fuente: Google earth

Suelo

El suelo se corresponde a la Serie Arrayán (Humic Haploxerands). El suelo presenta características de texturas medias con dominancia de la clase textural franco limosa, bien estructurado en superficie, con abundante porosidad asociada a un buen arraigamiento en todo el pedón. Corresponde a una topografía plana o casi plana, tiene una permeabilidad moderada y un escurrimiento superficial lento (Stolpe, 2006).

Establecimiento del experimento

Este consiste en siete tratamientos con una superficie de 1 ha por tratamiento. Los tratamientos consistieron en: T0: control (sin aplicación de purines), T2: 2 años con aplicación de purines, T4: 4 años con aplicación de purines, T6: 6 años con aplicación de purines, T8: 8 años con aplicación de purines, T10: 10 años con

aplicación de purines y T12: 12 años con aplicación de purines.

Los purines utilizados fueron acumulados en un pozo, con capacidad de 15.000 L. La dosis aplicada será aproximadamente de 150.000 L ha⁻¹ año⁻¹, mediante de un carro con capacidad de 5.000 L. La composición botánica de las parcelas experimentales corresponde a praderas permanentes compuestas por *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L., la fertilización de mantención de las praderas se realiza anualmente en base a fertilizantes sintéticos y la dosis que se aplica es de 46 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N), 120 kg ha⁻¹ de fósforo (P), y 60 kg ha⁻¹ de potasio (K)

Toma de muestras

Cada tratamiento consideró una parcela experimental de 1 ha, donde se realizó la descripción de una calicata (Anexo 1) por parcela, con la finalidad de identificar los horizontes genéticos, definidos como A con una profundidad promedio de (0 - 14 cm) y B (14 - 63 cm), posterior a esto se tomaron 25 sub - muestras de suelo mediante un modelo en zig - zag, las muestras se tomaron de la parte media de cada horizonte genético, luego las sub - muestras se mezclaron de manera de homogeneizar, conformando una muestra compuesta, considerando finalmente tres muestras compuestas por tratamiento y por horizonte estudiado, en consecuencia, cada tratamiento consideró tres repeticiones. Las muestras de suelo fueron colectadas mediante barrena cilíndrica, se dispusieron en envases de polietileno y fueron enviadas a los laboratorios del Departamento de Suelos y Recursos Naturales de la Facultad de Agronomía.

Diseño experimental

El diseño corresponde a un completamente al azar con distribución de parcela, seis tratamientos además de un control (sin aplicación de purines), con un total de tres repeticiones por tratamiento, la unidad experimental corresponde a 1 ha.

Análisis de las Muestras

Los análisis químicos de suelo se realizaron teniendo como base la fracción fina del suelo (< 2 mm), las muestras de suelo fueron secadas a temperatura ambiente, hasta masa constante. Los parámetros como el pH, materia orgánica (MO), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), y sodio (Na), se determinaron mediante las técnicas analíticas propuestas por Sadzawka *et al.*

(2006). Estas muestras fueron analizadas en el Laboratorio Físico de Suelos de la Facultad de Agronomía, perteneciente a la Universidad de Concepción, Campus Chillán.

Índice de calidad de suelos

Para evaluar el estado de la calidad de los suelos sometidos a aplicaciones de purines de lechería, se utilizó el modelo índice de calidad de suelos (ICS) desarrollado por Sandoval *et al.* (2020) adaptado a suelo de origen de cenizas volcánicas, además se adaptó a la realidad nacional (pequeña y mediana agricultura) utilizándose 8 parámetros con sus respectivos valores umbrales, interpretación e índice asociado. En el presente trabajo se evaluaron los parámetros (pH, MO, N disponible, PO_4^- , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+), el criterio de selección de estos indicadores se basa en la frecuencia de los problemas de deficiencias y desequilibrios que se dan en los suelos, cuyas propuestas de remediación son aplicaciones de enmiendas y fertilizantes químicos y orgánicos de frecuente uso en la agricultura.

Cálculo del índice de la calidad química del suelo (ICQS)

Considerando los valores reportados por el laboratorio para los diferentes parámetros químicos evaluados, estos son comparados con los niveles de referencias indicados en las Tablas 1 a la Tabla 8, estos a su vez están asociados a un valor de ICQS. Una vez obtenidos estos valores se procede a calcular el ICQS total.

ICQS total, se obtuvo con la suma de los ICQS de los parámetros evaluados según su nivel de referencia. Luego este valor se compara con la Tabla 9. Índice de calidad química total de suelo.

Niveles de referencia e índice de calidad química de suelo

Tabla 1. Niveles de referencia (NR) de MO para suelos derivados de cenizas volcánicas, y su índice de calidad química en el suelo.

NR	Interpretación	ICQS
> 17	Muy Alta	3
11,0 – 16,9	Alto	2
5,0 – 10,9	Moderado	1

3,0 - 4,5	Baja	-1
< 3,0	Muy bajo	-2

Sandoval *et al.*, 2020.

Tabla 2. Niveles de referencia (NR) de pH en suelos y su índice de calidad química en el suelo.

NR	Interpretación	ICQS
< 3,0	Severamente ácido - las plantas casi no pueden crecer en este ambiente.	-3
3,0 – 4,0	Fuertemente ácido - sólo las plantas más tolerantes pueden crecer en este rango de pH y sólo si los niveles de MO son bastante mayores para mitigar los altos niveles de Al ⁺³ y otros metales.	-2
4,01 – 5,5	Moderadamente ácido – el crecimiento de las plantas ácido intolerantes es afectado dependiendo de los niveles de Al ⁺³ , Mn ⁺² y otros metales.	-1
5,51 – 6,8	Ligeramente ácido - óptimo para muchas especies de plantas, especialmente para las más tolerantes a la acidez.	1
6,81 – 7,2	Cercano al neutro - óptimo para muchas especies de plantas excepto para aquella que prefieren suelos ácidos.	2
7,21 – 7,5	Ligeramente alcalino - óptimo para especies de plantas excepto aquellas que prefieren suelos ácidos, posible deficiencia de PO ₄ ⁻ y algunos metales (por ejemplo, Zn ⁺²).	1
7,51 – 8,5	Moderadamente alcalino - preferido por plantas adaptadas a este rango de pH, posibles deficiencias de PO ₄ ⁻ y metales.	-1
> 8,5	Fuertemente alcalino - preferido por plantas adaptadas a este de pH, posible toxicidad de BO ₃ ⁻ y otros oxianiones.	-2

Sandoval *et al.*, 2020.

Tabla 3. Niveles de referencia (NR) de N disponible en suelos y su índice de calidad química en el suelo.

NR	Interpretación	ICQS
> 40	Alto	2
20 – 40	Medio	1
10 – 20	Bajo	-1

< 10	Muy bajo	-2
------	----------	----

Sandoval *et al.*, 2020.

Tabla 4. Niveles de referencia (NR) de PO_4^- disponible en suelos y su índice de calidad química en el suelo.

NR	Interpretación	ICQS
> 16	Alto	2
8 – 16	Medio	1
4 – 8	Bajo	-1
< 4	Muy Bajo	-2

Sandoval *et al.*, 2020.

Tabla 5. Niveles de referencia (NR) de K^+ disponible en suelos y su índice de calidad química en el suelo.

NR	Interpretación	ICQS
> 0,45	Alto - Excelente reserva	2
0,31 – 0,45	Moderado - Niveles adecuados para la mayoría de las plantas	1
0,16 – 0,30	Bajo - Posible deficiencias	-1
< 0,15	Muy bajo	-2

Sandoval *et al.*, 2020.

Tabla 6. Niveles de referencia (NR) de Ca^{+2} disponible en suelos y su índice de calidad química en el suelo.

NR	Interpretación	ICQS
> 8,0	Alto - Excelente reserva, probablemente suelos calcáreos	2
4,1 – 8,0	Moderado - Niveles adecuados para la mayoría de plantas	1
2,1 – 4,0	Bajo - Posible deficiencias	-1
< 2,0	Muy Bajo - Severo agotamiento de Ca^{+2} , efectos adversos	-2

Sandoval *et al.*, 2020.

Tabla 7. Niveles de referencia (NR) de Mg^{+2} (cmol kg) disponible en suelos y su índice de calidad química en el suelo.

NR	Interpretación	ICQS
> 0,8	Alto - Excelente reserva	2
0,46 – 0,80	Moderado - Niveles adecuados para la mayoría de las plantas	1

0,2 – 0,45	Bajo - Posible deficiencias	-1
< 0,2	Muy bajo	-2

Sandoval *et al.*, 2020.

Tabla 8. Niveles de referencia (NR) de Na⁺ disponible en suelos y su índice de calidad química en el suelo.

NR	Interpretación	ICQS
> 1,0	Alto	-2
0,5 – 1,0	Medio	-1
0,2 – 0,5	Bajo	1
< 0,2	Muy bajo	2

Sandoval *et al.*, 2020.

Tabla 9. Índice de calidad química total de suelo, interpretación según nivel de calidad química y su recomendación.

ICQS total	Interpretación del nivel de calidad	Recomendación
17	Adecuada	Mantener manejo sostenible.
16 – 8	Media	Identificar los valores críticos e implementar acciones de remediación.
< 8	Baja	Identificar los valores críticos y diseñar un plan de manejo sustentable.

Sandoval *et al.*, 2020.

Análisis estadístico

Los resultados de cada parámetro fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA), previamente se verificó el supuesto de normalidad con el test de Shapiro-Wilks. Luego una prueba de media test de Tukey al 95 % de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de los cambios químicos del suelo a la aplicación de purines

Los resultados obtenidos para los parámetros evaluados en los diferentes años de aplicaciones de purines son indicados en las tablas 10a y 10b para el horizonte A y 11a y 11b para el horizonte B.

Tabla 10a. Valores medios de los parámetros evaluados en el horizonte genético A, para los diferentes años de aplicación de purines.

Tratamiento	Horizonte	PH	MO	N	PO ₄ ⁻	K ⁺
Año 0	A	5,31 a	11,11 c	18,91 c	14,60 e	0,66 e
Año 2	A	5,84 c	11,95 e	16,71 b	7,20 b	0,38 d
Año 4	A	5,96 d	10,08 a	14,23 a	7,52 c	0,20 ab
Año 6	A	5,69 b	16,00 g	29,10 f	14,80 f	0,29 c
Año 8	A	5,82 c	15,57 f	19,69 d	7,19 b	0,24 abc
Año 10	A	5,80 c	11,39 d	22,21 e	6,90 a	0,18 a
Año 12	A	5,85 c	10,97 b	51,20 g	7,90 d	0,26 bc
CV		0,45	0,21	0,21	0,28	8,18

Medias con igual letra, en una misma columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Tabla 10b. Valores medios de los parámetros evaluados en el horizonte genético A, para los diferentes años de aplicación de purines.

Tratamiento	Horizonte	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺
Año 0	A	6,38 d	1,85 e	0,36 d
Año 2	A	4,44 b	1,24 c	0,23 bc
Año 4	A	10,47 g	1,44 d	0,17 ab
Año 6	A	8,08 e	2,15 f	0,25 c
Año 8	A	5,74 c	0,94 a	0,13 a
Año 10	A	4,13 a	1,08 b	0,17 ab
Año 12	A	8,89 f	2,10 f	0,26 c
cv		0,38	1,68	11,49

Medias con igual letra, en una misma columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

La acidez del suelo (pH) fue significativamente mayor ($p \leq 0.05$) en el tratamiento sin aplicación de purines, tratamiento 0, en comparación con los diferentes tratamientos evaluados. A medida que los años de aplicación de purines aumentaron, el pH aumentó Whalen *et al.* (2000) menciona que existe evidencia de que los purines pueden aumentar el pH en suelos ácidos debido al efecto tampón causado por el contenido de bicarbonatos y ácidos orgánicos. El horizonte B varió

de 6,23 en el control a 6,07 en el doceavo año, variando ligeramente tabla 11a.

El contenido de materia orgánica (MO) fue mayor en los tratamientos del horizonte A en comparación con los del horizonte B. esto se explicaría por el aporte de materia orgánica que realiza la pradera y las aplicaciones de purines. Una situación similar fue observada por Venegas (2008) en un Andisol de la serie de Osorno en Chile, quien Indicó que el contenido de materia orgánica disminuye a medida que aumenta la profundidad en el perfil. En esta investigación los niveles de MO en el horizonte A, mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en todos los tratamientos, generándose un aumento sostenido y significativo hasta el octavo año, luego estos disminuyen a valores menores que el tratamiento control (T0) en el año 12, a los seis y ocho años de aplicación de purines (T6 y T8) se registraron niveles más elevados de MO alcanzando el 16 %. Los resultados del horizonte B con relación a los contenidos de MO variaron entre 7,01 % y 10,09 %.

Tabla 11a. Valores medios de los parámetros evaluados en el horizonte genético B, para los diferentes años de aplicación de purines.

Tratamiento	Horizonte	PH	MO	N	PO ₄ ⁻	K ⁺
Año 0	B	6,23 d	7,01 b	11,39 c	3,50 c	0,11 c
Año 2	B	5,96 b	9,69 d	13,31 e	2,40 a	0,28 d
Año 4	B	6,04 c	6,69 a	7,21 a	4,41 e	0,04 a
Año 6	B	5,83 a	9,74 e	15,41 g	4,01 d	0,11 c
Año 8	B	5,94 b	10,09 f	13,60 f	4,80 g	0,09 bc
Año 10	B	5,85 a	9,67 d	10,99 b	2,79 b	0,04 a
Año 12	B	6,07 c	8,57 c	11,59 d	4,70 f	0,07 ab
CV		0,20	0,14	0,20	0,32	11,47

Medias con igual letra, en una misma columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Tabla 11b. Valores medios de los parámetros evaluados en el horizonte genético B, para los diferentes años de aplicación de purines.

Tratamiento	Horizonte	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺
Año 0	B	4,60 d	0,81 cd	0,41 d
Año 2	B	3,02 b	0,45 b	0,24 c

Año 4	B	8,53 g	1,59 f	0,24 c
Año 6	B	4,82 e	0,82 de	0,16 ab
Año 8	B	4,48 c	0,85 e	0,18 b
Año 10	B	1,72 a	0,15 a	0,12 a
Año 12	B	5,25 f	0,78 c	0,17 b
CV		0,26	1,55	5,56

Medias con igual letra, en una misma columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Se observó una tendencia similar en ambos horizontes, el tratamiento con T8 registró los niveles más altos de MO, mientras que T10 y T12 la MO disminuyó, este efecto podría atribuirse a la degradación de la pradera y a una posible menor actividad microbiana. La MO puede estar sujeta a pérdidas por lixiviados y los procesos de humificación disminuyen; por lo tanto, el buen uso de estos residuos orgánicos se relacionaría a la calidad de la pradera. La menor actividad microbiana disminuye la mineralización de MO, restringiendo la disponibilidad de N (NH_4^+ y NO_3^-) e impactando negativamente el crecimiento del cultivo (Robertson y Groffman, 2015).

Al comparar ambos horizontes (A y B) El nitrógeno disponible (N) fue mayor en los tratamientos del horizonte A. Los niveles de N disponible en ambos horizontes mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en todos los tratamientos; en el horizonte A los tratamientos 6 y 10 alcanzaron niveles de nitrógeno disponible de 29,1 y 22,21 mg kg^{-1} respectivamente, mientras que el tratamiento 12 tiene 51,2 mg kg^{-1} considerándose un nivel alto, esto se puede deber a la acumulación de nitrógeno por el deterioro de la pradera. El horizonte B presentó en todos sus tratamientos niveles bajos a excepción del tratamiento 4 que obtuvo un nivel muy bajo 7,21 mg kg^{-1} , valores característicos de estos suelos con bajos niveles de nitrógeno.

El contenido de fósforo (P) cuya baja disponibilidad en Andisoles, constituye una de las principales limitantes en estos suelos, los valores obtenidos fueron mayores en los tratamientos del horizonte A en comparación con los del horizonte B. El horizonte A presenta diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en sus tratamientos

alcanzando el nivel más alto en el año sexto (tratamiento 6) siendo de $14,80 \text{ mg kg}^{-1}$ interpretado como nivel medio de calidad química mientras que el resto de tratamientos fueron interpretados como niveles bajos. Para B todos sus tratamientos presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), donde se aprecia un incremento en los niveles de fósforo en la mayoría de sus tratamientos comparados con el control.

El contenido de potasio (K) fue mayor en los tratamientos del horizonte A en comparación con los del horizonte B. el horizonte A presenta diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre sus tratamientos, sin embargo, todos los tratamientos presentan niveles menores que el control. El rango de valores fue entre 0,18 y 0,66 mg kg^{-1} . El Horizonte B presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, todos los valores se consideran muy bajos. El rango de valores del horizonte B fue entre 0,04 y 0,28 mg kg^{-1} siendo considerados tanto A como B niveles bajos de este elemento, la variación de este elemento modifica la relación $\text{K/Ca} + \text{Mg}$, que afecta, principalmente el desarrollo de gramíneas (Demagnet, 1999)

El contenido de calcio (Ca) fue mayor en los tratamientos del horizonte A en comparación con los del horizonte B. los niveles de Ca tanto en el horizonte A como el B mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en todos sus tratamientos, en el horizonte A los tratamientos 2 y 10 mostraron valores moderados entre 4,13 y 4,44 cmol kg^{-1} los restantes tratamientos presentaron niveles altos, mayores a 5 cmol kg^{-1} , lo que representa una excelente reserva. En el horizonte B los tratamientos 4 y 12 presentaron niveles altos mientras los demás tratamientos los valores resultaron moderados.

El contenido de magnesio (Mg) fue mayor en los tratamientos del horizonte A en comparación con los del horizonte B. El horizonte A presenta diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en casi todos sus tratamientos, con valores entre 0,94 y 2,15 cmol kg^{-1} clasificados como niveles moderados, sin embargo, estos valores no mostraron unas tendencias a incrementarse de manera progresiva según los años de aplicación de purines, a excepción de los tratamientos 6 y 12. El horizonte B presentó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre sus tratamientos con excepción de los tratamientos 0,6 y 12, cuyos niveles en general resultaron moderados con excepción del tratamiento 10 que tiene un valor de 0,15 cmol kg^{-1} siendo este un nivel bajo para este elemento.

En el horizonte A el contenido de sodio (Na) fue significativamente ($p \leq 0,05$) mayor en el control ($0,36 \text{ cmol kg}^{-1}$) comparado con los demás tratamientos, conceptualmente los niveles se agruparon en bajos y muy bajos, esto debe ser considerado positivo puesto que no se identificaron problemas de salinidad. Algo similar ocurre en el horizonte B donde el control marco un valor $0,41 \text{ cmol kg}^{-1}$, este valor es mayor al obtenido por los otros tratamientos, definiéndose estos niveles en un rango de bajos y muy bajos. Considerado adecuado para el crecimiento de las plantas.

Calidad química del suelo con aplicaciones de purines

Atendiendo al segundo objetivo de esta investigación, cuyo fin, fue determinar la calidad química del suelo, considerando diferentes años de aplicación de purines, con los valores medios y niveles de referencia de cada parámetro evaluado (Tabla 1 a la 8) se procedió a la obtención del índice de calidad química del suelo (ICQS) y luego el índice de calidad química total (ICQt).

Los resultados generales reportados en la Tabla 12, demostraron bajos valores (ICQS) en ambos horizontes genéticos.

Tabla 12a. Valores del índice de calidad químico del suelo (ICQS) para cada parámetro evaluado, según horizontes genético (A, B) y años de aplicación de purines de lechería.

Tratamiento	Horizonte genético	pH	MO	N	PO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺
Año 0	A	-1	2	-1	1	2	1	2	1
Año 2	A	1	2	-1	-1	1	1	2	1
Año 4	A	1	1	-1	-1	-1	2	2	2
Año 6	A	1	2	1	1	-1	2	2	1
Año 8	A	1	2	-1	-1	-1	1	2	2
Año 10	A	1	2	1	-1	-1	1	2	2
Año 12	A	1	1	2	-1	-1	2	2	1

Tabla 12b. Valores del índice de calidad químico del suelo (ICQS) para cada parámetro evaluado, según horizontes genético (A, B) y años de aplicación de purines de lechería

Tratamiento	Horizonte genético	pH	MO	N	PO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺
Año 0	B	1	1	-1	-2	-2	1	2	1
Año 2	B	1	1	-1	-2	-1	-1	-1	1
Año 4	B	1	1	-2	-1	-2	2	2	1
Año 6	B	1	1	-1	-1	-2	1	2	2
Año 8	B	1	1	-1	-1	-2	1	2	2
Año 10	B	1	1	-1	-2	-2	-2	-2	2
Año 12	B	1	1	-1	-1	-2	1	1	2

Sin embargo, la conceptualización de estos valores, que se indican en la (ICQ_t) de la Tabla 13, señalan con claridad una BAJA calidad química, en ambos horizontes genéticos evaluados en la mayor parte de los tratamientos. Excepcionalmente el tratamiento con seis años de aplicación de purines se evaluó con calidad MEDIA en el horizonte A. En donde los macronutrientes de nitrógeno fosforo y potasio al presentar valores negativos son los principales parámetros que están perjudicando el índice de calidad.

Tabla 13a. Valores del índice de calidad químico total del suelo (ICQS_t), según horizontes genético (A, B) y años de aplicación de purines de lechería

Tratamiento	Horizonte	ICQS _t	Clasificación
Año 0	A	7	Baja
Año 2	A	6	Baja
Año 4	A	5	Baja
Año 6	A	9	Media
Año 8	A	5	Baja
Año 10	A	7	Baja
Año 12	A	7	Baja

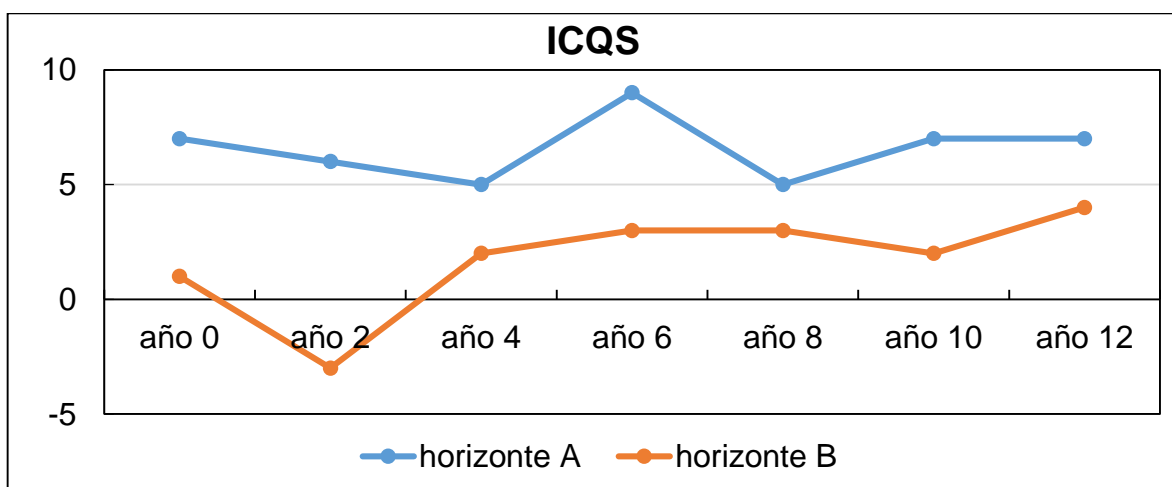
Tabla 13b. Valores del índice de calidad químico total del suelo (ICQS_t), según horizontes genético (A, B) y años de aplicación de purines de lechería

Tratamiento	Horizonte	ICQS _t	Clasificación
-------------	-----------	-------------------	---------------

Año 0	B	1	Baja
Año 2	B	-3	Baja
Año 4	B	2	Baja
Año 6	B	3	Baja
Año 8	B	3	Baja
Año 10	B	2	Baja
Año 12	B	4	Baja

Al considerar la valorización numérica del $ICQS_t$ (Figura 2) muestran que el tratamiento que considera seis años de aplicación de purines para el horizonte A, fue el que presentó el más alto valor $ICQS_t$, de los tratamientos, superando en 2 puntos al tratamiento sin aplicación de purines, los restantes tratamientos no superaron la calidad de baja. Seguidamente, los valores del $ICQS_t$ del horizonte A fueron mayores que los del horizonte B, en este horizonte a partir del año cuatro hubo un mayor valor de $ICQS_t$ en comparación con el tratamiento control, alcanzó el mayor valor en el año doce. Esto demuestra que la aplicación de purines modifica las propiedades químicas del suelo, sin embargo, no es una práctica que por sí sola sea suficiente para mejorar el $ICQS$.

Figura 2. Tendencia del índice de calidad química total del suelo, según horizontes genético (A, B) y años de aplicación de purines de lechería



Los resultados señalados obligan a considerar un plan de manejo sustentable para mejorar la calidad química del suelo. Este plan debe tener presente los valores

críticos que debiesen mejorarse para lograr un mejor nivel de calidad del suelo, son el Nitrógeno, fosforo y potasio. También deberían tenerse presente opciones como las propuestas por (Sandoval *et al.*, 2020), las cuales dependerán de factores, económicos, sociales, ambientales y escala del sistema productivos.

N: Incorporar: compost, vermicompost, rastrojos con bajo C/N, rotación con leguminosas, labranza cero, fertilizantes nitrogenados.

P: Incorporar: compost, vermicompost, rastrojos con bajo C/N, rotación que favorezca micorrizas, Labranza cero, Fertilizantes fosfatados, Guano rojo.

K: Incorporar: compost, vermicompost, rastrojos, rotación, labranza cero, cenizas de biomasa, fertilizantes potásicos.

CONCLUSIONES

1.- La aplicación de purines modifico los niveles químicos del suelo, favoreciendo con un menor valor de acidez y un aumento de los contenidos de materia orgánica hasta el octavo año de aplicación, aumento que se verifico solo hasta el año sexto para N y P en el horizonte A, los valores del horizonte B se mantuvieron siempre bajo los encontrados en el horizonte A.

2.- La calidad química del suelo en general resultó BAJA, en ambos horizontes genéticos evaluados. Esto indicaría que la aplicación de purines para los diferentes tiempos evaluados no fue capaz de dar sustentabilidad química al sistema suelo. Pero el modelo de trabajo utilizado permite evaluar, diagnosticar y proponer mejoras que puedas direccionar hacia un sistema más sustentable.

REFERENCIAS

1. Aguilera, S.M., G. Borie, P. Peirano, M.L. Mora y R. Demanet. 1995. Caracterización de purines para su potencial uso como fertilizante y mejorador de suelos. *Agric. Téc. (Chile)* 55(3-4): 251-256.
2. Aguilera, P., G. Briceño, M.L. Mora, R. Demanet and G Palma. 2010. Effect of liquid cow manure on chemical and biological properties in an Andisol. *Rev. Cienc. Suelo Nutr. Veg.* 10(2): 158-169.
3. Besoain, E. 1985. Mineralogía de los suelos volcánicos del centro-sur de Chile. pp: 109-302. En: J. Tosso (Ed.). *Suelos volcánicos de Chile*. INIA. Santiago, Chile.

4. Bhogal, A., F.A. Nicholson and B.J Chambers. 2009. Organic carbon additions: Effects on soil bio-physical and physico-chemical properties. *Eur. J. Soil Sci.* 60: 276-286.
5. Candia, O., M.L. Mora, R. Demanet, G. Briceño and G. Palma. 2012. Effect of liquid cow manure amendment on dimethenamid persistence in a volcanic soil. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 12(1): 153-163.
6. Castillo, J., D. Rodríguez, A.M. Rivera, G. Zamorano y H. Acuña. 2000. Uso de tecnologías limpias: experiencias prácticas en Chile [en línea]. *IngenieroAmbiental.com*. <<http://www.ingenieroambiental.com/4014/uteclimchi.pdf>>. [Consulta: 23 agosto 2019].
7. Consejo Nacional de Producción Limpia. 2012. Guía de mejores técnicas disponibles para la aplicación de purines del sector bovino en praderas y cultivos del sector agropecuario [en línea]. Consejo Nacional de Producción Limpia, Chile. <<http://www.cpl.cl/archivos/documentos/11.pdf>>. [Consulta: 11 octubre 2019].
8. Decreto Supremo N°46. Establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas. *Diario Oficial de la República de Chile.* 17 enero 2003. Santiago, Chile.
9. Decreto Supremo N°90. Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. *Diario Oficial de la República de Chile.* 07 marzo 2001. Santiago, Chile.
10. Demanet, R., M. Aguilera y M.L Mora. 1999. Efecto de la aplicación de purines sobre el sistema suelo – planta. *Front. Agríc.* 5(1-2): 87-94.
11. Dumont, J.C. y F. Salazar. 2001. Manejo y utilización de purines en plantales ganaderos. pp: 29-33. En: L. Opazo, A. Torres y E. Siebald (Eds.). *Seminario praderas: hacia un nuevo estilo productivo. Serie de Actas N°9.* INIA Remehue. Osorno, Chile.
12. Dumont, J.C. 2003. Propuestas para el manejo de efluentes de lecherías. En: N. Teuber, H. Uribe y L. Opazo (Eds.). *Seminario: hagamos de la lechería un mejor negocio. Serie de Actas INIA N°24.* 02 septiembre, 2003. INIA Remehue. Osorno, Chile.
13. Flores, J.P., M. Espinosa, E. Martínez, G. Henríquez, P. Avendaño, P. Torres e I. Ahumada. 2010. Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile. *Publicación N°139.* CIREN. Santiago, Chile.
14. Instituto Nacional de Normalización. 1978. Requisitos de calidad de agua para diferentes usos. *NCh1333: of. 78* modificada en 1987. Santiago, Chile.

15. Lerdón, J., I. Herrera, V. Moreira, y B. Carrillo. 2016. Análisis económico de predios lecheros del sur de Chile. *Idesia* 34(5): 53-64.
16. Martínez, E., J.P. Fuentes y E. Acevedo. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Rev. Cienc. Suelo Nutr. Veg.* 8(1): 68-96.
17. Martínez-Lagos, J., F. Salazar, M. Alfaro, M. Rosas, E. Rampoldi y F. Macías. 2014. Factores edafoclimáticos que afectan las emisiones de amoníaco por aplicación de urea y purín de lechería en andosoles. *Chilean J. Agric. Anim. Sci.* 30(1): 15-28.
18. Moustakas, N.K. and F. Georgoulías. 2005. Soils developed on volcanic materials in the Island of Thera, Greece. *Geoderma* 129: 125-138.
19. Pedraza, C. 1996. Fertilización: uso de estiércol bovino. *Tierra Adentro* (9): 24-28.
20. Pizarro, C.G. 2000. Mineralogía de los óxidos de hierro y equilibrios de intercambio catiónico en suelos volcánicos chilenos. Trabajo de graduación, Doctor en Química. Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Química y Biología. Santiago, Chile.
21. Recart, C.G. 2018. Caracterización de purines de lechería y la alimentación de vacas lecheras en los sistemas productivos lecheros en la provincia de Ñuble. Memoria de título, Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Chillán, Chile.
22. Robertson, G.P. and P.M. Groffman. 2015. Nitrogen transformations. pp: 421-446. In: E.A. Paul (Ed.) *Soil microbiology, ecology, and biochemistry*. (4th. ed.). Academic Press, Burlington, USA.
23. Sadzawka, A., M.A. Carrasco, R. Grez, M.L. Mora, H. Flores y A. Neaman. 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. Revisión 2006. Serie Actas INIA N°34. INIA La Platina. Santiago, Chile.
24. Salazar, F.J., J.C. Dumont, M.A. Santana, B.F. Pain, D.R. Chadwick y E. Owen. 2003. Prospección del manejo y utilización de efluentes de lecherías en el sur de Chile. *Arch. Med. Vet.* 35(2): 215-225.
25. Salazar, F. 2012. Manual de manejo y utilización de purines de lechería. Consorcio Lechero. Osorno, Chile.
26. Sandoval, M., C. Pérez, J.M. Recio, J.C. Sánchez, A. Pérez y J. Capulín. 2020. Manual de evaluación y restauración agro-ecológica de suelos de uso agropecuarios afectados por incendios. Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía. Chillán, Chile.
27. Shoji, S., R. Dahlgren and M. Nanzyo. 1993. Genesis of volcanic ash soils. pp: 37-71. In: S. Shoji, N. Nanzyo and R. Dahlgren (Eds.). *Volcanic ash soils*:

- genesis, properties and utilization. *Developments in Solis Science* N°21. Elsevier Science Publishers B.V. Amesterdam, The Netherlands.
28. Stolpe, N.B. 2006. *Descripciones de los principales suelos de la VIII Región de Chile*. Publicaciones Departamentos de Suelos y Recursos Naturales N°1. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
29. Tapia, B. 2020. *Situación de la industria láctea: producción, precios y comercio exterior*. ODEPA. Santiago, Chile.
30. Tsai, C.C., Z.S. Chen, C.I. Kao, F. Ottner, S.J. Kao and F. Zehetner. 2010. Pedogenic development of volcanic ash soils along a climosequence in northern Taiwan. *Geoderma* 156(1-2): 48-59.
31. Venegas, A.P. 2008. *Características de la materia orgánica de suelos de praderas naturales y cultivadas en la IX Región*. Memoria de título, Químico. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Santiago, Chile.
32. Whalen, J.K., C. Chang, G.W. Clayton and J.P. Carefoot. 2000. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64(3): 962-966.

ANEXOS

Anexo 1. Descripción del perfil modal sitio del experimento

Profundidad (cm)	Características morfológicas
0 – 14 A	El color del suelo en seco 7,5YR 5/2 Pardo Oscuro, en húmedo 10 YR 2/1 Negro. Textura franca, baja plasticidad y adhesividad presenta una estructura de bloque subangular medio a fino, blanda en seco, abundancias de pelos radicales y buena actividad de microorganismo, abundante porosidad, limite irregular. $D_a = 0,78 \text{ g cm}^{-3}$; $MO = 11,1\%$; $HA = 21,33 \text{ \%hbs}$.
14 – 63 B	El color puede variar En seco 7,5YR 4/2 Pardo, 7,5YR 6/4 a Pardo Amarillento Claro, en húmedo 10 YR 2/2 Pardo Muy Oscuro a 7,5YR 3/3 Pardo Oscuro, textura franca. Textura franca, baja plasticidad y adhesividad presenta una estructura de bloque subangular fino, blanda en seco, presencia de pelos radicales y moderada actividad de microorganismo, abundante porosidad. Limite lineal. $D_a = 0,80 \text{ g cm}^{-3}$; $MO = 7,1\%$; $HA = 16,88 \text{ \%hbs}$.
+63	Horizonte con presencia de gravas y arenas de origen fluvial, tamaños variables con dominio $> 10 \text{ cm}$. Este horizonte puede variar y aparecer mayor profundidad.