



**Universidad
de La Laguna**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA: SECCIÓN DE
INGENIERÍA AGRARIA**

GRADO EN INGENIERÍA AGRICOLA Y DEL MEDIO RURAL

**RESPUESTA DE LOS PASTIZALES DE TENO A LA
APLICACIÓN DE ENMIENDAS**



Rocío Gallardo Barroso

La Laguna, julio de 2015

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer al Dr. Eduardo Chinaa Correa y al Dr. Miguel Corbella Tena por haber dirigido este trabajo, por los buenos consejos y la ayuda, por estar siempre a disposición del alumno. Al departamento de Edafología y Geología de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (Sección Agraria) por todo el material cedido en el laboratorio.

Al personal de la EPSI por su cooperación durante el trabajo de campo. A María Nieves por su ayuda, comprensión y paciencia a la hora de trabajar, por haber estado en todo momento a disposición y generar un súper buen ambiente en el laboratorio y, sobre todo, por haber sido durante este año como una madre conmigo.

A mi madre y a Ricardo por haberme escuchado en todo momento, por haber estado apoyándome y dando buenos consejos, muchísimas gracias. A mi Tía Pili por su optimismo y apoyo, por siempre estar pendiente de mí. A mi padre, por preocuparse en todo momento. A mi amiga Alba González, por sus consejos y apoyo incondicional. Gracias por los momentos en el laboratorio que los recordaré toda la vida y gracias por tener siempre una sonrisa para alegrarme los días, gracias por tu amistad. A mis amigos Cristian, Jorge, Maribel y Daniel por haber estado siempre conmigo en las buenas y en las malas, dándome fuerzas en todo momento y no haber dudado nunca de mí.

Resumen

RESPUESTA DE LOS PASTIZALES DE TENO A LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS.

Autores: Gallardo-Barroso, R., E. China-Correa y M. Corbella-Tena.

Palabras clave: forraje, fertilización, pastos.

RESUMEN

Los recursos forrajeros de la isla de Tenerife, al igual que los de las otras islas del Archipiélago, son escasos, y se limitan a cubrir una pequeña parte de las necesidades de mantenimiento del ganado, siendo lo más común que, la alimentación, casi en su totalidad, se base en el consumo de alimentos importados. El estudio y mejora de los pastizales es importante para lograr reducir la importación de alimentos para el ganado. El objetivo de este trabajo es potenciar el desarrollo económico de las explotaciones ganaderas de la zona. La finca donde se ha realizado el estudio de fertilización se denomina "La Siete", se encuentra dentro de La Meseta de Teno, y abarca una superficie de 85.81 ha. El ensayo consistió en la fertilización de 16 parcelas elementales (de 4 m² cada una) distribuidas al azar y en bancales. Se aplicaron tres tratamientos de abonado más un testigo sin fertilización, con cuatro repeticiones cada uno. El trabajo ha servido para comparar el efecto que los distintos fertilizantes, aplicados en forma de abono ecológico (roca fosfórica), abono de síntesis (superfosfato de cal), y Residuo Orgánico Urbano (ROU), tienen sobre la fertilidad del suelo, la producción de forraje, la composición florística, y la calidad de los pastizales. En general, los suelos se clasificaron como arcillosos, con un contenido medio de materia orgánica en los suelos tratados con ROU de 8.32% y un contenido medio de fósforo asimilable de 95 ppm. En este ensayo, la fertilización con superfosfato de cal favoreció el contenido en fibra ácido detergente (FAD), celulosa (CAD) y proteína bruta (PB), es decir, la fracción orgánica del pasto, mientras que la fertilización con ROU, favoreció el contenido en Ca, P, K y Zn, es decir, la fracción mineral.

ANSWERS OF GRASSLAND OF TENO TO THE APPLICATION OF AMENDMENTS.

Authors: Gallardo-Barroso, R., E. Chinea-Correa y M. Corbella-Tena.

Key words: forage, fertilization, pastures.

ABSTRACT

Forage resources of the island of Tenerife are few, like the other islands. They are limited to cover livestock needs. Livestock's feeding is based on imported food. For this reason, it is important to study and improvement of pastures in order to reduce imports of livestock feed. The objective of this work is to promote the economic development of the farms in the area. The farm, called "La Siete", which has carried out the study of fertilization, is in "La Meseta de Teno" and it covers an area of 85.81 ha. The trial consisted of 16 individual fertilization plots (4 m² each) randomly distributed and terraces. It was applied three treatments plus a control without fertilization, with four replicates by treatment. The work has served to compare the effect of different treatments applied as organic fertilizer (phosphate rock), synthetic fertilizers (superphosphate of lime) and Urban Organic Waste (ROU) on soil fertility, fodder production, species composition and quality of pastures. In general, soils are classified as clay, with an average content of organic matter in the treated ROU of 8.32% and an average content of 95 ppm available phosphorus in soils. On the other hand, superphosphate fertilization has favored content of acid detergent fiber (FAD), cellulose (CAD) and gross protein (PB). Superphosphate fertilization has improved organic fraction of pasture. However, ROU fertilization has favored content of Ca, P, K and Zn and it means that ROU has improved inorganic fraction of pasture.

Índice

1	Introducción.....	1
2	Objetivos.....	5
3	Revisión bibliográfica	9
3.1	Ganadería en Canarias	11
3.1.1	Importancia de las materias primas utilizadas en la alimentación del ganado	11
3.2	Situación geográfica de Teno.....	13
3.2.1	Descripción de la Finca "La Siete"	14
3.3	Clima de Teno	15
3.3.1	Viento.....	15
3.3.2	Precipitaciones.....	16
3.3.3	Temperatura	16
3.4	Suelos	16
3.4.1	Andosoles evolucionados	17
3.4.2	Suelos pardos	17
3.4.3	Vertisoles	18
3.5	Vegetación	18
3.5.1	Contexto histórico/ Introducción.....	18
3.5.2	Vegetación actual	19
3.5.3	Terrazas de fondo.....	19
3.5.4	Pastizales.....	20
3.5.5	Laderas de los barrancos.....	21
3.5.6	Replantaciones	21
3.6	Consideraciones previas, relación suelo-planta	21
3.6.1	Materia Orgánica	21
3.6.2	Macronutrientes	23
3.6.2.1	Nitrógeno	23
3.6.2.2	Fósforo	24
3.6.2.3	Potasio.....	25
3.6.2.4	Calcio.....	26

3.6.2.5	Magnesio	27
3.6.2.6	Sodio.....	27
3.6.3	Micronutrientes.....	28
3.7	Efecto de la fertilización en los pastizales	29
3.8	Teno	30
3.8.1	Población	30
3.8.2	Importancia de la ganadería en la Meseta de Teno	30
3.8.3	Importancia de los pastizales en Teno	30
3.9	Tratamientos.....	31
3.9.1	Superfosfato de Cal.....	31
3.9.2	Roca Fosfórica	32
3.9.3	Residuo Orgánico Urbano (ROU).....	32
3.9.3.1	Parámetros físicos y químicos del compost.....	34
3.9.3.2	ROU como fertilizante	35
3.9.3.2.1	Acción física	35
3.9.3.2.2	Acción biológica	35
3.9.3.2.3	Acción nutritiva	36
3.9.3.3	Época de aplicación.....	36
3.9.3.4	Dosis adecuada	36
4	Material y métodos	37
4.1	Localización de la parcela	39
4.2	Climatología.....	40
4.3	Diseño experimental.....	42
4.4	Cálculo de las enmiendas.....	42
4.5	Trabajo de campo.....	44
4.5.1	Aplicación de los tratamientos.....	44
4.5.2	Muestreo del forraje	46
4.5.3	Muestreo de los suelos.	46
4.6	Preparación de las muestras foliares	47

4.6.1	Clasificación del forraje.....	48
4.6.2	Molienda del forraje.....	48
4.7	Trabajo de laboratorio.....	49
4.7.1	Análisis físico-químico de las muestras de suelos.....	49
4.7.1.1	Preparación de las muestras.....	49
4.7.1.2	Capacidad de saturación de agua.....	50
4.7.1.3	Granulometría.....	50
4.7.1.4	pH.....	51
4.7.1.5	Conductividad eléctrica.....	51
4.7.1.6	Materia orgánica.....	51
4.7.1.7	Fósforo asimilable.....	51
4.7.1.8	Extracción de cationes asimilables.....	52
4.7.1.9	Sodio y Potasio asimilables.....	52
4.7.1.10	Calcio y Magnesio asimilables.....	52
4.7.1.11	Microelementos.....	53
4.7.2	Análisis del forraje (fracción mineral).....	53
4.7.2.1	Mineralización de muestras foliares.....	53
4.7.2.2	Porcentaje en cenizas.....	53
4.7.2.3	Fósforo.....	54
4.7.2.4	Sodio y Potasio.....	55
4.7.2.5	Calcio y Magnesio.....	55
4.7.2.6	Cobre, Zinc y Manganeso.....	56
4.7.3	Análisis del forraje (fracción orgánica).....	56
4.7.3.1	Nitrógeno total y Proteína Bruta.....	56
4.7.3.2	Fibra neutro detergente.....	56
4.7.3.3	Fibra ácido detergente.....	57
4.7.3.4	Celulosa, lignina y hemicelulosa.....	58
4.8	Tratamiento de los datos y análisis estadístico.....	59
5	Resultados y discusión.....	61
5.1	Climatología.....	63

5.2	Análisis físico-químico del suelo.....	64
5.2.1	Textura.....	64
5.2.2	Capacidad de saturación de agua.....	65
5.2.3	pH (en pasta saturada).....	67
5.2.4	Conductividad eléctrica del extracto saturado.....	68
5.2.5	Materia Orgánica.....	70
5.2.6	Fósforo.....	72
5.2.7	Sodio.....	73
5.2.8	Potasio.....	75
5.2.9	Calcio.....	77
5.2.10	Magnesio.....	79
5.2.11	Microelementos.....	81
5.2.11.1	Hierro.....	81
5.2.11.2	Cobre.....	82
5.2.11.3	Manganeso.....	84
5.2.11.4	Zinc.....	86
5.3	Producción de materia seca.....	88
5.4	Porcentaje de materia seca.....	90
5.5	Composición botánica.....	91
5.6	Análisis foliar.....	96
5.6.1	Fracción mineral.....	96
5.6.1.1	Cenizas.....	96
5.6.1.2	Fósforo.....	97
5.6.1.3	Potasio.....	99
5.6.1.4	Sodio.....	101
5.6.1.5	Calcio.....	102
5.6.1.6	Magnesio.....	104
5.6.1.7	Cobre.....	105
5.6.1.8	Zinc.....	107
5.6.1.9	Manganeso.....	109
5.6.2	Fracción orgánica.....	111

5.6.2.1	Proteína bruta	111
5.6.2.2	Fibra Neutra Detergente (FND)	112
5.6.2.3	Fibra ácido detergente (FAD)	114
5.6.2.4	Celulosa (CAD).....	116
5.6.2.5	Hemicelulosa	117
5.6.2.6	Lignina (LAD).....	119
5.7	Análisis de componentes principales	121
5.7.1	Variables relacionadas con la fertilidad de los suelos	121
5.7.2	Variables relacionadas con la calidad de los pastos	122
6	Conclusiones.....	125
7	Conclusions.....	129
8	Bibliografía.....	133
9	Apéndices	147
9.1	Análisis de compost (PIRS).....	149
9.2	Climograma del año de estudio.....	150
9.3	Análisis del suelo.....	151
9.4	Producción	153
9.5	Composición florística	154
9.6	Análisis del forraje	155
9.7	Análisis granulométrico (Gráficos).....	157

Índice de Tablas

Tabla 3.1. Número de cabezas de ganado en la isla de Tenerife y en Canarias (ISTAC, 2015) ...	12
Tabla 4.1. Coordenadas geográficas de la parcela experimental de la finca "La Siete"	40
Tabla 4.2. Dosis de fertilizante aplicada, según los distintos tratamientos, a cada una de las unidades experimentales del ensayo (finca "La Siete")	42
Tabla 4.3. Contenido en MO (% s.m.), N total (% s.m.) y humedad total (%) de la enmienda orgánica (ROU). Valores estimados de C (%), de Nitrógeno total incorporado (kg/ha y kg/parcela) y relación C/N	43
Tabla 5.1. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la capacidad de saturación de agua del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	66
Tabla 5.2. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el pH del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	67
Tabla 5.3. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la CE del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	69
Tabla 5.4. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la M.O. del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	70
Tabla 5.5. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el fósforo asimilable del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	72
Tabla 5.6. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el sodio del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU). Debido a que la variable no cumplía las condiciones de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó una transformación de la misma	74
Tabla 5.7. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el potasio del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	76
Tabla 5.8. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el calcio del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	78
Tabla 5.9. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el magnesio del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	79
Tabla 5.10. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el hierro del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	81
Tabla 5.11. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el cobre del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	83
Tabla 5.12. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el manganeso del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU). Debido a que la	

variable no cumplía las condiciones de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó una transformación de la misma.....	84
Tabla 5.13. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el cinc del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU). Debido a que la variable no cumplía las condiciones de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó una transformación de la misma.....	86
Tabla 5.14. Valor medio y error típico de la media, de los parámetros físico-químicos analizados en los suelos de las distintas unidades experimentales del ensayo (testigo, tratamiento con roca fosfórica, tratamiento superfosfato de cal y tratamiento ROU). Por filas, los valores medios acompañados con letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$) entre los tratamientos correspondientes.....	88
Tabla 5.15. Producción de materia seca (PMS). Valores medios (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$).....	88
Tabla 5.16. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la producción de materia seca, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU).....	89
Tabla 5.17. Porcentaje de materia seca (%MS). Valores medios (n=4) por tratamiento (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$).....	90
Tabla 5.18. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el porcentaje de materia seca, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU).....	91
Tabla 5.19. Composición botánica de los pastos cosechados en las distintas unidades experimentales de la parcela de ensayo (tratamientos). Valores medios (n = 4).	92
Tabla 5.20. Porcentaje en cenizas (%). Valores medios (n=4) por tratamiento y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$).....	96
Tabla 5.21. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el porcentaje en cenizas (5), por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU).....	96
Tabla 5.22. Concentración foliar de P (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$).....	97
Tabla 5.23. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el fósforo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU).....	98
Tabla 5.24. Contenido de potasio (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$).....	99
Tabla 5.25. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el potasio, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU).....	99

Tabla 5.26. Porcentaje de sodio. Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P>0,05$)	101
Tabla 5.27. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el sodio, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	101
Tabla 5.28. Porcentaje de calcio. Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P\leq 0,05$)	102
Tabla 5.29. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el calcio, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	103
Tabla 5.30. Porcentaje de magnesio. Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P>0,05$)	104
Tabla 5.31. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el magnesio, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	104
Tabla 5.32. Contenido de cobre (ppm). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P\leq 0,05$).....	106
Tabla 5.33. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el cobre, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	106
Tabla 5.34. Contenido de zinc (ppm). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P>0,05$)	107
Tabla 5.35. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el zinc, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	107
Tabla 5.36. Contenido de manganeso (ppm). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P>0,05$).....	109
Tabla 5.37. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el manganeso, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	109
Tabla 5.38. Contenido de proteína bruta (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P\leq 0,05$).....	111
Tabla 5.39. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el porcentaje de proteína bruta, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU).....	111
Tabla 5.40. Contenido de FND (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P\leq 0,05$)	113
Tabla 5.41. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la FND, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	113

Tabla 5.42. Contenido de FAD (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$).....	114
Tabla 5.43. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la FAD, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	115
Tabla 5.44. Contenido de CAD (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$).....	116
Tabla 5.45. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la CAD, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	116
Tabla 5.46. Contenido de hemicelulosa (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$)	118
Tabla 5.47. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para hemicelulosa, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	118
Tabla 5.48. Contenido de LAD (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$).....	119
Tabla 5.49. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para LAD, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)	120
Tabla 9.1. Datos de la estación meteorológica de El Palmar, Buenavista del Norte.....	150
Tabla 9.2. Análisis de las propiedades físico-químicas de suelos para cada uno de los tratamientos en cada una de las parcelas elementales	151
Tabla 9.3. Continuación. Análisis del porcentaje de saturación (%PS), textura y microelementos para cada uno de los tratamientos en cada una de las parcelas elementales	152
Tabla 9.4. Producción de biomasa para cada uno de los tratamientos en cada una de las parcelas elementales del año de estudio	153
Tabla 9.5. Composición florística para cada uno de los tratamientos en cada una de las parcelas elementales del año de estudio	154
Tabla 9.6. Análisis del forraje para cada uno de los tratamientos en cada una de las parcelas elementales en el año de estudio	155
Tabla 9.7. Continuación. Análisis de PB (%), FAD (%), Cel. (%), Lignina (%) y Hemicelulosa (%) para cada uno de los tratamientos en cada una de las parcelas elementales para el año de estudio	156

Índice de Gráficos

Gráfico 5.1. Capacidad de saturación de agua del suelo (%).Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P>0.05$).....	66
Gráfico 5.2. El pH de la pasta saturada. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P\leq 0.05$).	68
Gráfico 5.3. Conductividad eléctrica ($CE_{25^{\circ}C}$) del extracto saturado (mS/cm). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P>0.05$).....	69
Gráfico 5.4. Porcentaje de materia orgánica (MO). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P\leq 0.05$).....	71
Gráfico 5.5. Nivel de fósforo asimilable en el suelo (ppm). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P\leq 0.05$).....	73
Gráfico 5.6. Concentración de sodio asimilable (meq/100 g). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P\leq 0.05$).....	75
Gráfico 5.7. Concentración de potasio asimilable (meq/100g). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P\leq 0.05$).....	77
Gráfico 5.8. Contenido en calcio asimilable (meq/100 g). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P\leq 0.05$).....	78
Gráfico 5.9. Concentración de magnesio asimilable (meq/100g). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P\leq 0.05$).	80
Gráfico 5.10. Concentración de hierro (ppm) del suelo. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P>0.05$).....	82
Gráfico 5.11. Concentración de cobre (ppm) en el suelo. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P\leq 0.05$).....	83

Gráfico 5.12. Concentración de manganeso (ppm) en el suelo. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).	85
Gráfico 5.13. Concentración de cinc (ppm) en el suelo. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).	87
Gráfico 5.14. Producción de materia seca (%).Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$).	89
Gráfico 5.15. Porcentaje de materia seca (%MS). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).	91
Gráfico 5.16. Porcentaje de leguminosas (L) en pastos cosechados en las diferentes unidades experimentales. Valores medios por tratamiento (n=4).	92
Gráfico 5.17. Porcentaje de gramíneas (G) en pastos cosechados en las diferentes unidades experimentales. Valores medios por tratamiento (n=4).	94
Gráfico 5.18. Porcentaje de otras familias (O) en pastos cosechados en las diferentes unidades experimentales. Valores medios por tratamiento (n=4).	95
Gráfico 5.19. Porcentaje de cenizas. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$).	97
Gráfico 5.20. Porcentaje de fósforo. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).	98
Gráfico 5.21. Porcentaje de potasio. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos con letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).	100
Gráfico 5.22. Porcentaje de sodio. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$).	102
Gráfico 5.23. Porcentaje de calcio. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos de letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).	103
Gráfico 5.24. Porcentaje de magnesio. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$).	105
Gráfico 5.25. Contenido de cobre (ppm). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos con letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).	106

Gráfico 5.26. Contenido de zinc (ppm). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P>0.05$).....	108
Gráfico 5.27. Contenido de manganeso (ppm). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P>0.05$).....	110
Gráfico 5.28. Contenido de Proteína Bruta (% Materia Seca). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P\leq 0.05$).....	112
Gráfico 5.29. Contenido de FND (% Materia Seca). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P\leq 0.05$).....	114
Gráfico 5.30. Contenido de FAD (% Materia Seca). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P\leq 0.05$).....	115
Gráfico 5.31. Contenido de CAD (% Materia Seca). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P>0.05$).....	117
Gráfico 5.32. Contenido de hemicelulosa (% materia seca). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P\leq 0.05$).....	119
Gráfico 5.33. Contenido de Lignina (% Materia Seca). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P>0.05$).....	120
Gráfico 5.34. Representación de muestras y variables (relacionadas con la fertilidad del suelo), en función de sus puntuaciones, respecto a dos ejes principales (PC).....	122
Gráfico 5.35. Representación de muestras y variables (relacionadas con la calidad de los pastos), en función de sus puntuaciones, respecto a dos ejes principales (PC).....	123
Gráfico 9.1. Porcentaje de arcillas. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media.....	157
Gráfico 9.2. Porcentaje de limos. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media.....	157
Gráfico 9.3. Porcentaje de arenas. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media.....	158

Introducción

El Parque Rural de Teno es un Espacio Natural Protegido, ubicado en el noroeste de la isla de Tenerife, con una extensión de 8064 ha. Por el decreto de Ley 12/87 de Espacios Naturales Protegidos de Canarias fue declarado Parque Natural Protegido. En esta calificación se admiten actividades humanas y agropecuarias que no sean intensivas.

El trabajo se realizó concretamente en la zona conocida como Teno Alto, que constituye una amplia meseta con una superficie de 700 ha, situada mayoritariamente entre los 500 y 700 metros sobre el nivel del mar. Forma parte del Macizo antiguo de Teno, una de las unidades geológicas más antiguas de la isla de Tenerife (Herrera et al., 2000). El clima de la Meseta de Teno es de tipo mediterráneo, oceánico, sin heladas y con veranos frescos y húmedos. Las lluvias se concentran durante la época más fría, entre octubre y abril. El viento dominante (NW) sopla con bastante intensidad y frecuencia todo el año (Chinea et al., 2001b).

El territorio que abarca la Meseta ha sido explotado desde comienzos del siglo XVI hasta la actualidad. En el presente, la población basa gran parte de su economía en la cabaña caprina y ésta se distribuye en pequeños rebaños, y cuya producción se dedica casi exclusivamente a la elaboración de queso fresco artesanal (Chinea et al., 2001b)

Los recursos forrajeros de la isla de Tenerife, al igual que los de las otras islas del archipiélago, son escasos, se limitan a cubrir en una pequeña parte de las necesidades de mantenimiento del ganado. Lo más común la alimentación, casi en su totalidad, a base de alimentos importados. Los pastos son infrautilizados por la pequeña población, y la única técnica de manejo consiste en la quema de rastrojos en algunos sectores de las partes más productivas de la Meseta (Chinea et al., 2003).

Este estudio se ha realizado para evaluar el efecto que diferentes enmiendas pueden tener sobre la calidad de los pastos. Para ello, ha sido necesario realizar diferentes ensayos de fertilización, así como una valoración cualitativa y cuantitativa de los pastos de la Meseta de Teno. Los ensayos han sido desarrollados en la finca “La Siete”, perteneciente al Cabildo Insular de Tenerife y situada en la Meseta de Teno.

A lo largo de años anteriores, las características de los suelos y la calidad y producción de los pastos de la Meseta han sido estudiados en una serie de trabajos realizados por China y Barquín en 1992, 1993 y 2001. Entre otras conclusiones, cabe destacar que los valores de pH y conductividad eléctrica, (CE) así como los niveles de nutrientes en el suelo son aceptables, pudiendo mejorarse en zonas concretas, con la aportación de fósforo y calcio. Además, señalar el predominio de suelos arcillosos.

Alarcón (2006) y García (2006), realizaron ensayos de fertilización en la Meseta con los mismos fertilizantes y, como conclusión, se recomendó el uso de fertilizante ecológico para la mejora de la calidad de los pastos. Durante los años siguientes, Gil (2012), Hernández (2012) y González (2014), concluyeron que la enmienda a base de Residuo Orgánico Urbano es la que favoreció las mayores mejoras en las propiedades físicas y químicas del suelo.

El estudio sobre el que se basa este trabajo fue realizado durante el curso 2013-2014, empleándose tres tipos de enmiendas fosfóricas (roca fosfórica, superfosfato de cal y Residuo Orgánico Urbano (ROU)).

Objetivos

El estudio y la mejora de los pastizales tienen, entre otras finalidades, la de proporcionar alimentos de mejor calidad a la cabaña ganadera, la de reducir el volumen de importaciones, y la de favorecer el desarrollo económico y profesional de las explotaciones.

El presente trabajo, que se ha realizado en una finca situada en el Parque Rural de Teno, que a su vez forma parte de los municipios de Buenavista del Norte, Los Silos, El Tanque y Santiago del Teide, pretende evaluar los efectos que la aplicación de diferentes enmiendas fertilizantes tiene sobre:

1. La fertilidad del suelo.
2. La producción forrajera.
3. La composición florística (gramíneas, leguminosas y otras).
4. La calidad de los pastizales.

Las enmiendas fertilizantes se aplicaron en forma de abono ecológico (roca fosfórica), abono de síntesis (superfosfato de cal) y abono de residuos orgánicos urbanos (ROU).

La calidad de los pastizales se ha determinado en función de su composición mineral (principales macro y micro nutrientes) y de su composición orgánica (proteína bruta, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, lignina, celulosa y hemicelulosa).

La fertilidad del suelo se ha estimado en base a los valores que resultaron del análisis de los principales parámetros físico-químicos que la determinan.

Revisión bibliográfica

3.1 Ganadería en Canarias

De acuerdo con los datos de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, la actividad ganadera aportaba el 20% de la producción agraria en 1995, mientras que en 2001 llegó a alcanzar casi el 30% y luego se mantuvo en torno al 25% en los últimos años. En cualquier caso, la relevancia de esta actividad no puede medirse exclusivamente en términos del porcentaje anterior, sino que debe tenerse en cuenta el peso social que estas actividades pueden tener en términos de generación de empleo en determinados espacios insulares. Así, la ganadería es un subsector estratégico de la economía canaria del que viven muchas familias, bien como única actividad o como complemento de otras.

La actividad ganadera es bastante reducida en el Archipiélago, y esta circunstancia puede, entre otros factores, tener que ver con el hecho de que, en la historia de Canarias, la actividad dominante del sector primario ha sido la agricultura, si bien la ganadería ha ganado cierto peso en el valor de la producción agraria en el último decenio.

3.1.1 Importancia de las materias primas utilizadas en la alimentación del ganado

La alimentación de los animales supone uno de los mayores costes de producción de las explotaciones ganaderas de Canarias, sobre todo porque la mayor parte del forraje que se consume es importado. Ante este panorama, el Gobierno, junto con el resto de administraciones, las universidades y el sector, ya trabajan en un plan (Plan Forrajero de Canarias) para producir forraje en las Islas (PFORCA, 2015). Además, por esta razón, este trabajo evalúa la posibilidad de mejorar los pastos.

En cuanto a las materias primas utilizadas en la alimentación se distinguen, por un lado, las que por su elevado contenido en proteína son llamadas “concentrados” y, por otro lado, los “forrajes”, cuyo contenido en fibra hace que su riqueza proteica sea baja. Los forrajes son los productos que deben completar la dieta de los rumiantes. En Canarias, se importan 2/3 de los forrajes consumidos, lo que supone un gran inconveniente para el desarrollo económico y estratégico

de las explotaciones ganaderas (Gobierno de Canarias, Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2015).

En la Tabla 3.1, se muestra el total de cabezas de ganado censadas en Canarias desde el año 2000 (360907) al 2012 (435130) y también en Tenerife (91705 y 63372, respectivamente). Como se observa, hay un aumento en la Comunidad Autónoma y, esto es debido a un crecimiento del número de cabezas en Gran Canaria.

Tabla 3.1. Número de cabezas de ganado en la isla de Tenerife y en Canarias (ISTAC, 2015)

	Número de cabezas de ganado en Tenerife	Número de cabezas de ganado en Canarias
Año 2000		
Caprino	76211	280121
Bovino	7873	27806
Ovino	7621	52980
Año 2001		
Caprino	74539	347946
Bovino	5942	21039
Ovino	7867	66978
Año 2002		
Caprino	67687	314106
Bovino	6051	23653
Ovino	9174	68370
Año 2003		
Caprino	69745	373523
Bovino	5958	23454
Ovino	9650	71933
Año 2004		
Caprino	72614	326807
Bovino	5859	21118
Ovino	14167	74013
Año 2005		
Caprino	76509	392740
Bovino	5659	19960
Ovino	15022	114204
Año 2006		
Caprino	67239	368625
Bovino	4778	17921
Ovino	14447	110945
Año 2007		
Caprino	71871	363329
Bovino	5359	20316
Ovino	17427	124907

	Número de cabezas de ganado en Tenerife	Número de cabezas de ganado en Canarias
Año 2008		
Caprino	56704	368389
Bovino	4686	17677
Ovino	15473	93354
Año 2009		
Caprino	55747	315707
Bovino	4667	17689
Ovino	11055	76461
Año 2010		
Caprino	61434	333917
Bovino	4849	19943
Ovino	8748	80304
Año 2011		
Caprino	47054	321646
Bovino	4666	19387
Ovino	10071	91321
Año 2012		
Caprino	50085	315856
Bovino	4716	18366
Ovino	8571	100908

Fuente: ISTAC, 2013

3.2 Situación geográfica de Teno

Teno Alto constituye una amplia Meseta con una superficie de 500 ha, situada entre los 500 y 700 msnm, en el extremo más noroeste de la Isla de Tenerife, y es una de las zonas más antiguas de la isla. Se sitúa dentro del Parque Rural de Teno (Foto 3.1), declarado como Parque Natural por el decreto de Ley 12/87 de Espacios Naturales Protegidos de Canarias, con una superficie de 8064 ha (China et al., 2007). Posteriormente su categoría fue reclasificada (ley 12/1994 de 19 de diciembre), y, actualmente, pertenece a Espacios Naturales de Canarias. Por otra parte, también ha sido declarado zona de Especial Protección de Aves (ZEPA) (directiva 79/409/CEE de Conservación de Aves Silvestres) (Herrera et al., 2000).

La meseta de Teno se considera un elevado edificio volcánico muy antiguo con forma irregular, siendo parte de la esquina noroccidental de Tenerife. Hacia el sureste limita con los valles de El Palmar y Carrizales, terminando en forma

acantilada sobre el atlántico en su parte más occidental y limitando, en su parte más septentrional, con Teno Bajo y Buenavista del Norte (Herrera et al., 2000).

Así, tres de sus lados son acantilados, dos de ellos terminan sobre una plataforma costera y otro constituye la ladera de un barranco (Barquín et al., 1993). Por último, el cuarto lado es una pequeña cordillera local que linda hacia el sur con la cumbre Baracán y Montaña Bermeja.

Hace relativamente poco tiempo geológico, surgieron dos erupciones volcánicas (Montaña de las Cuevas y Montaña del Vallado) en el centro de la Meseta. Estas erupciones han influido en la física y química de los suelos debido a los productos expulsados como cenizas volcánicas y lapilli (Barquín et al., 1993).

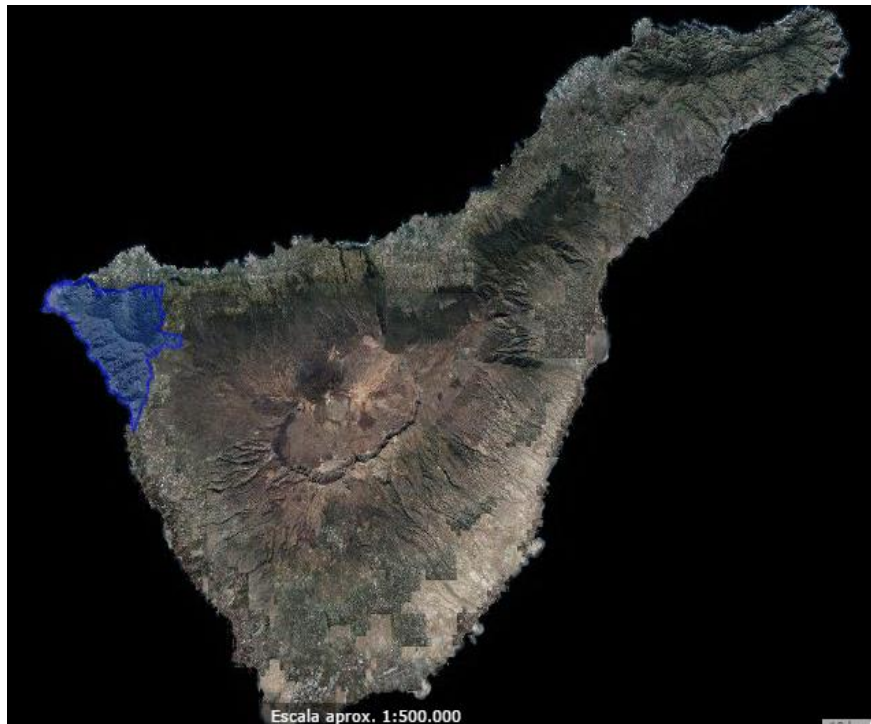


Foto 3.1. Situación geográfica del Parque Rural de Teno (Grafcán, 2015)

3.2.1 Descripción de la Finca "La Siete"

La finca "La Siete" está localizada en la Meseta de Teno, con una superficie de 85 ha, y está formada por cuatro unidades agroecológicas homogéneas. Entre ellas destacan las áreas de Monte de Fayal-Brezal (*Erica arborea* y *Myrica faya*) que se ha expandido sobre cultivos en abandono, con orientación Sur; y

Cardonal-Tabaibal (*Euphorbia canariensis* y *Euphorbia obtusifolia*) en zonas de menor altitud, con orientación Norte y laderas de barranco.

El mantenimiento de estas unidades agroecológicas, así como el buen estado de la finca, ha sido posible por el uso de pastoreo rotativo, con un nivel intermedio de suplementación, en el que se pastoreaba en los meses más productivos y se abandonaba en los meses menos productivos (Mata et al., 2003).

3.3 Clima de Teno

El clima de la Meseta de Teno se puede sintetizar como clima mediterráneo, ventoso, fresco, oceánico, sin heladas, con bastante frecuencia brumoso, y con temperaturas máximas moderadas por la presencia de los vientos alisios. Hay que destacar que en la Meseta, debido al eje orográfico formado por la Montaña Bermeja y Baracán, se forman dos vertientes microclimáticas que actúan como una barrera (Barquín y Chinaea 1991; Barquín et al.1992a, 1993; Álvarez-Alonso, 1976).

Por otra parte, en la Meseta de Teno se pueden diferenciar dos climas que se corresponden, uno, con una parte inferior cálida y subhúmeda (planicie de Teno Bajo) resguardada de los vientos alisios, y con una humedad relativa alta; y otro, con una parte superior fresca, con una humedad relativa muy alta, y con abundancia de brumas y "lluvia horizontal", que aporta una humedad que compensa las pérdidas de agua por evaporación (Santos y Fernández, 1977; Barquín y Chinaea, 1991).

3.3.1 Viento

El viento sopla con bastante intensidad y fuerza durante gran parte del año, con una componente NNE, lo que fuerza la transpiración de las plantas y la evaporación del suelo. Sin embargo, las brisas marinas, los vientos alisios y el viento oceánico producen aportes de humedad que compensan las pérdidas de agua (Barquín et al., 1991). Además, los vientos se alternan con importantes períodos de calma (Álvarez-Alonso, 1976).

3.3.2 Precipitaciones

Hay que destacar que las precipitaciones a lo largo del año son bastante impredecibles, y pueden variar entre 400 y 700 mm. Además, las lluvias se concentran en la época más fría, entre los meses de octubre y abril. Los veranos son secos y tardíos, con un aporte importante de humedad por parte de los alisios y de la brisa marina (Chinea et al., 2001a).

3.3.3 Temperatura

En la Meseta de Teno, en el período 2000-2014, la temperatura media anual osciló entre 15.5°C y 16.9°C, con temperaturas medias máximas absolutas de 19.8 y mínimas absolutas de 12.8°C. Los datos climáticos utilizados fueron los registrados por la estación meteorológica de “Los Pedregales” en El Palmar, en Buenavista del Norte (556 msnm) (Agrocabildo, 2015).

Alarcón (2006), García (2006), Hernández (2012), Gil (2012), y González (2014) señalan que, para el período comprendido entre 2003 y 2014, las temperaturas medias oscilaron entorno a los 15°C.

3.4 **Suelos**

Los suelos de la Meseta de Teno no habían sido estudiados hasta que Barquín y Chinea (1991) analizaron una cadena de muestras en la parte central de la Meseta, donde se observó una elevada heterogeneidad en cuanto a la física y la química de los mismos. Esto se atribuye a factores como la altitud y posición, la presencia en varias proporciones de cenizas volcánicas y el uso humano de los suelos. Los restos de material volcánico como lapilli y diversos conos volcánicos, en la actualidad, se encuentran bastante deteriorados (Chinea et al., 1992).

Así, los suelos actuales de la Meseta son arcillosos, con una tendencia a una textura arcillo-arenosa y franco-arcillosa, con un pH próximo a la neutralidad, un contenido de materia orgánica alto, conductividad eléctrica baja, y una moderada proporción de fósforo (Hernández et al., 1995).

Por otra parte, predominan dos secuencias de suelos, los formados sobre materiales recientes: andosoles y suelos pardos; y los formados sobre material

antiguo: los vertisoles (Fernández-Caldas et al., 1978 y 1982; Fernández-Caldas y Tejedor, 1984).

3.4.1 Andosoles evolucionados

El término andosol deriva de los vocablos japoneses “an” que significa negro y “do” que significa suelo, haciendo alusión a su carácter de suelos de color negro en sus horizontes superficiales. Se caracterizan por poseer baja densidad aparente a la capacidad de campo, baja carga permanente y alta carga variable, alta capacidad de retención de agua, elevado contenido en carbono, y alta capacidad de retención de fosfatos.

Aunque pueden formarse andosoles sobre materiales no volcánicos, un factor edafogenético importante de estos suelos sigue siendo la naturaleza volcánica del material de origen. Una característica fundamental de estos materiales es la facilidad y velocidad de alteración.

Convencionalmente se han asociado estos suelos a zonas de clima con humedad permanente y buen drenaje, alta pluviometría, y distribución regular de las lluvias, que favorecen la rápida alteración de los materiales volcánicos y la formación y estabilización de los constituyentes secundarios típicos de estos.

3.4.2 Suelos pardos

En la Meseta se encuentran suelos pardos, formados bajo un régimen térmico bastante regular, con una amplitud térmica entre la media de los meses de verano y la media de los meses de invierno, de aproximadamente 6°C (Luis-González, 1984).

Estos suelos, aunque formados sobre materiales recientes, presentan una evolución de la cristalinidad de las arcillas mucho más avanzada que los andosoles. Predominan los minerales de arcilla, esencialmente haloisitas, y no se encuentran compuestos amorfos del tipo de las alófanas (Fernández-Caldas et al., 1978 y 1982).

Los suelos pardos tienen una gran fertilidad, son generalmente profundos, bien estructurados, ricos en materia orgánica, y contienen abundantes reservas de potasio (Fernández-Caldas et al., 1978).

En Teno Alto, los suelos pardos se localizan en las cabeceras cultivadas (como por ejemplo El Hoyo), y en las praderas que se encuentran inmediatamente por debajo (Barquín et al., 1993).

3.4.3 Vertisoles

El nombre vertisol proviene del latín “vertere” que significa “dar” vuelta y hace referencia a los movimientos que se producen en el seno de la masa de estos suelos como consecuencia de un alto contenido en arcillas de red expansible (hinchables). Ocupan amplias superficies de las zonas costeras de la Isla de Tenerife desarrollados a partir de derrubios y materiales erosionados de las rocas más antiguas de la isla. La génesis de estos suelos tiene lugar en zonas llanas, principalmente en climas tropicales, subtropicales, semiáridos a subhúmedos y húmedos, con una alternancia clara de estación seca y húmeda, son suelos arcillosos por antonomasia que albergan una alta proporción de arcillas expansivas (se hinchan en contacto con el agua).

Por lo general, se trata de suelos con buena capacidad de retención de agua aunque, una parte considerable de ella, no se encuentra disponible para las plantas. Además, tienen una elevada densidad y una baja permeabilidad en estado húmedo, consistencia plástica y muy dura, y presencia de grietas de retracción. La mayoría de los vertisoles tiene una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) y un alto porcentaje de saturación de bases.

3.5 **Vegetación**

3.5.1 Contexto histórico/ Introducción

Admitiendo una climatología análoga a la actual, la Meseta de Teno debió estar cubierta en su casi totalidad por vegetación de laurisilva y de fayal-brezal. Por una parte, en los lomos debió haber la vegetación fayal-brezal con algunas gramíneas, helechos, musgos o líquenes, mientras que en las vaguadas más profundas pudieron crecer especies más exigentes, como *Laurus azorica*, en estabilidad climática.

Por otro lado, en los bordes exteriores más bajos de la Meseta debió haber una franja de un matorral de especies endémicas, de composición muy distinta según orientación (Barquín, 1984).

3.5.2 Vegetación actual

Actualmente, de los bosques que existían en la Meseta sólo quedan restos de laurisilva estropeada al pie del Baracán en el lado suroeste (SE), y algunas zonas más o menos densas de brezos talados y ramoneados y algunas fayas, en la fachada de barlovento, al este de la Meseta, y en las zonas más altas de las cabeceras.

Según China et al. (2004), en un trabajo sobre la composición florística de la Meseta de Teno, los valores de aparición (calculados en porcentaje) a lo largo de los años, ordenados de mayor a menor grado de importancia fueron, *Phalaris caerulescens*, *Trachynia distachya*, *Bromus rigidus*, *B. hordeaceus* y *Avena sterilis*.

Las demás especies que cubren la Meseta son más propias de otras latitudes: *Trifolium* sp pl., *Sonchus oleraceus*, *Hypochoeris glabra*, *Calendula arvensis*, *Plantago* sp pl., *Geranium* sp pl., *Erodium* sp pl. La especie que se encuentra en mayor proporción en las zonas de mayor humedad es una grama rizomatosa, *Phalaris caerulescens*, que forma macollas de 25 cm de radio y que excluye a todas las demás especies (Barquín et al., 1991, China et al.1993).

Además, se pueden encontrar especies suculentas que son consumidas por el ganado en la estación estival, como *Opuntia ficus-barbarica*, o *Sonchus* sp. en cauces con laderas escabrosas o en la parte exterior del acantilado que rodea la Meseta (Barquín et al., 1991).

3.5.3 Terrazas de fondo

En los bancales abandonados de cultivo, por debajo de las cabeceras, crecen especies anuales nitrófilas como *Plantago* sp. pl., *Sinapis arvensis* y otras crucíferas como *Sonchus oleraceus*, *Erodium* sp. pl., *Echium plantagineum*, *Galactites tomentosa*, *Anagallis arvensis*, *Papaver* sp. pl., algunos *Trifolium* y

Medicago y gramíneas como *Avena sterilis* muy abundante (Nomenclatura según Acebes-Ginovés, 2010).

3.5.4 Pastizales

El pastizal se define como la comunidad natural dominada por especies herbáceas que por efecto del clima se secan en verano, y que se aprovechan mediante pastoreo extensivo (Ferrer et al., 2001).

La cobertura de los pastizales es alta, llegando al 100 % en los sectores más húmedos de barlovento, en donde se encuentran los pastizales más productivos de la Meseta. Por otro lado, los más secos llegan casi al 100% de cobertura en los años más húmedos, pero su altura es de unos 20 cm, mientras que los húmedos alcanzan hasta 50 cm. La diversidad de los pastizales secos es menor que la de los húmedos.

Las praderas más húmedas de la Meseta están cubiertas por la grama rizomatosa *Phalaris caerulescens*, formando céspedes bajos y cerrados e impidiendo la presencia de otras plantas. Además, su parte área se seca en verano. Otras gramíneas abundantes son: *Briza maxima*, *Trachynia distachya*, *Lolium rigidum*, *Hordeum murinum* sp., *Leporinum*, *Bromus rigidus*, *B. hordeaceus* y *Avena sterilis*. Entre las leguminosas destacan *Trifolium subterraneum*, *Medicago polymorpha*, *M. truncatula*, *Lathyrus aphaca*, *T. squarrosus*, *T. strictum*, *T. campestre*, *Vicia lutea* y *V. pubescens* (Barquín et al., 1992).

En los pastizales más secos (hacia los bordes interiores y hacia sotavento, en el oeste) son abundantes: *Trisetaria panacea*, *Stipa capensis* y *Phalaris minor* con *Trifolium angustifolium*, *T. glomeratum*, *T. scabrum*, *Medicago truncatula*, *Ononis dentata* y *Scorpiurus muricatus*. Estos pastizales duran escasos meses incluso en años lluviosos. Hacia el oeste van disminuyendo la diversidad, la cobertura y la masa, aunque las especies se mantienen. Ya en el borde oeste intervienen elementos termófilos y xerófilos como *Stipa capensis* e *Hyparrhenia hirta* y los pastizales están muy poco desarrollados.

3.5.5 Laderas de los barrancos

En las laderas con mayor pendiente, como las laderas de los barrancos de las cuevas y los acantilados que bordean la parte exterior de la Meseta, se pueden encontrar especies suculentas como *Opuntia ficus-barbarica* y algunas especies de gran tamaño como *Sonchus* endémicos, además de *Trifolium scabrum* y *Medicago truncatula*. Estas especies son consumidas por el ganado sobre todo en verano, ya que en las grietas de las laderas y acantilados, se retiene más cantidad de agua que en los suelos llanos, por lo que el pastoreo puede ser más tardío.

3.5.6 Repoblaciones

En algunos terrenos inclinados, laderas de barranco y rodeando los caseríos, hay parcelas no muy grandes, plantadas con *Opuntia ficus barbarica*, cuyas pencas jóvenes son empleadas como alimento del ganado durante la estación seca.

En los años 1980-1983, el ICONA repobló 100 ha en algunas zonas de barlovento con *Chamaecytisus palmensis* (tagasaste) y *Bituminaria bituminosa* (tedera). En primer lugar, *Chamaecytisus palmensis* es una especie arbustiva y de gran valor nutritivo, quedando un pequeño número de ejemplares actualmente debido posiblemente al viento. Por otro lado, *Bituminaria bituminosa* crece muy bien y se ha extendido, llegando a competir con la grama rizomatosa (Fernández-Montañés, 1995).

3.6 Consideraciones previas, relación suelo-planta

3.6.1 Materia Orgánica (MO)

La materia orgánica del suelo está formada, bajo condiciones naturales, por todos los residuos vegetales, como son las partes aéreas y las raíces de los árboles, arbustos, malas hierbas y otras plantas. Además, junto a estos restos hay que añadir bacterias y hongos, y los residuos de origen animal, como cadáveres y deyecciones.

De esta manera, la materia orgánica se puede dividir en dos grupos generales para su estudio: los tejidos originales y sus equivalentes parcialmente

descompuestos y, por otro lado, el humus. El primer grupo lo forman los aportes de raíces y partes aéreas de plantas superiores y, en menor proporción, los aportes animales. El segundo grupo, el humus, se considera como un grupo de sustancias de color marrón oscuro, formado por los residuos de las plantas en estado de descomposición, juntamente con las sustancias sintetizadas por las células y ciertos productos intermedios y finales de dicha síntesis (Polo et al., 1991).

En la degradación del material originario de la materia orgánica del suelo influyen diversos factores como la composición y tamaño de las partículas (textura y estructura del suelo), microorganismos involucrados (animales y vegetales), la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos, el pH del suelo, y las condiciones ambientales (temperatura, viento). Además, la velocidad de descomposición dependerá de la naturaleza química de las sustancias que lo integran, es decir, sustancias como el almidón, la celulosa o la hemicelulosa son fácilmente atacables, mientras que otros elementos más complejos, ofrecen una notable resistencia a la degradación, y permanecen inalterados o ligeramente alterados en el suelo durante un período más largo de tiempo. De esta manera, si las condiciones son apropiadas, todos los tejidos orgánicos que llegan al suelo quedan sometidos inmediatamente a una transformación química y bioquímica.

Así, cuando se incorporan al suelo grandes cantidades de tejido orgánico fresco y descomponible, se origina un cambio rápido. En primer lugar, los microorganismos se multiplican rápidamente al encontrar, de forma fácil, energía y nutrientes, dando lugar a una gran actividad microbiana. Seguidamente, hay liberación de energía, desprendimiento de dióxido de carbono, y una desaparición rápida de nitrógeno, debido a la insistente demanda de este elemento por parte los microorganismos para sintetizar sus tejidos. Por tanto, cuando se produce la degradación de la materia orgánica, la relación C/N de los residuos decrece, ya que el carbono se pierde y el nitrógeno se conserva (García Navarro y García Navarro, 2013).

3.6.2 Macronutrientes

3.6.2.1 Nitrógeno (N)

El nitrógeno es un elemento esencial para todos los seres vivos. Bajo condiciones naturales, el nitrógeno del suelo deriva del que existe en la atmósfera terrestre a través de los distintos procesos de fijación. La mayor parte del nitrógeno presente en los suelos minerales se encuentra formando parte de la materia orgánica que se deposita en el suelo a la muerte de los microorganismos y de las plantas que se benefician de ellos. En los suelos cultivados, el nitrógeno puede aparecer también por la adición de fertilizantes nitrogenados obtenidos sintéticamente a partir del nitrógeno atmosférico, o mediante la adición de residuos orgánicos de diversa procedencia. Así, dentro de una pequeña parcela, el contenido de nitrógeno puede variar según las condiciones de drenaje, topografía y textura del suelo. Otros factores que pueden influir sobre la acumulación y actividad de la materia orgánica, así como de su contenido en nitrógeno, son las condiciones climáticas, la humedad, y la composición química del suelo.

El nitrógeno que se halla en el suelo puede ser clasificado como inorgánico y orgánico, siendo esta última forma la predominante. El nitrógeno inorgánico del suelo incluye las formas: NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , N_2O , NO .

Las formas nitrito y nitrato se encuentran exclusivamente como iones libres en la solución del suelo. La amónica se encuentra como amonio cambiante y no cambiante, y junto con las formas nitrito y nitrato, constituyen en conjunto menos del 2% del nitrógeno total en los suelos. Estas formas son de gran importancia para las plantas, ya que son las utilizadas por la mayoría de ellas, salvo en el caso de las leguminosas, capaces de captar el N_2 atmosférico, gracias a su asociación con los *Rhizobium* (Navarro, 2000).

La absorción del nitrógeno por parte de las plantas dependerá en gran manera de la edad de la planta y de la especie, del pH en el suelo, la composición del suelo y de la pluviometría anual. De esta manera, la absorción de nitrato se ve favorecida por un pH bajo, ocurriendo lo contrario en el caso del ión amonio.

Además, hay que destacar que el nitrógeno forma parte de ADN, ARN, enzimas, proteínas, clorofilas y otros pigmentos. La deficiencia de nitrógeno se

puede detectar por un crecimiento lento de la planta, aspecto raquítrico de la misma, disminución del rendimiento, y aceleración en la maduración de los frutos. Sin embargo, cuando hay un exceso, los signos que presenta la planta son contrarios a la deficiencia. Cantidades excesivas originan plantas muy suculentas, con pocas partes leñosas, con una disminución muy marcada del desarrollo radicular y un aumento importante del desarrollo vegetal aéreo, la maduración se retrasa, y se alarga el período de crecimiento.

3.6.2.2 Fósforo

Después del nitrógeno, es el segundo elemento más importante para el crecimiento de las plantas, ya que es un elemento que interviene en casi todos los procesos de crecimiento y síntesis de los compuestos constituyentes de las plantas.

Este elemento procede de la descomposición de la roca madre durante el proceso de meteorización, y representa alrededor del 0.1 % de la corteza terrestre. Los mayores depósitos de fosfatos son los sedimentarios, que se utilizan para la fabricación de fertilizantes fosfatados. Otros yacimientos de fosfatos pueden tener como origen las deyecciones de aves, apareciendo así los depósitos de guano (García Navarro y García Navarro, 2013).

El fósforo en el suelo puede clasificarse en general como orgánico o inorgánico, siendo casi siempre el contenido de fósforo inorgánico mayor que el de fósforo orgánico. La fracción orgánica se halla en el humus y otros materiales orgánicos que pueden estar asociados o no con él. La fracción inorgánica se halla en numerosas combinaciones con hierro, aluminio, calcio, flúor y otros elementos (Tisdale y Nelson, 1977).

Las plantas absorben el fósforo en forma de H_2PO_4^- , y en menor proporción como HPO_4^{2-} . Otras formas en las que el fósforo puede ser absorbido son: $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ y PO_3^{3-} , así como ciertos fosfatos orgánicos solubles. El fósforo se encuentra en los tejidos de la planta en una concentración variable que, expresada en forma de P_2O_5 , puede suponer entre el 0.5 y el 1% de la materia seca (García Navarro y García Navarro, 2013).

En la absorción del fósforo influyen factores como el pH del suelo, la temperatura, humedad, aireación y disponibilidad de nutrientes. Además, se asocia con un adelanto de la madurez de los cultivos, con un aumento del desarrollo de las raíces, y con una mejora de la calidad de la mayoría de las cosechas (Tisdale y Nelson, 1977).

3.6.2.3 Potasio

Con independencia del que se añade como componente de diversos fertilizantes, el potasio presente en los suelos surge por desintegración y descomposición de las rocas que contienen minerales potásicos. Junto a este potasio mineral hay que incluir también el procedente de la descomposición de restos vegetales y animales. A diferencia del fósforo, el potasio se halla en la mayoría de los suelos cultivados en relativamente grandes cantidades. Su contenido (como K_2O) varía del 0.5 al 3%. (García Navarro y García Navarro, 2013).

Así, la principal fuente de potasio del suelo son los minerales de arcilla. En el suelo se puede encontrar como potasio no asimilable (mayor parte del potasio total del suelo), potasio rápidamente asimilable (1-2%) y potasio lentamente asimilable. Hay que destacar que se desplaza muy poco por el suelo y las pérdidas tienen gran importancia, pudiendo ser por lixiviación, en los suelos arenosos, por extracción de cultivos, en los suelos donde hay gran aporte de fertilizante potásico, y por la erosión, lo que reduce la porción de suelo superficial.

Por otro lado, en la planta, el potasio ejerce una función de osmoregulación y de control de la apertura y cierre de los estomas. Además, de forma indirecta favorece la fotosíntesis y el transporte de asimilados, con una gran actividad en el funcionamiento de algunas enzimas. Es absorbido como ión K^+ , y es el principal catión presente en los jugos vegetales. Se encuentra ionizado en todas las partes de la planta, por lo que su paso de una parte a otra se produce con facilidad.

Su carencia provoca un descenso en el rendimiento de los cultivos, una menor resistencia a enfermedades, disminución de la calidad en frutales, o deficiencia en el desarrollo de las hojas (Navarro Blaya y Navarro García, 2013).

3.6.2.4 Calcio

Es uno de los elementos esenciales en el desarrollo vegetal. Procede de las rocas y minerales del suelo. En aquellos suelos considerados como no calizos puede variar entre el 0.1% y el 0.2%, mientras que en los calizos puede alcanzar el 25%.

Como nutriente, el calcio participa en la formación de los tejidos, y su carencia limita el desarrollo de las plantas. Además, es un elemento indispensable para la nodulación y la fijación del nitrógeno. (Muslera y Ratera, 1991).

Es posible diferenciar tres tipos principales de calcio en el sistema suelo-planta:

- La fracción mineral formada por feldespatos, calizas diversas, apatitas y diversos compuestos de fósforo.

- La fracción adsorbida en el complejo coloidal en la que el calcio juega un excelente papel de floculante.

- El Ca^{2+} en la solución del suelo.

El calcio es absorbido por las plantas en forma de Ca^{2+} . Puede actuar en la planta bajo dos formas: como componente estructural de paredes y membranas celulares y como cofactor de varias enzimas. (García Navarro y García Navarro, 2013). Así, una de las funciones más importantes de este elemento es la de actuar como agente cementante para mantener unidas las células. Por otra parte, también es importante en el desarrollo de las raíces, en la regulación de la absorción del nitrógeno, en la translocación de los hidratos de carbono y proteínas en el interior de la planta, y en la neutralización de ácidos orgánicos.

La deficiencia de este elemento se manifiesta, por lo general, desde la germinación. Provoca clorosis y detiene el desarrollo radicular. Los síntomas de deficiencia de calcio casi siempre aparecen en las hojas jóvenes, que muestran los bordes necrosados. Por otra parte, el exceso de calcio puede provocar la deficiencia de potasio, inducir a la clorosis férrica, e inmovilizar elementos como el cinc, cobre y fósforo, provocando a su vez la deficiencia de estos elementos.

3.6.2.5 Magnesio

El magnesio es absorbido por la planta como ión Mg^{2+} y es el único componente mineral de la molécula de la clorofila. Otra parte importante del magnesio se acumula en las semillas, y parece estar relacionado también con el metabolismo del fósforo, siendo específico en la activación de numerosos sistemas enzimáticos de las plantas.

El magnesio del suelo disponible para las plantas está en forma cambiante y/o soluble. Su comportamiento sigue los mismos principios generales que el calcio y el potasio. La absorción de magnesio por las plantas depende de la cantidad presente, del grado de saturación, de la naturaleza de los otros iones cambiables, y del tipo de suelo. (Tisdale y Nelson, 1977) Por otra parte, su nivel de absorción está condicionado por la presencia de otros cationes como K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} y Mn^{2+} , y también por la presencia de H^+ , es decir, por el pH. A diferencia del calcio, el magnesio es un elemento muy móvil y, en caso de deficiencia, se traslada rápidamente desde las partes viejas hasta las jóvenes.

Hay que destacar que, en animales, la deficiencia de magnesio en sangre causa una de las enfermedades carenciales de los rumiantes, denominada hipomagnesemia. Esta enfermedad se produce por la ingesta de forrajes con bajo contenido en magnesio, incluso de plantas que no presentan signos de deficiencia, o que no muestran una respuesta positiva a la fertilización con magnesio. Dado que el contenido en calcio de las leguminosas es más alto que el de las gramíneas, un equilibrio adecuado entre gramíneas y leguminosas, posiblemente reduciría la incidencia de este problema (Muslera y Ratera, 1991).

3.6.2.6 Sodio

Es un elemento esencial para algunas plantas, mientras que para otras es un simple estimulante o un sustituto parcial del potasio. En las plantas en las que se considera esencial, se acepta que regula ciertos procesos respiratorios.

El sodio es absorbido por las plantas como Na^+ . Su contenido puede variar ampliamente dependiendo del existente en el suelo, de la especie que se considere, y del órgano que se analice. Normalmente, las hojas son más ricas que

las semillas, y las leguminosas más ricas que los pastos (García Navarro y García Navarro, 2013).

El sodio del suelo procede de minerales silicatados como la hornblenda y la moscovita. Los suelos más ricos en sodio son los que se han visto inundados por el agua del mar, los abonados regularmente con fertilizantes sódicos, y aquellos originados bajo climas áridos. El sodio es un elemento muy lixiviable, por lo que es llevado al mar por el agua de los ríos, pudiendo retornar al suelo por la acción del viento (en las zonas costeras principalmente). Los suelos sódicos ejercen un efecto desfavorable sobre las plantas dada su alta alcalinidad, inducida por el carbonato y el bicarbonato sódico, la toxicidad del ión bicarbonato, y el exceso de Na^+ activo.

En los suelos sódicos se puede aplicar sulfato cálcico (yeso) para transformar parte de los carbonatos alcalinos en sulfatos. Cuando el yeso se distribuye sobre el suelo, debe permanecer húmedo.

3.6.3 Micronutrientes

Los micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Co, Cl, Va y Si) se encuentran en los suelos en cantidades que generalmente son suficientes, aunque pueden producirse deficiencias y excesos que pueden ser muy perjudiciales (Böckman et al., 1993).

El hierro puede ser absorbido por la planta en forma de Fe^{2+} o en forma de quelatos de hierro. La forma Fe^{3+} es de menor importancia debido a la baja solubilidad que los compuestos férricos tienen en la mayor parte de los suelos (García Navarro y García Navarro, 2013). Interviene en la planta formando parte de diversos sistemas enzimáticos.

Por otra parte, el manganeso es absorbido por la planta bajo la forma de Mn^{2+} y como quelato, tanto por la raíz, como directamente por vía foliar (García Navarro y García Navarro, 2013). Interviene en numerosos procesos metabólicos. El hierro y el manganeso son elementos poco móviles en la planta, y por ello los síntomas de deficiencia suelen presentarse en las hojas jóvenes.

El cobre es absorbido en forma de Cu^{2+} o como complejo orgánico (Cu-EDTA) por vía radicular o foliar (García Navarro y García Navarro, 2013). No es

muy móvil, como tampoco lo son el hierro y el manganeso, pero puede desplazarse en cierta proporción de las hojas viejas a las jóvenes. Presenta antagonismo con el Zn^{2+} a nivel de absorción y participa en las reacciones redox, como activador de enzimas, o formando parte como grupo prostético.

Por último, el zinc es un elemento de transición que no está sujeto a cambios de valencia, siendo absorbido por las plantas solamente como Zn^{2+} . Cuando el pH es alto también puede ser tomado como catión monovalente ($ZnOH^+$), o como quelato, por vía radicular o foliar (García Navarro y García Navarro, 2013). En cuanto a sus funciones, juega un papel tanto funcional (catalizador) como estructural en las reacciones enzimáticas en los procesos vitales para la planta.

3.7 Efecto de la fertilización en los pastizales

Oyanarte et al. (1994) afirma que la fertilización tiene un objetivo integrador en el que se deben combinar, la satisfacción de las necesidades nutricionales de los cultivos, y la protección del entorno natural en el que se encuentran las explotaciones agrarias.

Conseguir coberturas vegetales mayores aumentando la fertilidad en los suelos, posibilita un mayor avance hacia la sostenibilidad de los sistemas extensivos (Ferrera et al., 2005). Por tanto, la fertilización permite mejorar la capacidad de sustentación de las cabezas de ganado ya que contribuye a aumentar la producción de biomasa de los pastizales. Así, la producción de los pastizales fertilizados alcanzan siempre valores superiores a los pastos naturales sin ningún tipo de tratamiento.

La aplicación de la fertilización fosfórica para la mejora de la producción y de la calidad de los pastos herbáceos es una práctica que, en general, ha dado buenos resultados (López-Carrasco et al., 2013). El fósforo constituye un elemento fundamental para los prados de montaña (como es el caso de Teno Alto), tanto como elemento simple como unido al potasio.

Hay que destacar que unas prácticas agrícolas inadecuadas han conducido a una excesiva degradación de los suelos en muchas partes del mundo en desarrollo (Heerink et al., 2001).

3.8 Teno

3.8.1 Población

La población del Parque Rural de Teno reside en los caseríos de El Palmar, Teno Alto, Las Lagunetas, Las Portelas, Los Carrizales, Masca y Erjos, se mantiene gracias a actividades agrícolas y ganaderas, básicamente de autoconsumo y a tiempo parcial.

Entre los productos locales destacan las papas del país, el queso, el vino, el azafrán de la tierra, la fruta y la miel. Todos estos productos se comercializan en la propia zona. Sin embargo, es el queso de cabra el único producto que permite, en gran parte, la fijación de la población humana en la Meseta. Los beneficios obtenidos con este producto lácteo cubren con escaso margen comercial los gastos en grano. De esta manera, para muchos de los pastores, el pastoreo significa más un entretenimiento que un negocio (Barquín y Chinaea, 1993).

3.8.2 Importancia de la ganadería en la Meseta de Teno

En la Meseta de Teno hay 20 explotaciones de ganado caprino, de diferentes dimensiones. El censo total es de 1056 hembras y, sin embargo, las granjas son extremadamente desiguales en cuanto a estructura y volumen de ganado ya que, tres cuartas partes del ganado pertenecen a 7 ganaderos (el 16%), el resto se reparte en pequeñas explotaciones de menos de 25 cabezas, que representan el 84% de los ganaderos (Mata et al., 2003).

El ganado caprino mantiene un sistema de explotación mixto, es decir, en establo en verano y pastoreo cuando hay hierba, sobre todo, en las estaciones húmedas (Barquín y Chinaea, 1991).

3.8.3 Importancia de los pastizales en Teno

La meseta de Teno ha sido explotada de modo continuado desde que aparecieron los primeros pobladores de las islas. Según Lorenzo-Perera (1987), el trigo y la cebada fueron los principales cultivos. El grano recogido era destinado básicamente a la elaboración de gofio, y el rastrojo se aprovechaba como alimento para el ganado. Otros cultivos como la papa y las legumbres, también de secano, son relativamente recientes, y son casi todos posteriores al siglo XVIII.

A principios de los años 60, el cultivo de los cereales sufrió un fuerte retroceso debido al auge de la construcción y del turismo. En pocos años, los cultivos quedaron reducidos a los terrenos mejor abancalados y más húmedos, justo por debajo de las cabeceras (transición de suelos ándicos a suelos pardos) (Barquín y Chinaea, 1991).

Los pastos son recursos estratégicos para el desarrollo ganadero de Teno Alto. En la actualidad, los cultivos son de subsistencia o con un cierto interés forrajero. Los cultivos de cereales sólo cubren un 17% en terrenos aterrizados, ahora pastoreados en parte. Por consiguiente se ha producido un progresivo abandono de los terrenos agrícolas, y esto ha dado lugar al uso de sistemas silvopastorales, que pueden ser una forma menos agresiva de convertir tierras tradicionalmente agrícolas en terrenos forestales, ya que permite obtener beneficios a medio (producción de carne, leche, etc.) y largo plazo (madera) (Mosquera-Losada et al., 1999). Además, son sistemas rentables que reducen el riesgo de incendio (Rigueiro, 1987).

El pastoreo tradicional puede ser una herramienta útil para lograr una adecuada gestión ambiental, de los espacios naturales (Chinaea et al., 2004). En Tenerife, los pastos están restringidos a la zona de Teno, y muestran una estructura fragmentada (Barquín y Chinaea, 1991).

3.9 Tratamientos

3.9.1 Superfosfato de Cal

El Superfosfato de Cal se obtiene por tratamiento de minerales de fósforo con un exceso de ácido sulfúrico. La riqueza en P (soluble en agua) de los productos comerciales, se expresa como porcentaje (en peso) de P_2O_5 (% de P_2O_5), y hace referencia sólo al fosfato monocálcico ($Ca (H_2PO_4)_2$) (Urbano, 1995).

Se comercializan productos con riquezas del 16, 18 y 20 % de P_2O_5 . Además, se trata de un producto con una fuente de fósforo muy importante para la mayoría de los cultivos y, además, aporta calcio, esencial para la constitución de la membrana de las células de los tejidos vegetales, actuando sobre la transpiración y la permeabilidad. Es interesante su contenido en cal, dosificando

alrededor de un 30% de CaO. Igualmente, el producto incorpora algunos microelementos. Dentro del valor fertilizante de este producto, debe tenerse en cuenta su contenido en SO_4Ca , que representa del orden del 12% de S, elemento indispensable en la nutrición de las plantas. No ejerce ninguna acción significativa sobre el pH del suelo, según se ha observado en ensayos de larga duración, aún en grandes dosis (Urbano, 1995).

3.9.2 Roca Fosfórica

La roca fosfórica es un producto natural que se obtiene de la extracción de los yacimientos de fosfatos tratados por medios físicos.

Debido a su composición química extremadamente variable y compleja, las rocas fosfóricas son fuente de varios elementos nutritivos además del fósforo. Son aplicadas comúnmente para mejorar el nivel del fósforo del suelo. Dada su baja solubilidad y lenta asimilación, su empleo sólo está recomendado en suelos ácidos ($\text{pH} < 6$) y como abono de fondo, de modo que, durante el periodo vegetativo del cultivo, su acción debe ser completada con la de algún otro fertilizante fosfatado soluble.

Las rocas fosfóricas pueden ser utilizadas bien como materia prima para la fabricación industrial de los fertilizantes fosfóricos solubles, o bien como fuente de fósforo para la aplicación directa en agricultura.

La incorporación de este producto mejora la actividad biológica del suelo y la acumulación del carbono, contribuyendo a mejorar sus propiedades físicas y químicas. De este modo, las rocas fosfóricas desempeñan una función importante contribuyendo al mejoramiento de la fertilidad del suelo (Zapata y Roy, 2007).

3.9.3 Residuo Orgánico Urbano (ROU)

Se puede definir Residuo Orgánico Urbano (ROU) como aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado, en el contexto en que se producen, ningún valor económico. Todo ello puede deberse tanto a la falta de tecnología adecuada para su aprovechamiento, como a la inexistencia de un mercado para los productos recuperados (Polo et al., 1991).

La producción total de residuos urbanos en la isla de Tenerife ha alcanzado en los últimos años las 500000 t. Se puede observar la composición de los residuos urbanos en la Figura 3.1.

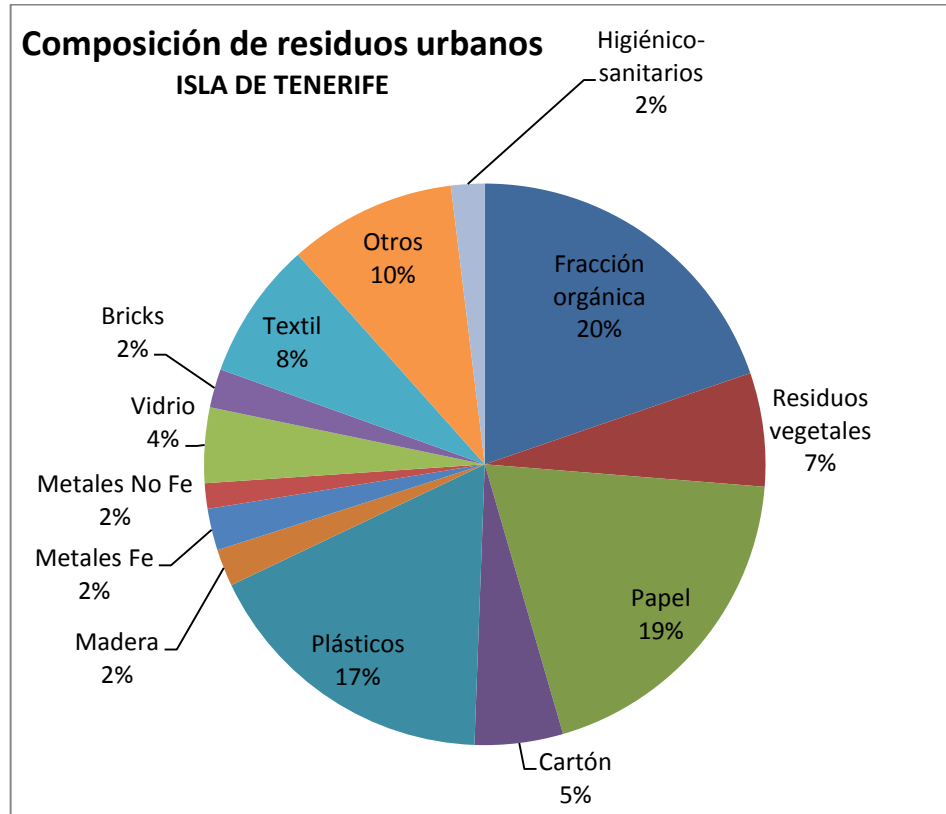


Figura 3.1. Composición de los residuos urbanos en la Isla de Tenerife (Gobierno de Canarias, Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente).

Su utilización con fines agrícolas contribuye a aumentar el contenido en materia orgánica de muchos suelos, y le confiere una utilidad adicional, que evita en cierta medida su acumulación, especialmente en el caso de Canarias.

La regeneración de suelos degradados con ROU se está llevando a cabo con éxito debido a la mejora inmediata de las condiciones físicas y químicas de los suelos, y a la aceleración en el establecimiento de la cubierta vegetal (Hernández et al., 1995).

El ROU, antes de ser utilizado con fines agrícolas, debe ser sometido a un adecuado proceso de estabilización y compostaje, que permita obtener un producto final inocuo, libre de sustancias fitotóxicas, cuya aplicación en el suelo no provoque daños a las plantas, y que permita su almacenamiento sin posteriores tratamientos ni alteraciones (Polo et al., 1991).

En la Isla de Tenerife, este compost es generado por la planta de compostaje de Arico, cuya composición viene reflejada en el Apéndice 4.1.

3.9.3.1 Parámetros físicos y químicos del compost

La fertilidad de un suelo está estrechamente relacionada con su contenido en materia (MO). La cantidad de MO contenida en un compost puede variar entre el 25 y el 45% del peso seco. Esta diferencia es bastante amplia, y se debe, en gran medida, a la variabilidad del material de partida (Zucconi y De Bertoldi, 1987).

El ROU contiene una gran cantidad de metales, de vidrios y de plásticos. La separación de estos materiales antes del compostaje dará como resultado un producto de mejor calidad.

Un buen proceso de compostaje queda reflejado en un producto final con bajo contenido en humedad. Su valor puede oscilar entre el 30 y el 35% en función de las condiciones climáticas.

Por otro lado, dado que los valores de pH más adecuados para la mayor parte de los cultivos están comprendidos entre 5.5 y 8, y que el pH del compost suele variar entre 6.5 y 8, la aplicación de este tipo de compost, al menos en lo que a este parámetro se refiere es compatible con el crecimiento de las plantas. Es importante destacar que conviene que el pH del compost sea lo más neutro posible, ya que los microorganismos responsables de la descomposición de los restos orgánicos no toleran valores muy alejados de 7.

La salinidad no debe exceder de 2 g/l (expresada como g de NaCl), y debe figurar, en el etiquetado del producto comercial, la concentración de los iones Na^+ y Cl^- .

Según Zucconi y De Bertoldi (1987), el contenido mínimo de los principales macronutrientes debe ser: N 0.6%, P_2O_5 0.5%, K_2O 0.3%, CaO 2%, CaCO_3 3%, MgO 0.3%.

Los límites de los metales en el compost de uso agrícola están marcados por la CEE. En la incorporación de lodos de depuradora los límites son más altos, y

para éstos la CEE ha sugerido un factor multiplicativo de 0,2-0,3. La composición del compost utilizado se expone en el Apéndice 9.1.

3.9.3.2 ROU como fertilizante

La utilización de ROU mejora la estructura del suelo, reduce la acidez, aumentan la retención de agua, facilita la penetración radicular, y mejora los niveles de nutrientes en el suelo (sobre todo de N y P) (Pomares y Canet, 2001). Sin embargo, presenta algunos inconvenientes como son el aumento de la concentración de metales pesados, y el incremento de la población bacteriana (Mosquera-Losada et al., 1999).

3.9.3.2.1 Acción física

Por un lado, debido al elevado grado de retención de agua de las sustancias húmicas, el compost aumenta la capacidad de retención hídrica del suelo, mejorando la retención en el suelo de macro y micronutrientes, así como la absorción de los mismos por parte de las plantas, ya que la materia orgánica hace más uniforme el intercambio iónico (Polo et al., 1991).

3.9.3.2.2 Acción biológica

El aporte de ROU al suelo hace aumentar de forma espectacular la microflora del mismo. El aumento de microorganismos, enzimas y metabolitos microbianos que lleva consigo la incorporación de un compost, puede favorecer la estimulación de sustancias de acción fitohormonal por parte de los microorganismos del suelo (Grapelli y Rosi, 1978; Greene, 1980).

La producción de sustancias biológicas activas está estrechamente ligada a la microflora, y puede influir en el desarrollo de las plantas.

Además, un factor importante para la fertilidad del suelo es la población microbiana existente, responsable de la eficacia de los ciclos biológicos, de los cuales depende la mineralización.

3.9.3.2.3 Acción nutritiva

De forma directa, el compost aporta los nutrientes básicos NPK (que, aunque no están presentes en grandes cantidades, sí están en proporciones adecuadas) y microelementos.

De forma indirecta, evitan pérdidas de nitrógeno por lixiviación y favorecen la absorción de las plantas de fertilizantes químicos. Los óxidos de hierro y aluminio fijan la materia orgánica impidiendo la fijación de los fosfatos.

3.9.3.3 Época de aplicación

Desde el punto de vista de la cobertura vegetal y de la fertilidad en el suelo, la época de aplicación para la incorporación es otoño, invierno o primavera, pudiendo fertilizar en cualquiera de estas épocas con eficiencia semejante (Viguera et al., 1999).

3.9.3.4 Dosis adecuada

El efecto más negativo observado respecto a la incorporación de los residuos, es el aumento notable de sales solubles. Además, los posibles desequilibrios asociados a los altos niveles de macro y micronutrientes necesitarían ser estudiados con más profundidad. Considerando estos aspectos, el redimiento del cultivo y la acumulación potencial de oligoelementos, la dosis de compost más adecuada no debería exceder de 50 Tn/ha (Hernández et al., 1995).

Material y métodos

4.1 Localización de la parcela

El ensayo se realizó en el Parque Rural de Teno, al que pertenecen los municipios de Buenavista del Norte, Los Silos, El Tanque y Santiago del Teide; concretamente en Teno Alto, en una parcela ubicada en la finca "La Siete" (Foto 4.1) que está situada en la vertiente sur de la Meseta de Teno.



Foto 4.1. Ubicación de la finca "La Siete" en el Parque Rural de Teno

La finca tiene una superficie de 85.81 ha, de la cual únicamente 1056 m² corresponden a la parcela experimental (Foto 4.2 y Foto 4.3), y cuyas coordenadas geográficas se muestran en la Tabla 4.1.



Foto 4.2. Ubicación de la parcela experimental en la finca "La Siete"



Foto 4.3. Parcela experimental dentro de la finca "La Siete"

Tabla 4.1. Coordenadas geográficas de la parcela experimental de la finca "La Siete"

Puntos	Coordenadas geográficas		
	Altitud (m)	Longitud (W)	Latitud (N)
P1	859	16°52'57.02"	28°20'13.03"
P2	854	16°52'56.96"	28°20'13.75"
P3	848	16°52'58.34"	28°20'14.73"
P4	847	16°52'58.29"	28°20'14.12"

En la Figura 4.1 se muestra la ubicación de los puntos P₁, P₂, P₃ y P₄, las dimensiones de la parcela experimental, y la localización de cada unidad experimental dentro de la parcela.

4.2 Climatología

Los datos climatológicos fueron recogidos en la estación meteorológica de "Los Pedregales", situada a una altitud de 556 msnm, en el municipio de Buenavista del Norte, al noroeste de la Isla.

La temperatura, precipitación, humedad y velocidad del viento que se registraron durante el período de ensayo se muestran en el Apéndice 9.2.

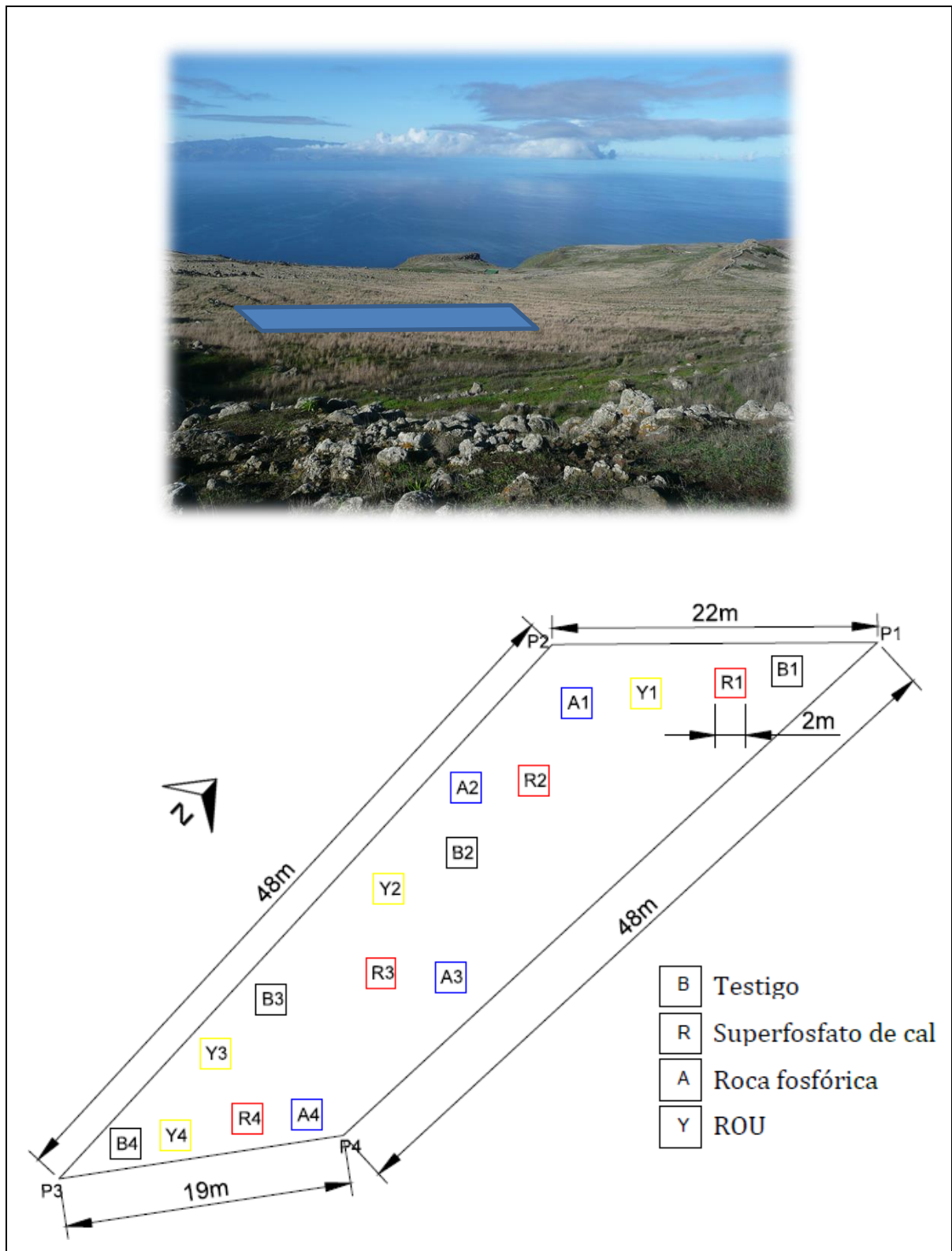


Figura 4.1. Diseño agronómico de la parcela experimental para los tratamientos al azar

4.3 Diseño experimental

Para la realización de este ensayo, se estimó conveniente adoptar un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Para ello fue necesario preparar 16 subparcelas de 4 m² (unidades experimentales) sobre las que se distribuyó, en función del tratamiento asignado a cada una (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y residuos orgánicos urbanos), la dosis de fertilizante correspondiente (Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Dosis de fertilizante aplicada, según los distintos tratamientos, a cada una de las unidades experimentales del ensayo (finca "La Siete")

Tratamiento	Fertilizantes	Dosis	Dosis por parcela
T I	Testigo	---	---
T II	Roca fosfórica	144 kg/ha de P ₂ O ₅	221 g/parcela
T III	Superfosfato de cal	144 kg/ha de P ₂ O ₅	320 g/parcela
T IV	Residuos Orgánicos Urbanos (ROU)	144 kg/ha de P ₂ O ₅	8000 g/parcela

4.4 Cálculo de las enmiendas

Las cantidad de producto comercial (enmienda) que fue necesario añadir a cada una de las unidades experimentales se calculó de modo que, considerando las riquezas de los distintos fertilizantes empleados, la cantidad final de P suministrado a cada parcela fuera de 144 kg/ha. De este modo, en el caso de la roca fosfórica, con una riqueza del 26%, la cantidad a incorporar a cada una de las parcelas fue de 221 g, en el caso del superfosfato de cal, con una riqueza del 18%, de 320 g, y en el caso del ROU, con una riqueza del 0.72%, de 8000 g.

En la Tabla 4.3 y en la Foto 4.4, se muestran el porcentaje de materia orgánica (MO), el porcentaje de nitrógeno total (N), y el contenido en humedad (H) del ROU. Además, se añaden los datos calculados de carbono orgánico (C), la relación carbono/nitrógeno (C/N) y el nitrógeno total aportado. El cálculo realizado para obtener estos datos fue el siguiente:

$$C = MO / 1.72$$

$$N \text{ total incorporado} = \text{kg de la enmienda} \times [(100-H)/100] \times [N/100]$$

Tabla 4.3. Contenido en MO (% s.m.), N total (% s.m.) y humedad total (%) de la enmienda orgánica (ROU). Valores estimados de C (%), de Nitrógeno total incorporado (kg/ha y kg/parcela) y relación C/N

%MO	%N	%H	%C	C/N	N total incorporado (kg/ha)	N total incorporado (kg/parcela)
55	2	40	32	16	220	0.09

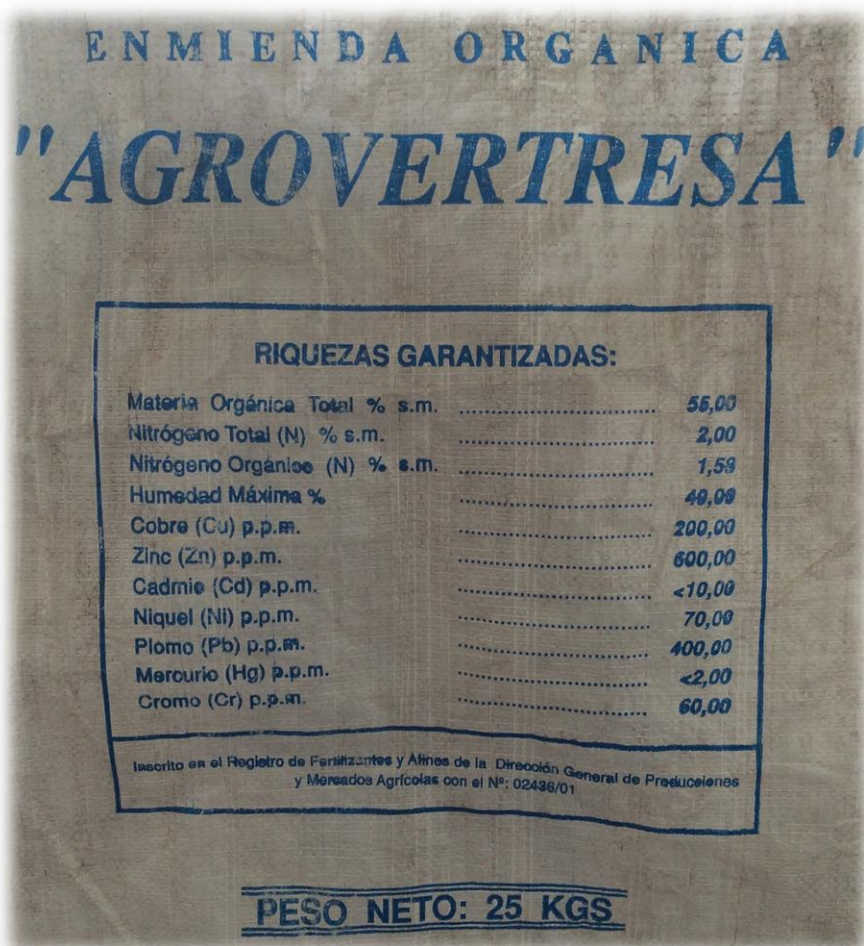


Foto 4.4. Composición química de la enmienda orgánica procedente del PIRS

4.5 Trabajo de campo

4.5.1 Aplicación de los tratamientos

Los fertilizantes se aplicaron el 14 de noviembre de 2014, en otoño, con las primeras lluvias. Se incorporaron en superficie, distribuyéndolos de forma homogénea en todas las unidades experimentales (Foto 4.5, Foto 4.6 y Foto 4.7).



Foto 4.5. Incorporación de superfosfato de cal



Foto 4.6. Incorporación de Roca Fosfórica



Foto 4.7. Incorporación de ROU

Dado que la cantidad de enmienda ROU incorporada al suelo fue considerable, se procuró distribuirla del modo más homogéneo posible (Foto 4.8).



Foto 4.8. Homogenización de ROU

4.5.2 Muestreo del forraje

El pasto se cortó el 6 de mayo de 2014, en primavera (Foto 4.9), una vez alcanzada la floración. El muestreo se realizó de modo aleatorio, dejando caer sobre cada unidad experimental un aro de 1 m² de área, y cortando a ras del suelo, con una hoz, el material vegetal incluido en el perímetro.



Foto 4.9. Unidad experimental una vez realizada la siega en 1 m²

Las muestras se pesaron, embolsaron y etiquetaron adecuadamente (haciendo referencia expresa a la unidad experimental de procedencia), y finalmente se trasladaron al laboratorio (Foto 4.10).



Foto 4.10. Pesado del forraje en la finca "La Siete"

4.5.3 Muestreo de los suelos.

Se tomaron muestras de suelo de todas las unidades experimentales, de aproximadamente 1 kg cada una, de la misma zona en la que se había realizado

anteriormente el corte del forraje, entre 0-20 cm de profundidad (Foto 4.11 y Foto 4.12). Se introdujeron en bolsas plásticas, se etiquetaron convenientemente y, junto con las muestras vegetales, se trasladaron al laboratorio.



Foto 4.11. Toma de muestras de suelo en la finca “La Siete”



Foto 4.12. Detalle del suelo de una unidad experimental en la finca “La Siete”

4.6 Preparación de las muestras foliares

Una vez concluido el muestreo, el material obtenido se llevó al laboratorio de Análisis Agrícola de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (Sección Agraria) de la Universidad de La Laguna. Las muestras de forraje se pesaron nuevamente, y se pusieron a secar en estufa de aire forzado a 60°C durante un mínimo de 24 h, hasta alcanzar un peso constante. La diferencia entre ambas

medidas permitió determinar el contenido de humedad del forraje y, en consecuencia, el porcentaje de materia seca.

4.6.1 Clasificación del forraje.

Cuando el forraje estuvo seco, se procedió a determinar su composición botánica, distinguiéndose, en cada una de las muestras, tres grupos principales de plantas leguminosas, gramíneas y otras familias (Foto 4.13). Cada uno de los grupos obtenidos se pesó por separado, determinándose seguidamente, el porcentaje (en peso) de plantas de cada familia, que conformaban las distintas muestras.



Foto 4.13. Clasificación del forraje (leguminosas, gramíneas y otras)

4.6.2 Molienda del forraje.

Las muestras foliares se molieron en un molino de martillo "Culatti 2FH 48", provisto de un tamiz de 1 mm de luz de malla, y se guardaron en bolsas plásticas convenientemente etiquetadas, en las que se anotó, entre otros datos, la parcela de procedencia (Foto 4.14). Estas muestras se guardaron en un lugar seco hasta el momento de su análisis.



Foto 4.14. Molino de martillo “Culatti” empleado para moler las muestras foliares

4.7 Trabajo de laboratorio.

4.7.1 Análisis físico-químico de las muestras de suelos.

4.7.1.1 Preparación de las muestras.

Las muestras de suelo tomadas en el campo fueron llevadas al Laboratorio de Análisis Agrícola de la EPSI (Sección Agraria, ULL). Con el fin de estabilizar el contenido de humedad y de facilitar el desmenuzado de los terrones, se mantuvieron expuestas al aire y a temperatura ambiente durante varios días. Se molieron en un molino de bolas y se tamizaron con ayuda de un tamiz de 2 mm de luz de malla. Una vez secos y tamizados, los suelos se guardaron en bolsas plásticas convenientemente etiquetadas, y se almacenaron en un lugar seco hasta el momento de su análisis.

En las muestras de suelo se determinaron la capacidad de saturación de agua (CS), la granulometría (arcilla, limo y arena), el pH en pasta saturada, la conductividad eléctrica en extracto saturado (CE), la materia orgánica (MO), el fósforo asimilable, los cationes asimilables (Na, K, Ca y Mg) y los microelementos (Fe, Cu, Zn y Mn).

4.7.1.2 Capacidad de saturación de agua (CS)

La capacidad de saturación de agua se determinó midiendo el volumen de agua destilada necesaria para saturar 250 g de suelo tamizado y seco. En el punto de saturación, la pasta saturada presenta una superficie brillante, los cortes realizados con la espátula se cierran rápidamente, y el suelo fluye libremente por la superficie de la espátula. La muestra así preparada se mantuvo en reposo durante 1 hora, se comprobó el grado de fluidez de la pasta saturada y, en los casos en los que fue necesario se añadió el volumen de agua destilada suficiente, para restaurar el punto de saturación. Por último, y antes de realizar las determinaciones correspondientes, se dejaron transcurrir 12 horas, se comprobó nuevamente el grado de fluidez de la pasta saturada y, una vez más, se realizaron las correcciones oportunas. Con el fin de evitar errores en el cálculo del CS de las muestras de suelo, previamente se determinó la humedad higroscópica de las mismas.

4.7.1.3 Granulometría

Para determinar este parámetro se tomaron 25 g de suelo seco y tamizado, se vertieron en una botella plástica de 1L de capacidad, y se añadieron 50 ml de solución dispersante de hexametmofosfato sódico y 300 ml de agua destilada. La mezcla se mantuvo en agitación toda la noche en un agitador rotativo. Al finalizar el proceso, el contenido de cada frasco se transfirió a una probeta, que se enrasó a 1 L con agua destilada. El contenido de la probeta se homogenizó cuidadosamente con un émbolo, repitiendo por tres veces un único movimiento de agitación lento y suave. Después de un periodo de reposo de 4 minutos y 48 segundos, se midieron la densidad y la temperatura de la mezcla. La densidad se determinó con un densímetro calibrado con 50 ml de solución dispersante y con agua destilada (ASTM n°52 H), y provisto de escala de Bouyoucos (en g/l). Al cabo de 6 horas se midieron nuevamente la densidad y la temperatura.

El análisis mecánico se realizó según los procedimientos recomendados por la Comisión de Métodos Analíticos del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología “Jose M^a de Albareda”, (1973)

Los cálculos para la determinación de las arcillas, limos y arenas fueron los siguientes:

$$\% \text{ (limos + arcillas)} = [(\rho_1 + (T_1 - 20) \times 0.36/25)] \times 100$$

$$\% \text{ arcillas} = [(\rho_2 + (T_2 - 20) \times 0.36/25)] \times 100$$

$$\% \text{ limos} = (\% \text{ limos} + \% \text{ arcillas}) - (\% \text{ arcillas})$$

$$\% \text{ arenas} = 100 - (\% \text{ limos} + \% \text{ arcillas})$$

Donde:

ρ_1 = densidad pasados 4'48".

T_1 = temperatura pasados 4'48".

ρ_2 = densidad pasadas 6 horas.

T_2 = temperatura pasadas 6 horas.

4.7.1.4 pH

El pH se midió directamente en la pasta saturada, una vez hubieron transcurrido 12 horas desde su preparación. Se utilizó un pH-metro Meterlab PHM 210, previamente calibrado, provisto de electrodo de vidrio.

4.7.1.5 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se midió en el extracto saturado, con un conductímetro Inolab WTW, provisto de sonda de temperatura y corrección automática de la misma.

4.7.1.6 Materia orgánica

La determinación de la Materia Orgánica se analizó por el método de Walkey-Black (1934) modificado por la Comisión de Métodos Analíticos del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología "Jose M^a de Albareda", (1973).

Este método se basa en la determinación del carbono oxidable, que se obtiene por oxidación de la materia orgánica con dicromato potásico, en medio sulfúrico

4.7.1.7 Fósforo asimilable

La extracción del fósforo asimilable se realizó según el método de Olsen et al. (1954), empleando como extractante NaHCO₃ 0.5N a pH 8.5. La determinación se hizo por espectrofotometría UV-VIS, siguiendo el método de Murphy-Riley,

adaptado por Watanabe y Olsen (1965). Para la realización de los análisis se utilizó un espectrofotómetro UV-VIS Perkin-Elmer 55IS,

4.7.1.8 Extracción de cationes asimilables

Se pesaron 5 g de suelo tamizado y seco, se añadieron 33 ml de NH_4AcO 1N a pH 7, se agitó durante 5 minutos, y se centrifugó a 4500 rpm durante 15 minutos. Este proceso se repitió tres veces. El sobrenadante se decantó y filtró en un matraz aforado de 100 ml que se enrasó con acetato amónico.

4.7.1.9 Sodio y Potasio (Na y K) asimilables

El sodio y el potasio se determinaron en el extracto por fotometría de emisión con un fotómetro de llama “Corning” (Corning LTD).

4.7.1.10 Calcio y Magnesio (Ca y Mg) asimilables

El Ca y el Mg cambiables se determinaron en el extracto por espectrometría de absorción atómica (EAA) con un aparato Thermo S Series (Thermo Electron Corporation). Se utilizó Cl_2Sr como agente enmascarante a fin de reducir las posibles interferencias causadas por otros elementos presentes en las muestras.



Foto 4.15. Espectrómetro de absorción atómica AA Spectrometer S (Thermo Electron Corporation)

4.7.1.11 Microelementos

El análisis de los microelementos Fe, Cu, Mn y Zn consistió en una primera extracción con ácido dietilaminopentacético (DTPA), siguiendo el método descrito por Sillanpää (1982), y posterior determinación por espectrometría de absorción atómica, con un aparato Thermo S Series (Thermo Electron Corporation) (Foto 4.15).

4.7.2 Análisis del forraje (fracción mineral)

Las muestras de forraje secas y molidas se analizaron para determinar la calidad del forraje. Los parámetros analizados fueron: porcentaje de cenizas (CEN), fracción mineral, compuesta por macronutrientes (P, Na, K, Ca y Mg) y micronutrientes (Cu, Zn y Mn) y fracción orgánica (Proteína Bruta (PB), Fibra Neutro Detergente (FND), Fibra Ácido Detergente (FAD), celulosa, lignina y hemicelulosa).

4.7.2.1 Mineralización de muestras foliares

La preparación de las muestras vegetales para su posterior análisis se realizó siguiendo un procedimiento de mineralización por vía seca (Chapman y Pratt, 1973). Para ello se pesó 1 g de muestra vegetal (con aproximación de ± 1 mg) en un crisol de porcelana, y se calcinó en un horno mufla (Carbolite Furnaces CSF 1100) a 500°C durante 5 h. Una vez que el crisol estuvo frío se comprobó la correcta coloración de las cenizas (color blanco o ligeramente gris), se añadieron lentamente 5 ml de HCl 6 N, y se calentó en una placa calefactora (SELECTA Agimatic-N) hasta la ebullición, poniendo cuidado en evitar salpicaduras. La disolución obtenida se filtró a través de papel Whatman nº40, lavando repetidamente tanto el crisol como el filtro con agua caliente. Finalmente, la disolución obtenida se enrasó a 50 ml y se guardó en frascos plásticos de PE convenientemente etiquetados. En el mineralizado se determinaron los macronutrientes P, Na, K, Ca y Mg, y los micronutrientes Cu, Zn y Mn.

4.7.2.2 Porcentaje en cenizas

Para el cálculo del porcentaje en cenizas fue necesario tomar el peso del crisol vacío, el crisol con la muestra antes de incinerar y el crisol con la muestra

incinerada (Foto 4.16). La fórmula empleada para el cálculo se muestra a continuación:

$$\%CEN = (P_2 - P_{\text{crisol}} / P_1 - P_{\text{crisol}}) \times 100$$

donde:

P_1 = Peso del crisol con la muestra antes de incinerar (g)

P_2 = Peso del crisol con la muestra incinerada (g)

P_{crisol} = Peso del crisol vacío (g)



Foto 4.16. Aspecto de las cenizas en el crisol después de ser tratadas con HCl 6N

4.7.2.3 Fósforo

El P se determinó por espectrofotometría UV/VIS (espectrofotómetro UV/VIS Perkin-Elmer 551S) (Foto 4.17), según el método del molibdato-vanadato (Chapman y Pratt, 1973), midiendo la intensidad del color desarrollado por el complejo Vanadato-Molibdato-Fosfórico. Para ello se tomaron 10 ml del mineralizado, se llevaron a un matraz aforado de 50 ml, se añadieron 10 ml de molibdato vanadato amónico, se mezclaron los componentes adecuadamente, y se enrasó el matraz con agua destilada. Finalmente se midió en el espectrofotómetro la absorbancia de la disolución a una longitud de onda de 470 nm.

Antes de la lectura, se procedió a obtener la curva de calibrado y establecer la correspondencia entre el valor de la absorbancia leída y la concentración de PO_4^{-3} .



Foto 4.17. Espectrómetro UV/VIS 551S de la marca Perkin-Elmer

4.7.2.4 Sodio y Potasio

Las concentraciones de sodio y potasio en el mineralizado se determinaron por fotometría de llama, en un espectrofotómetro Corning (Corning LTD). Para ello fue necesario calibrar el aparato con las disoluciones “patrón” correspondientes en cada caso, utilizar el filtro adecuado para cada elemento, y diluir las muestras (mineralizados) de manera conveniente.

4.7.2.5 Calcio y Magnesio

Las concentraciones de calcio y magnesio en el mineralizado se determinaron por espectrometría de absorción atómica, utilizando un espectrómetro de absorción atómica Thermo S Serie (Thermo Electron Corporation). Para ello fue necesario calibrar el aparato con las disoluciones “patrón” oportunas, y diluir las muestras de modo conveniente. En esta ocasión, y con el fin de disminuir las posibles interferencias producidas por la presencia de otros elementos en las muestras, se añadió Cl_2Sr como agente enmascarante.

4.7.2.6 Cobre, Zinc y Manganeseo

Las concentraciones de cobre, zinc y manganeso en el mineralizado se determinaron por espectrometría de absorción atómica (espectrómetro Thermo S Serie). De modo análogo al del calcio y el magnesio, fue necesario calibrar el aparato con las disoluciones “patrón” oportunas, y diluir las muestras adecuadamente. No fue necesario añadir Cl_2Sr .

4.7.3 Análisis del forraje (fracción orgánica)

4.7.3.1 Nitrógeno total y Proteína Bruta (PB)

La concentración de nitrógeno en las muestras vegetales se determinó por el método Kjeldhal. Para ello, se tomaron 0.2 g de muestra foliar seca y molida, se introdujeron en un tubo digestor, se añadieron 5 ml de una mezcla de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y ácido salicílico ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$), una pastilla catalizadora de Cu-Se, y se calentó el tubo en un bloque digestor (digestor Selecta Bloc Digest 12) durante 3 horas. El mineralizado obtenido se destiló en medio fuertemente alcalino con un aparato Tecator Kjeltex 2100, recogiendo el destilado sobre una disolución de ácido bórico que, finalmente, se valoró con H_2SO_4 0.1 N.

Para el cálculo de la proteína bruta se multiplicó la cantidad de nitrógeno obtenida por el factor 6.25 (McDonald et al., 1981).

4.7.3.2 Fibra neutro detergente (FND)

La fibra neutro detergente (FND) contiene principalmente lignina, hemicelulosa y celulosa (McDonald et al. 1981), y puede ser considerada como una estimación del material que forma parte de la pared celular vegetal. Para la determinación de FND se utilizó el método de Goering y Van Soest (1970).

En primer lugar, se preparó la disolución neutro detergente con 30 g de lauril sulfato sódico; 18.6 g de ácido etilen-diamim-tetracetato sódico; 6.8 g de borato sódico decahidratado; 4.56 g de fosfato disódico anhidro y 10 ml de etilenglicolmonoetileter por litro de solución. Seguidamente, se tomó 1 g de muestra añadiéndole 100 ml de solución neutro detergente con 2 ml de decalina y 0.5 g de sulfito sódico anhidro.

A continuación, las muestras se trataron en un aparato Fibertec 1020 Hot Extractor Tecator (Foto 4.18) durante una hora. Transcurrido este tiempo, se

dejaron enfriar a temperatura ambiente, y se lavaron las columnas con una pistola de agua caliente a presión, varias veces, para arrastrar los restos de muestra que pudieran quedar adheridos en el tubo. Mediante vacío, se lavaron las muestras con acetona tres veces. Después de realizar el vacío, se secaron las muestras en la estufa a 105 °C durante 12 horas y se tomó el peso P_1 . Luego se llevaron a un horno mufla a 500 °C durante 3 horas y se tomó el peso P_2 .

La FND se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\%FND = [(P_1 - P_2)/P] \times 100$$

donde:

P= peso de la muestra seca (g)

P_1 = peso de la muestra a 105°C (g)

P_2 = peso de la muestra tras ser incinerada en el horno mufla a 500°C (g)



Foto 4.18. Fibertec 1020 Hot Extractor Tecator

4.7.3.3 Fibra ácido detergente (FAD)

La fibra ácido detergente (FAD) representa la porción bruta de lignina, celulosa y sílice del material vegetal. Para la determinación de la FAD se siguió el método de Goring y Van Soest (1970), utilizando las modificaciones propuestas por García-Criado (1974).

En primer lugar, se preparó la disolución ácido detergente con 20 g de bromuro de acetil-trimetil-amonio en un litro de ácido sulfúrico 1 N.

Posteriormente, se pesó 1 g de muestra molida y seca (P_1) en un crisol de placa porosa de la marca Foss, el cual fue pesado anteriormente sin la muestra. Esto se colocó en el digestor Fibertec 1020 Hot Extractor Tecator, donde se le añadieron 100 ml de solución ácido detergente y 2 ml de decalina (decahidronaftaleno). Las muestras se mantuvieron en ebullición durante una hora, se dejaron enfriar a temperatura ambiente y, finalmente, se realizó el lavado de los tubos digestores con agua caliente. Tras esto, se realizó el vació de los crisoles con 10 ml de acetona en cada uno. Seguidamente, fueron llevados a la estufa a 105°C durante 12 horas, y una vez alcanzaron la temperatura ambiente, se tomó nuevamente el peso, obteniendo el P_2 .

La FAD se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\%FAD = [(P_2 - P)/P_1] \times 100$$

siendo:

P= peso del crisol (g)

P_1 =peso de la muestra (g)

P_2 =peso de la muestra a 105 °C (g)

4.7.3.4 Celulosa, lignina y hemicelulosa

Sobre el residuo obtenido de la determinación de la FAD se realizó un tratamiento con una solución de ácido sulfúrico (72% en peso) durante 3 horas a temperatura ambiente. Transcurrido este tiempo, las muestras se lavaron, filtraron y secaron durante 12 horas en una estufa a 105°C. Posteriormente, se tomó el peso (P_3) para determinar la celulosa.

La lignina es el residuo libre de enzimas que queda al tratar una muestra, ya extraída con solución ácido detergente con el ácido sulfúrico. Para su determinación, se realizó la calcinación del residuo anterior en un horno mufla a 550°C durante 3 horas. Se dejó enfriar y se tomó el peso P_4 que sirvió para la determinación de la lignina.

Por tanto, la determinación de los porcentajes de celulosa y lignina se realizaron de la siguiente forma:

$$\%Cel = [(P_2 - P_3)/P] \times 100$$

$$\%Lig = [(P_3 - P_4)/P] \times 100$$

donde:

P= Peso de la muestra (g).

P₁= Peso del crisol (g).

P₂=Peso de la muestra a 105 °C (g).

P₃= Peso de la muestra tras ser atacada con sulfúrico y secada a 105°C (g).

P₄= Peso de la muestra tras ser incinerada en el horno mufla (g).

Por último, el cálculo de la hemicelulosa se obtuvo por la diferencia entre la fibra neutro detergente (FND) y la fibra ácido detergente (FAD) presentes en la muestra:

$$\% \text{Hemicelulosa} = \% \text{FND} - \% \text{FAD}$$

4.8 Tratamiento de los datos y análisis estadístico

Los datos obtenidos se procesaron y ordenaron en varias hojas de cálculo utilizando el programa Microsoft Office Excel 2007. El estudio estadístico de los resultados se realizó con el programa SPSS 20 (Statistical Package for the Social Sciences, SPSS 2011), y consistió esencialmente en obtener los principales estadísticos univariantes, y en establecer las posibles diferencias entre tratamientos mediante análisis de la varianza (ANOVA). Así mismo, se comprobaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad (homogeneidad de las varianzas) previos al ANOVA, se transformó la variable estudiada cuando fue necesario, y se realizaron los Test de Duncan y DMS para la separación de medias, en los casos en que se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Con el fin de reducir el número de variables y conseguir explicar las principales fuentes de variación, se recurrió al Análisis de Componentes Principales (PCA) para las variables relacionadas con la fertilidad del suelo, y para las relacionadas con la calidad de los pastos, utilizando para ello el programa Canoco para Windows Versión 4.51.

Resultados y discusión

5.1 Climatología

Los datos climáticos que se muestran en este trabajo son los registrados en la estación meteorológica de “Los Pedregales”, en el Palmar, en Buenavista del Norte (556 msnm), y son los correspondientes al período 2013-2014.

En este período, las lluvias se repartieron de forma irregular, siendo los meses más lluviosos los de noviembre, diciembre y febrero, destacando los 145 mm recogidos en diciembre. Por otra parte, la estación seca estuvo claramente señalada en los meses de mayo, junio, julio y agosto, en los que prácticamente no se registraron precipitaciones.

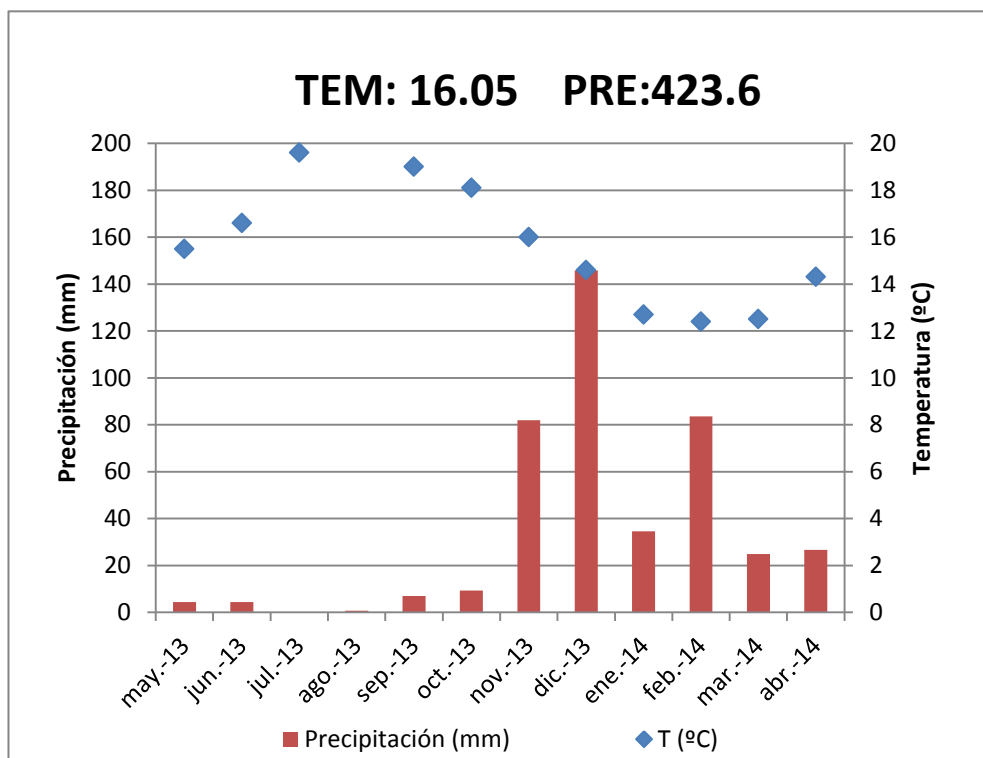


Figura 5.1. Características Climatológicas de Los Pedregales en el Palmar durante el período 2013-2014. Nota: TEM=Temperatura Media Anual (°C); PRE: Precipitación Anual (mm); Fuente: Agrocabildo, 2015

En líneas generales, estos datos son similares a los recogidos el curso anterior (2012-2013), en el que destacó el mes de noviembre como el más lluvioso, con precipitaciones de 294 mm, y lluvias repartidas a lo largo del año de forma irregular, siendo los meses más secos los meses de mayo, julio y agosto; con una precipitación anual de 504 mm (González, 2014).

En cuanto a las temperaturas, la media anual fue de 16 °C, y destacaron las registradas en el mes de agosto, en que la temperatura media fue de 21.4°C, la máxima absoluta de 25.6 °C, y la mínima absoluta de 17.4 °C; y en el mes de febrero, en que la temperatura media mensual fue de 12.4 °C (Figura 5.1).

La velocidad media del viento fue inferior a 2.9 m/s a lo largo de todo el curso y la humedad relativa se mantuvo constante, registrándose valores comprendidos entre el 71% y el 88%.

Los valores medios mensuales de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y precipitación se muestran en el Apéndice 9.2.

5.2 Análisis físico-químico del suelo

A continuación se exponen los resultados que se desprenden del análisis físico-químico de las distintas muestras de suelo obtenidas en este estudio (Apéndice 9.3). En la Tabla 5.14 se presentan los valores medios por tratamiento (testigo, superfosfato de cal, roca fosfórica, Residuos Orgánicos Urbanos (ROU)) de diferentes parámetros, y el error típico de la media. Por filas, los valores acompañados de distinta letra señalan diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos.

5.2.1 Textura

El análisis granulométrico de las parcelas elementales permite clasificar el suelo sobre el que se realizó el ensayo, al menos de un modo general, como arcilloso (Figura 5.2), ya que, 12 de las 16 muestras analizadas presentaron textura arcillosa. Los resultados obtenidos para cada muestra se muestran en el Apéndice 8.3.

Las muestras de suelo correspondientes al tratamiento “testigo” presentaron un contenido medio en arcilla, limo y arena del 41, 17 y 41 % respectivamente. Comparando estos resultados con los señalados en trabajos anteriores (Chinea et al., 2007; Alarcón, 2006) con valores medios de arcilla, limo y arena del 40, 17 y 43 % respectivamente, se comprueba, como cabía esperar, que son muy similares.

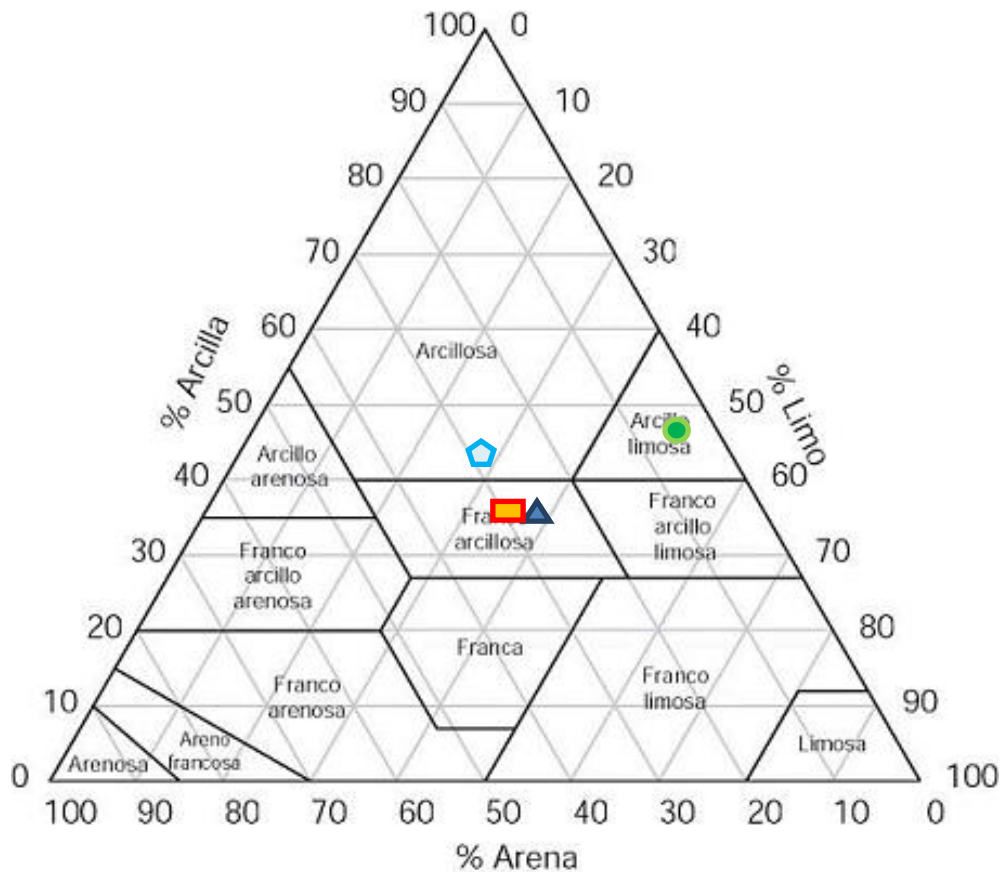


Figura 5.2. Triángulo de texturas del curso 2014-2015 para los cuatro tratamientos. Nota: Círculo: ROU; Cuadrado: roca fosfórica; Pentágono: testigo; Triángulo: Superfosfato de cal

Los suelos abonados con roca fosfórica presentaron un contenido medio en arcilla, limo y arena del 45, 17 y 36 % respectivamente, y los tratados con superfosfato de cal, del 45, 17 y 36 %. Estos valores son también similares a los señalados por Chinae et al. (2007) para suelos de la Meseta de Teno, con contenidos medios en arcilla, limo y arena del 43, 23 y 34 % respectivamente, que los caracteriza como arcillosos.

Los suelos muestreados en las parcelas elementales fertilizadas con ROU mostraron niveles medios de arcilla, limo y arena del 33, 17 y 49 %. En este caso, y aunque el contenido en arcilla es ligeramente inferior y el de arena algo superior a los hallados en los demás tratamientos, las diferencias no se pueden atribuir al tipo de fertilizante aplicado, sino a la heterogeneidad del suelo.

5.2.2 Capacidad de saturación de agua (CS)

En cuanto a la capacidad de saturación (CS), los suelos que presentaron el valor medio más alto ($59 \pm 0.93\%$) fueron los tratados con ROU, mientras que los

que presentaron el valor medio más bajo ($53\pm 1.51\%$) fueron los “testigo” (Tabla 5.14). Las parcelas fertilizadas con roca fosfórica presentaron un valor medio de CS de $53\pm 1.05\%$, mientras que a las tratadas con superfosfato de cal, fue de $54\pm 2.30\%$ (Gráfico 5.1).

Tal como se desprende del análisis de varianza realizado entre tratamientos (Tabla 5.1), las pequeñas diferencias observadas no resultaron ser estadísticamente significativas ($P>0.05$).

Tabla 5.1. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la capacidad de saturación de agua del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
CS	99.022	3	33.007	2.753	0.104

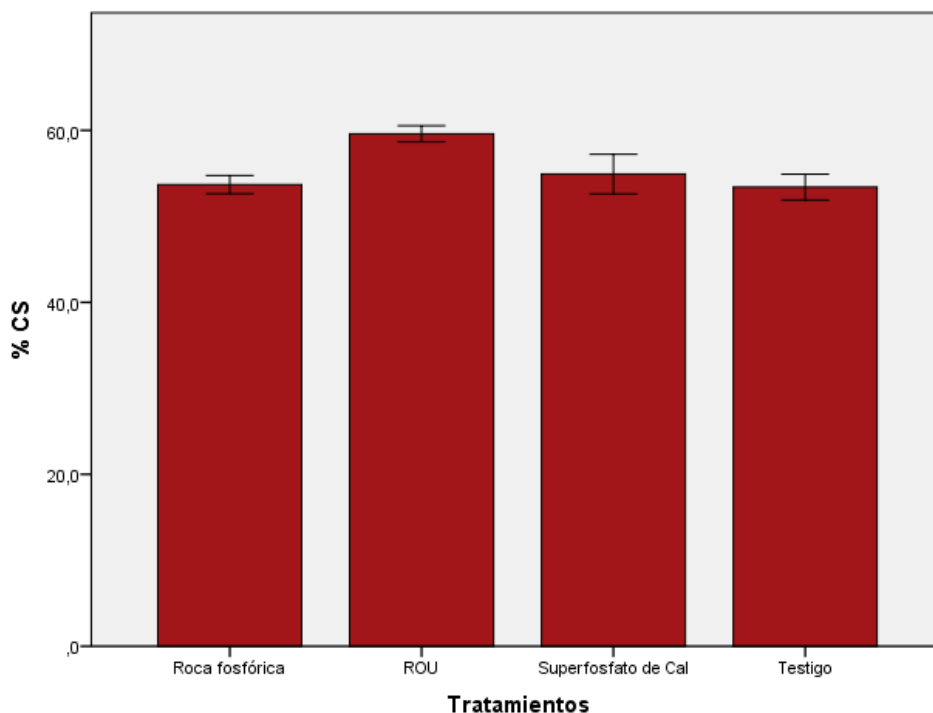


Gráfico 5.1. Capacidad de saturación de agua del suelo (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P>0.05$).

La capacidad de saturación media (%) de las parcelas tratadas con ROU y la de las no fertilizadas (testigo), fue ligeramente superior a la señalada por Gil (2012) (51 y 48 % respectivamente) en un ensayo similar, e inferior a la indicada por China et al. (2007), quien, para el tratamiento con ROU y para el testigo,

obtuvo valores de 67 y 69% respectivamente. En el caso del testigo, Hernández (2012) señala un valor medio inferior (51%) al obtenido en este trabajo, aunque similar al aportado por China et al. (2007) (54%).

Los valores medios de la capacidad de saturación para las parcelas tratadas con superfosfato de cal y roca fosfórica, fueron superiores a los valores medios aludidos por Gil (2012) (48 y 47% respectivamente), e inferiores a los valores medios citados por China et al. (2007) (67% para superfosfato de cal y 74% para roca fosfórica).

5.2.3 pH (en pasta saturada)

El valor medio máximo de pH en pasta saturada se obtuvo en las parcelas tratadas con ROU (7.3 ± 0.05), y el valor mínimo en las parcelas tratadas con superfosfato de cal (6.1 ± 0.02) (Tabla 5.14). Las parcelas testigo y las parcelas tratadas con roca fosfórica presentaron un pH medio de 6.3 ± 0.09 y 6.2 ± 0.08 , respectivamente (Gráfico 5.2).

En este caso, las diferencias observadas entre tratamientos fueron estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) (Tabla 5.2) siendo, las parcelas fertilizadas con ROU, las que presentaron el pH en pasta saturada más alto.

Tabla 5.2. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el pH del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
pH	3.512	3	1.171	61.747	<0.001

El pH de las parcelas tratadas con ROU es muy similar al citado por otros autores (García, 2006; Gil, 2012; Hernández, 2012).

Las parcelas elementales que no fueron fertilizadas (testigo) mostraron un valor medio de pH en pasta saturada muy similar al indicado por Gil (2012) (6.3), y muy similar también al citado por China et al. (1993) (6.4) para pastos de la Meseta de Teno sin fertilizar. Los valores de pH correspondientes a suelos tratados con roca fosfórica (6.22 ± 0.08) y con superfosfato de cal (6.15 ± 0.02) fueron inferiores a los señalados por China et al. (2007) (6.5 y 6.6

respectivamente) aunque, en el caso de suelos fertilizados con superfosfato de cal, el pH fue similar al indicado por Gil (2012) (6.2).

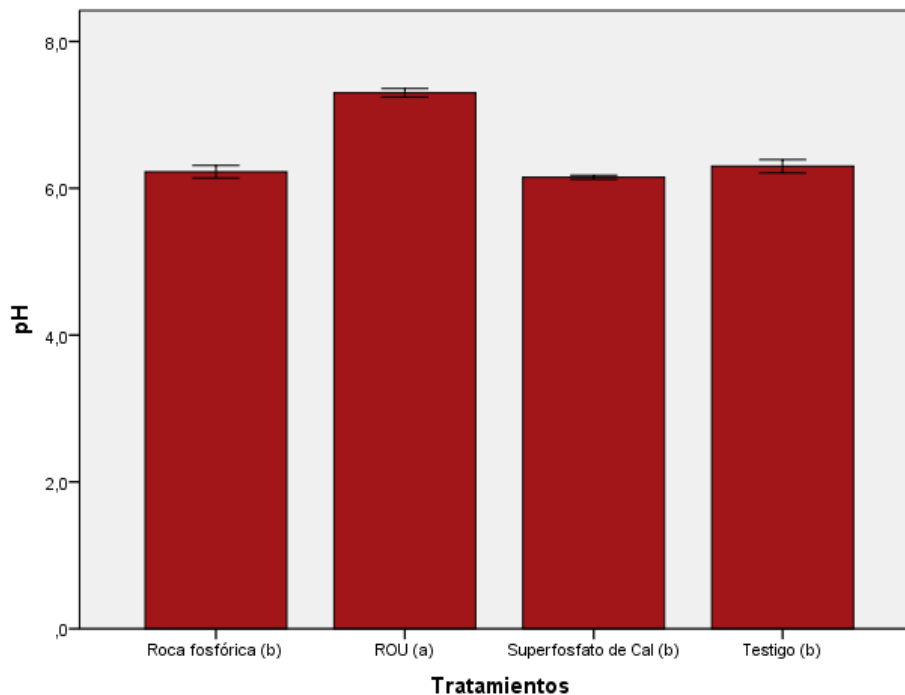


Gráfico 5.2. El pH de la pasta saturada. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

El aumento del valor medio del pH de los suelos tratados con ROU, con respecto a los otros tres tratamientos, pudo ser una consecuencia de la dosis de ROU añadida, debido a que, este tratamiento es rico en oligoelementos (Polo et al., 1991), y el aumento de la concentración de oligoelementos en la solución del suelo, tiende a alcalinizarlo (Hernández et al., 1995). En todos los tratamientos, el pH fue adecuado para el crecimiento y desarrollo de los vegetales, pues se mantuvo dentro del rango propuesto por Hernández Abreu et al. (1980), que lo sitúa entre 5.8 y 7.

5.2.4 Conductividad eléctrica del extracto saturado (CE)

El mayor valor medio de CE correspondió a las parcelas testigo (0.66 ± 0.01 mS/cm) mientras que el tratamiento que presentó el valor medio más bajo fue el de las parcelas fertilizadas con superfosfato de cal (0.56 ± 0.02 mS/cm) (Tabla 5.14). Las parcelas en las que se aportó roca fosfórica presentaron un valor medio

de CE de 0.64 ± 0.01 mS/cm, mientras que en las que se aportó ROU se analizó un valor de 0.63 ± 0.02 mS/cm (Gráfico 5.3).

El ANOVA realizado para la conductividad eléctrica muestra que las diferencias encontradas entre tratamientos no son estadísticamente significativas ($P>0.05$) (Tabla 5.3).

Tabla 5.3. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la CE del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
CE	0.025	3	0.008	3.514	0.062

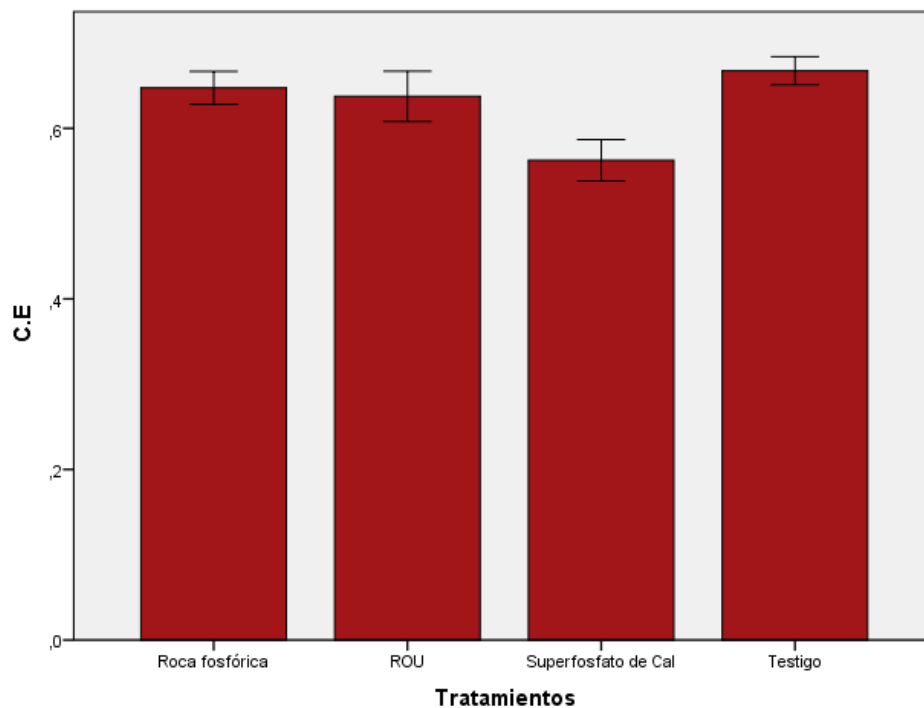


Gráfico 5.3. Conductividad eléctrica ($CE_{25^{\circ}C}$) del extracto saturado (mS/cm). Valores medios por tratamiento ($n=4$) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P>0.05$).

La CE de los suelos “testigo” (0.66 ± 0.01 mS/cm) fue ligeramente inferior al valor medio indicado por China et al. (2001a) para suelos de la Meseta (0.70 mS/cm), y al valor señalado por González (2014) (0.75 mS/cm). Sin embargo, fue ligeramente superior al dato presentado por Hernández (2012) (0.51 mS/cm).

El valor medio de CE obtenido para los suelos tratados con roca fosfórica (0.64 ± 0.01 mS/cm) fue algo inferior al citado por China et al. (2007) (0.83 mS/cm) para pastos de Teno fertilizados con dicho producto y al citado por

González (2014) (0.95 mS/cm) para suelos abonados con este fertilizante ecológico.

Las parcelas tratadas con superfosfato de cal presentaron una conductividad eléctrica media de 0.56 ± 0.02 mS/cm, superior a la citada por Gil (2012) (0.48 mS/cm), pero inferior a los valores señalados por China et al (2007) (0.86 mS/cm) y por González (2014) (0.95 mS/cm) para pastos de Teno.

Los suelos fertilizados con ROU presentaron un nivel de CE más bajo que años anteriores, como por ejemplo González (2014) con 1.14 mS/cm, Hernández (2012) con 1.15 mS/cm. Esto puede ser debido al lavado continuo de las sales por las lluvias, lo que provoca un descenso en la salinidad del suelo y, por tanto, en la conductividad eléctrica.

Sin embargo, según las recomendaciones de USDA (1999), los valores medios para todos los tratamientos pueden considerarse aptos para cualquier cultivo, ya que fueron inferiores a 2 mS/cm.

5.2.5 Materia Orgánica

Los suelos tratados con ROU fueron los que presentaron los contenidos medios más altos de materia orgánica ($8.32 \pm 0.43\%$) (Tabla 5.14), mientras que los suelos de las parcelas “testigo” fueron los que presentaron los más bajos ($4.57 \pm 0.59\%$). En los suelos tratados con roca fosfórica, el valor medio fue de $5.20 \pm 0.44\%$, y en los tratados con superfosfato de cal de $5.27 \pm 0.85\%$ (Gráfico 5.4).

Las diferencias observadas entre tratamientos se confirman con el ANOVA realizado (Tabla 3.5), del que se desprende que estas diferencias son, desde un punto de vista estadístico, significativas ($P \leq 0.01$)

Tabla 5.4. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la M.O. del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
MO	34.017	3	11.339	8.924	0.005

El test para la separación de medias “DMS” señala que el contenido en MO de las parcelas tratadas con ROU es significativamente superior ($P \leq 0.05$) al que

presentan el resto de las parcelas. Es posible que esto sea debido al alto contenido en materia orgánica oxidable (50.34%) de este producto (Apéndice 9.1), que tiene un efecto directo sobre la estructura de los suelos, dando como resultado una mejora en la distribución de la humedad y en el intercambio de gases (Polo et al., 1991).

Los otros tres tratamientos no presentaron diferencias significativas entre ellos ($P > 0.05$).

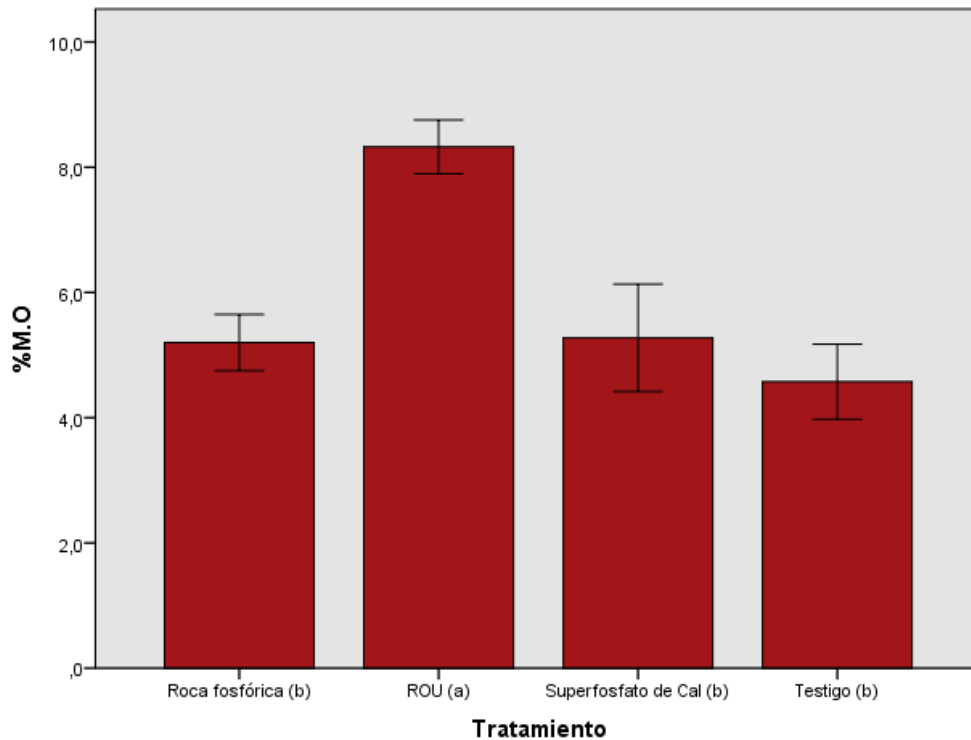


Gráfico 5.4. Porcentaje de materia orgánica (MO). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

El contenido medio de MO de los suelos abonados con ROU fue superior al indicado por Alarcón (2006) (6.8%), por García (2006) (6.9%) y por Gil (2012) (7.55%), para muestras de suelo de misma parcela y tratamiento. Sin embargo, fue ligeramente inferior al los señalados por González (2014) (9.4%) y por Hernández (2012) (8.6%).

Las parcelas testigo mostraron valores muy similares a las parcelas tratadas con roca fosfórica y superfosfato de cal, también a los citados por González (2014) (5.25; 4.92; 5.22 % respectivamente), e incluso a los señalados por Fernández-Montañez (1995) (5.2%).

5.2.6 Fósforo

El análisis de los suelos mostró que el contenido medio más alto de fósforo fue el de las parcelas tratadas con ROU (95 ± 11.24 ppm), mientras que el más bajo fue el de las tratadas con roca fosfórica (44 ± 3.65 ppm) (Tabla 5.14). Las parcelas tratadas con superfosfato de cal y las parcelas testigo presentaron valores de 86 ± 11.94 ppm y 46.67 ± 12.71 ppm, respectivamente. (Gráfico 5.5)

Por tanto, el contenido en fósforo de las distintas parcelas fue diferente dependiendo de la enmienda aplicada, diferencias que, desde un punto de vista estadístico, fueron significativas ($P \leq 0.05$) (Tabla 5.5).

Tabla 5.5. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el fósforo asimilable del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
P	8701	3	2900.593	15.928	<0.001

Los suelos testigo y los suelos fertilizados con roca fosfórica (44 ± 3.65 ppm) no presentaron diferencias entre ellos (test DMS, $P > 0.05$), pero sí con los suelos de las parcelas tratadas con superfosfato de cal y ROU (test DMS, $P \leq 0.05$), siendo estos últimos, a su vez, muy similares (DMS, $P > 0.05$).

Los suelos tratados con ROU presentaron un contenido medio de fósforo similar al obtenido por González (2014) (92 ppm), pero superior a los señalados por Hernández (2012) (86 ppm) y por García (2006) (78 ppm) en pastos de Teno fertilizados con ROU.

Por otro lado, las parcelas tratadas con superfosfato de cal presentaron un contenido medio inferior al obtenido por González (2014) (107 ppm), pero similar a los mencionados por García (2006) (90 ppm) y por Hernández (2012) (86 ppm) para pastos de Teno tratados con el mismo fertilizante.

Los suelos no fertilizados (testigos) y los suelos tratados con roca fosfórica, mostraron unos niveles de fósforo inferiores a los citados por Chinea et al. (2007) (54 y 60 ppm respectivamente), si bien, el valor medio analizado en los suelos no fertilizados fue similar al obtenido por Gil (2012) (47 ppm), también en suelos de Teno sin fertilizar. Los suelos tratados con roca fosfórica presentaron una

concentración de fósforo ligeramente superior a la señalada por González (2014) (38 ppm) para pastos de Teno tratados con la misma enmienda.

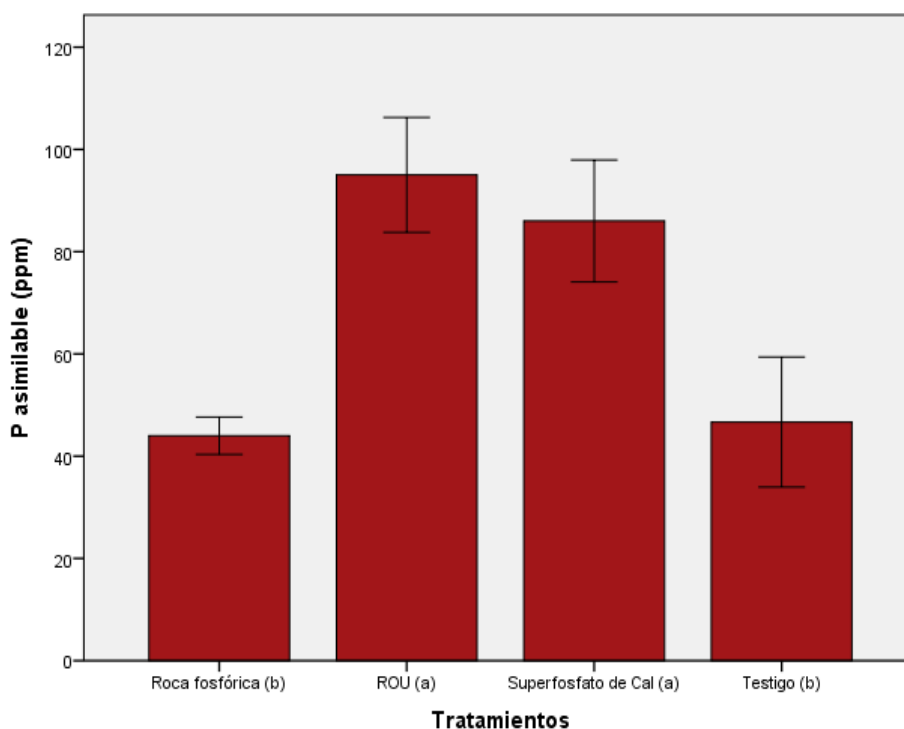


Gráfico 5.5. Nivel de fósforo asimilable en el suelo (ppm). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

Los niveles de fósforo asimilable en las parcelas con tratamientos de ROU y superfosfato de cal se encuentran dentro de los considerados adecuados para suelos arcillosos canarios, ya que son superiores al umbral señalado por Hernández-Abreu et al. (1980) de 80 ppm. Los otros dos suelos, los de las parcelas “testigo” y los tratados con roca fosfórica, presentaron bajos contenidos medios de fósforo asimilable.

5.2.7 Sodio

Los suelos sin fertilizar (“testigos”) presentaron el contenido medio más elevado de sodio, con un valor de 1.67 ± 0.04 meq/100g (Tabla 5.14), seguidos por los fertilizados con ROU (1.52 ± 0.08 meq/100g), los fertilizados con roca fosfórica (1.40 ± 0.05 meq/100g) y los fertilizados con superfosfato de cal, que presentaron el valor más bajo (1.17 ± 0.13 meq/100g) (Gráfico 5.6).

Así, es posible afirmar que la concentración de sodio analizada en los suelos del ensayo se vio afectada por los tratamientos aplicados, mostrando diferencias que fueron estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) (Tabla 5.6).

Tabla 5.6. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el sodio del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU). Debido a que la variable no cumplía las condiciones de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó una transformación de la misma

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
Na	0.057	3	0.019	5.065	0.025

Los suelos testigo y los suelos tratados con ROU no presentaron diferencias significativas entre ellos, así como tampoco con los suelos tratados con roca fosfórica. Sin embargo, los suelos “testigo”, y los tratados con ROU, presentaron diferencias significativas frente a los tratados con superfosfato de cal. Por el contrario, estos últimos, y los tratados con roca fosfórica, presentaron valores muy similares (test DMS, $P > 0.05$) (Gráfico 5.6).

Las parcelas correspondientes al testigo presentaron un valor medio de sodio similar al citado por China et al. (2001a) (1.6 meq/100g) para pastos de Teno sin fertilizar; siendo este valor superior al citado por González (2014) (1.5 meq/100g) para pastos de Teno sin tratar. Así mismo, las parcelas tratadas con ROU presentaron un valor medio inferior al citado por China et al. (2007) (2.2 meq/100g) y también inferior al citado por Hernández et al. (1995) (4.4 meq/100g) para pastos de la misma zona de estudio y tratados con la misma enmienda.

Los valores de sodio correspondientes a las parcelas enmendadas con roca fosfórica, se asemejaron a los mencionados por Hernández (2012) (1.39 meq/100g) y por González (2014) (1.37 meq/100g) para el mismo tratamiento. Sin embargo, fueron algo superiores al valor indicado por Gil (2012) (1.1 meq/100g) y también al apuntado por China et al. (2007) (1.9 meq/100g) para pastos de Teno con el mismo tratamiento.

Los suelos tratados con superfosfato de cal presentaron niveles de sodio similares a los citados por China et al. (2007) (1.2 meq/100g), y algo superiores al citado por González (2014) (1.07 meq/100g). Por último, los suelos tratados con ROU mostraron niveles de sodio algo inferiores a los citados por González (2014)

(1.85 meq/100g) y por China et al.(2007) (2.2 meq/100g), pero similares al obtenido por Gil (2012) (1.5 meq/100g).

Hay que destacar que, en todos los tratamientos, los contenidos de Na se encontraron dentro del rango citado por China et al. (2001a) (1-2.6 meq/100g). Además, los valores de sodio, expresados como porcentaje sobre CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico), en los cuatro tratamientos aplicados, fueron de 5.9, 4.9, 4.3 y 3.6 % para testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU respectivamente, siendo el valor perteneciente a las parcelas testigo el que superó el valor citado por Hernández-Abreu et al., (1980) (5%), por encima del cual podrían ser dañinos para algunos cultivos sensibles.

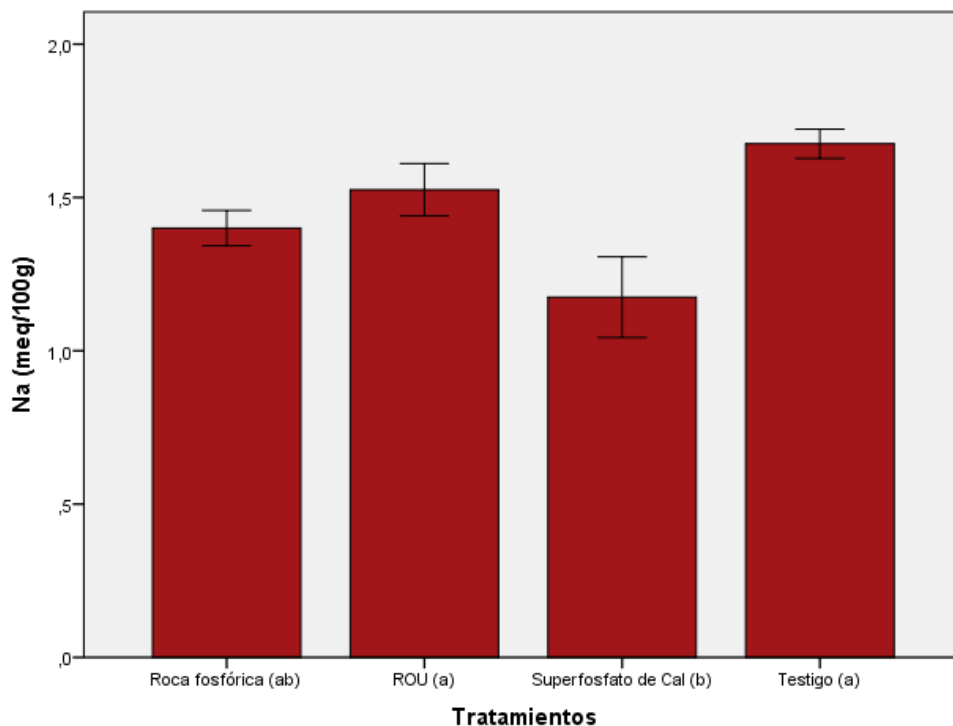


Gráfico 5.6. Concentración de sodio asimilable (meq/100 g). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

5.2.8 Potasio

Los suelos de las parcelas fertilizadas con roca fosfórica tuvieron la menor concentración de potasio asimilable (0.75 ± 0.12 meq/100g), mientras que los de las parcelas tratadas con ROU tuvieron la mayor (2.70 ± 0.23 meq/100g) (Tabla

5.14). Las parcelas tratadas con superfosfato de cal tuvieron un valor medio de potasio de 0.90 ± 0.12 meq/100g, mientras que las parcelas testigo llegaron a un nivel de 1.52 ± 0.52 meq/100g (Gráfico 5.7)

Es posible afirmar, que la concentración de potasio asimilable en los suelos de las distintas parcelas, se vio afectada por los tratamientos aplicados ($P < 0,05$) (Tabla 5.7). Las parcelas elementales constituidas por el testigo y las tratadas con superfosfato de cal no presentaron diferencias significativas entre ellas, pero si las presentaron las designadas como “testigo” y las tratadas con roca fosfórica. Las parcelas tratadas con ROU presentaron diferencias significativas con los restantes tratamientos y con el testigo.

Tabla 5.7. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el potasio del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
K	9.437	3	3.146	15.899	<0.001

El valor medio de potasio que se obtuvo en las parcelas tratadas con roca fosfórica y el que se obtuvo en las tratadas con superfosfato de cal, fue algo inferior a los valores señalados por González (2014) (1.0 y 1.25 meq/100g respectivamente) y por China et al. (2007) (1.6 y 1.9 meq/100g respectivamente) para pastos de la misma zona de estudio.

El valor medio de K en los suelos fertilizados con ROU, fue inferior a los obtenidos por González (2014) (3.5 meq/100g) y por Gil (2012) (3.1 meq/100g) en pastos de Teno con fertilización de ROU.

Las parcelas testigo alcanzaron un valor muy similar al obtenido por González (2014) (1.5 meq/100g), pero algo inferior al obtenido por Gil (2012) (2.0 meq/100g) en pastizales de Teno Alto.

La concentración de potasio determinada en cada uno de los tratamientos se mantuvo dentro del intervalo mencionado por China et al. (2001a), y que va de 0.40 meq/100g a 2.90 meq/100g. Expresados como porcentaje sobre CIC, los valores medios de potasio resultaron ser de 4.8, 2.4, 2.9 y 8.3 % para el testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU respectivamente, situándose todos

dentro del rango citado por Hernández-Abreu et al. (1980) (2-12%) como adecuado.

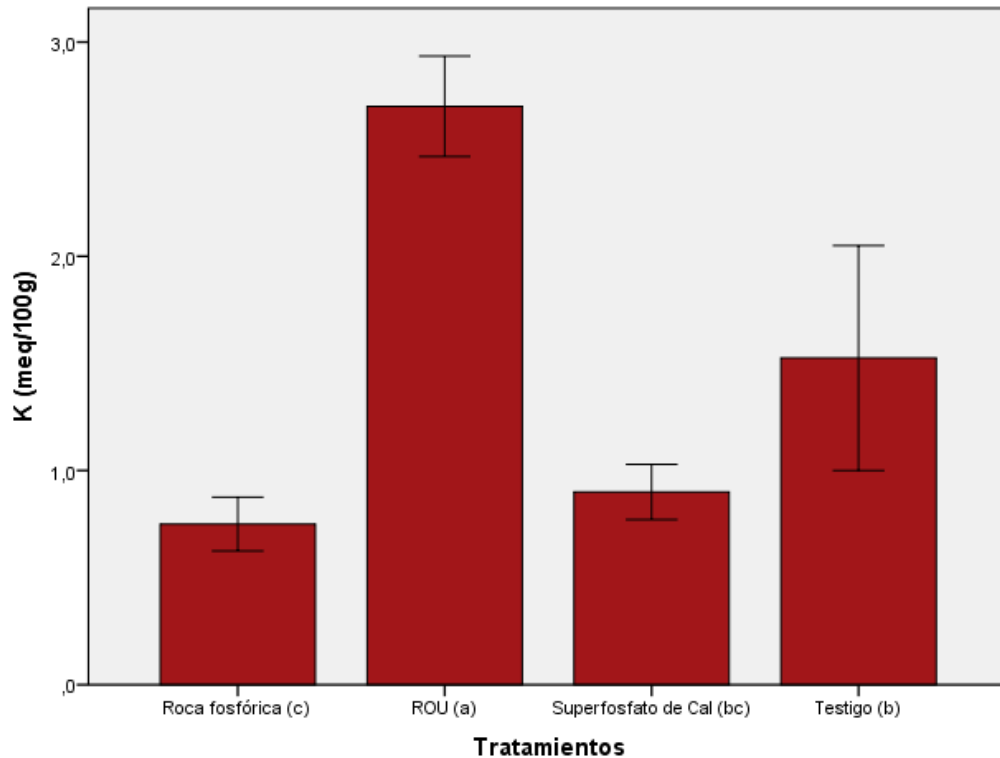


Gráfico 5.7. Concentración de potasio asimilable (meq/100g). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

5.2.9 Calcio

La menor concentración de Ca se obtuvo en las parcelas tratadas con superfosfato de cal (18.27 ± 1.34 meq/100g) (Tabla 5.14), mientras que las parcelas fertilizadas con ROU (27.62 ± 1.53 meq/100g) presentaron la mayor concentración. Las parcelas tratadas con roca fosfórica tuvieron un valor medio de 20.12 ± 0.62 meq/100g y las parcelas testigo un valor medio de 21 ± 0.92 meq/100g (Gráfico 5.8).

Así, con respecto a la concentración de calcio, las diferencias encontradas entre tratamientos fueron significativas ($P \leq 0.05$) (Tabla 5.8), siendo el tratamiento con ROU, el que se distinguió de los demás, por presentar los niveles más altos (Gráfico 5.8).

Tabla 5.8. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el calcio del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

Ca	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
	199.177	3	66.392	12.312	0.002

El hecho de que los suelos con el tratamiento ROU presentaran los valores más altos de Ca, pudo ser consecuencia directa del aporte de dicho elemento (5.5%) al suelo con este fertilizante (Apéndice 9.1).

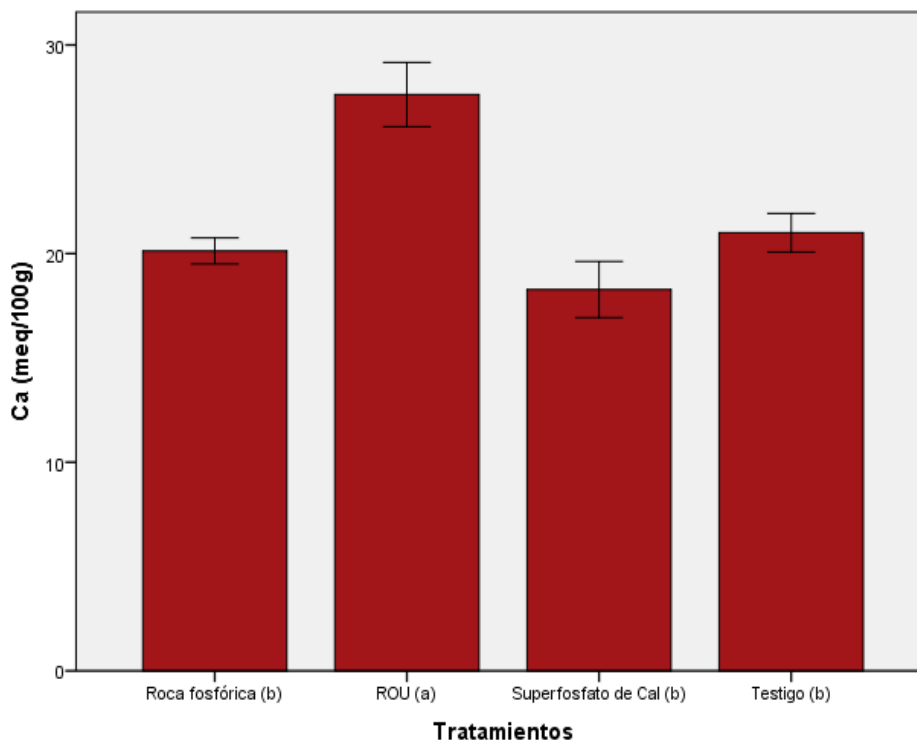


Gráfico 5.8. Contenido en calcio asimilable (meq/100 g). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

El valor medio de calcio correspondiente a los suelos tratados con ROU se situó por encima del valor citado por Hernández et al., (1995) (16.1 meq/100g) para pastos de Teno fertilizados con ROU. Al compararlo con el citado por González (2014) (28.87 meq/100g) para pastos de Teno, se comprobó que eran similares.

Por otra parte, los contenidos medios obtenidos en las parcelas testigo y en las parcelas tratadas con roca fosfórica, se asemejaron a los valores citados por China et al. (2007) (19.1 meq/100g y 21.8 meq/100g respectivamente) para

pastos de Teno. Sin embargo, se situaron por encima de los citados por González (2014) (13.82 meq/100g para parcelas testigo y 14.47 meq/100g para parcelas tratadas con roca fosfórica).

Los suelos tratados con superfosfato de cal obtuvieron un contenido medio similar al citado por China et al. (2007) (20.7 meq/100g) para pastos de Teno fertilizados con el mismo tratamiento, pero superior al valor obtenido por González (2014) (15.87 meq/100g).

Expresados como porcentaje sobre CIC, los valores medios de calcio resultaron ser de 65.6%, 64.8%, 62.4% y 71.5% para testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU, respectivamente.

Se puede concluir que los contenidos medios de Ca de los suelos de todos los tratamientos, se encontraron dentro de los rangos aceptables para suelos de Teno dedicados al pastoreo, ya que se situaron por encima del valor citado por Hernández-Abreu et al. (1980) (4 meq/100g) como el mínimo aceptable, y por debajo del cual los suelos son considerados como deficientes.

5.2.10 Magnesio

La concentración más elevada la presentó el suelo de las parcelas testigo (13.35±0.89 meq/100g) (Tabla 5.14), seguida de la obtenida para las parcelas tratadas con roca fosfórica (12.35±0.48 meq/100g). Los suelos tratados con superfosfato de cal y ROU presentaron un contenido medio de 10.35±0.88 meq/100g y 7.87±0.61 meq/100g, respectivamente (Gráfico 5.9).

Este elemento presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$) (Tabla 5.9). Esto significa que para los distintos tratamientos se producen variaciones importantes de los valores medios de Mg.

Tabla 5.9. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el magnesio del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
Mg	70.127	3	23.376	19.090	<0.001

Los suelos testigo y los suelos fertilizados con roca fosfórica no presentaron diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, éstos sí presentaron

diferencias significativas con los suelos tratados con superfosfato de cal y con los suelos tratados con ROU. A su vez, éstos dos últimos presentaron diferencias entre ellos (Gráfico 5.9).

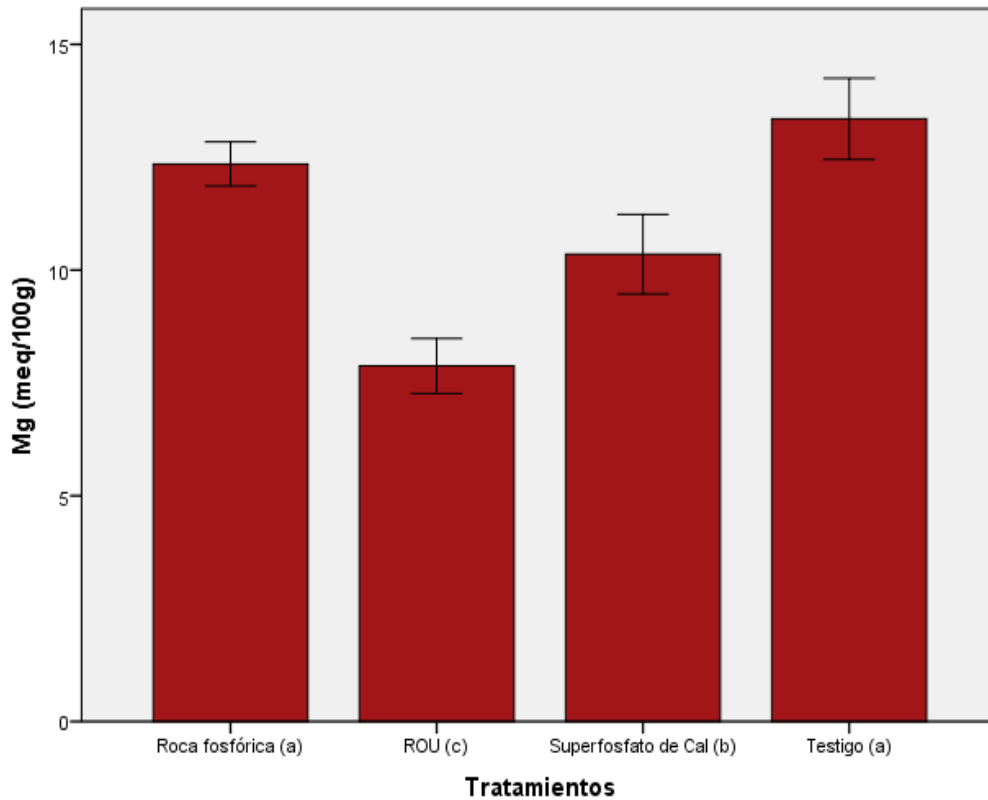


Gráfico 5.9. Concentración de magnesio asimilable (meq/100g). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

Los valores obtenidos para las parcelas “testigo” son ligeramente superiores a los citados por González (2014) (11.29 meq/100g) y por Gil (2012) (12 meq/100g) para pastos de Teno. Los valores analizados en las parcelas tratadas con roca fosfórica son similares a los citados por González (2014) (11.85 meq/100g) y por Gil (2012) (13.7 meq/100g).

El contenido medio de las parcelas tratadas con superfosfato de cal resultó similar al obtenido por Gil (2012) (10.5 meq/100g, ligeramente superior a lo presentado por González (2014) (8.82 meq/100g) e inferior al mencionado por Hernández (2012) (12.3 meq/100g). Asimismo, el valor obtenido para las parcelas tratadas con ROU fue muy similar al citado por González (2014) (7.52 meq/100g)

y ligeramente inferior a los obtenidos por Gil, (2012) (9 meq/100g) y por Hernández (2012) (10.7 meq/100g).

Expresados como porcentaje sobre CIC, los valores medios de magnesio resultaron ser de 29.6%, 28%, 24.6% y 19.9% para testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU, respectivamente.

Según los valores citados por Hernández et al. (1980), los niveles de magnesio están por encima del valor que se considera deficiente para suelos (1 meq/100g).

5.2.11 Microelementos

5.2.11.1 Hierro

Las parcelas testigo, las tratadas con roca fosfórica, las tratadas con superfosfato de cal y las tratadas con ROU presentaron unos valores medios de 58 ± 2.54 ppm, 57 ± 3.39 ppm, 58 ± 5.83 ppm y 49 ± 0.47 ppm respectivamente (Tabla 5.14). Estas diferencias, sin embargo, no resultaron ser estadísticamente significativas ($P > 0.05$) (Tabla 5.19).

Tabla 5.10. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el hierro del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
Fe	236.250	3	78.750	2.095	0.171

Los valores obtenidos fueron similares a los citados por González (2014) (60, 59, 60 y 47 ppm respectivamente) y a los citados por Gil (2012) (56, 55, 55 y 43 ppm respectivamente). El valor medio de hierro para los suelos con ROU fue similar al valor citado por Chinea et al. (2007) (45 ppm), hallándose por encima del valor dado por Hernández (2012) (32 ppm) para pastos de Teno tratados con el mismo tipo de enmienda.

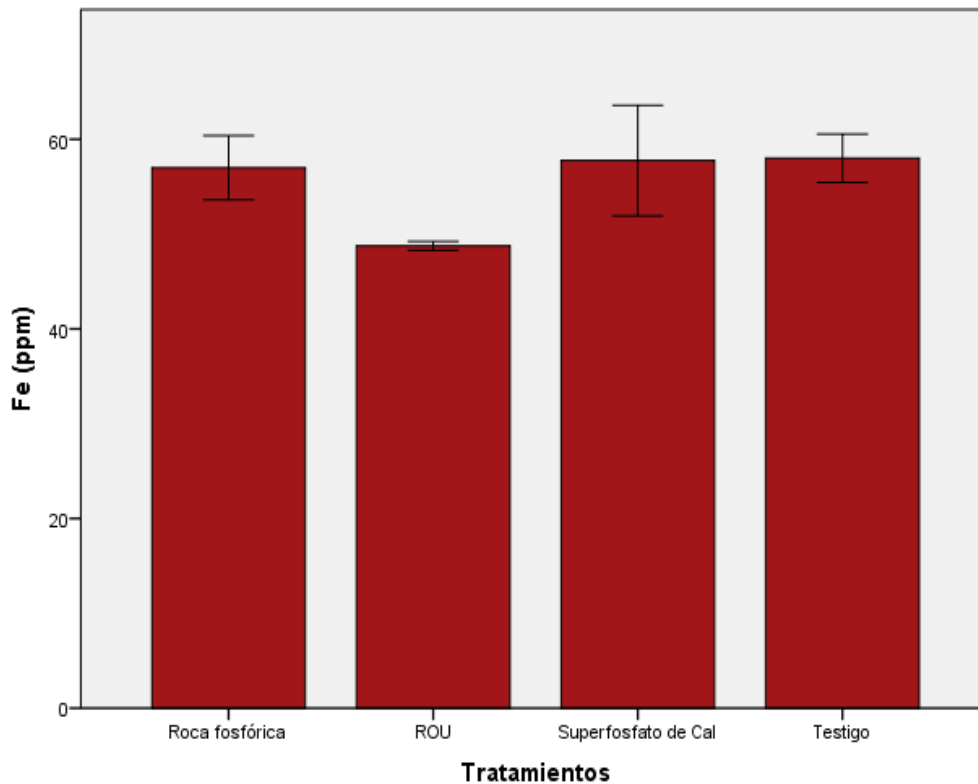


Gráfico 5.10. Concentración de hierro (ppm) del suelo. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P>0.05$).

Hay que destacar que los suelos arcillosos tienden a retener hierro (Loué, 1986). Sin embargo, la cantidad de este microelemento fue adecuada en todos los tratamientos, incluso en la parcela testigo, al superar el valor mínimo de 4.5 ppm (Sillanpää, 1982).

5.2.11.2 Cobre

Los suelos fertilizados con ROU presentaron el contenido medio más alto de cobre (4.92 ± 0.30 ppm) (Tabla 5.14). Por otro lado, las parcelas fertilizadas con superfosfato de cal junto con las parcelas testigo presentaron los valores medios más bajos (2.30 ± 0.09 ppm y 2.30 ± 0.17 respectivamente). Las parcelas tratadas con roca fosfórica dieron un valor medio de 2.66 ± 0.27 ppm (Gráfico 5.11).

Así, los valores medios de cobre presentaron diferencias significativas ($P\leq 0.05$) para los distintos tratamientos (Tabla 5.11). Las parcelas tratadas con ROU destacaron al mostrar diferencias significativas con el resto de los tratamientos (testigo, roca fosfórica y superfosfato de cal) que, entre ellos, no presentaron diferencias significativas (Gráfico 5.11).

Tabla 5.11. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el cobre del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
Cu	19.034	3	6.345	29.457	<0.001

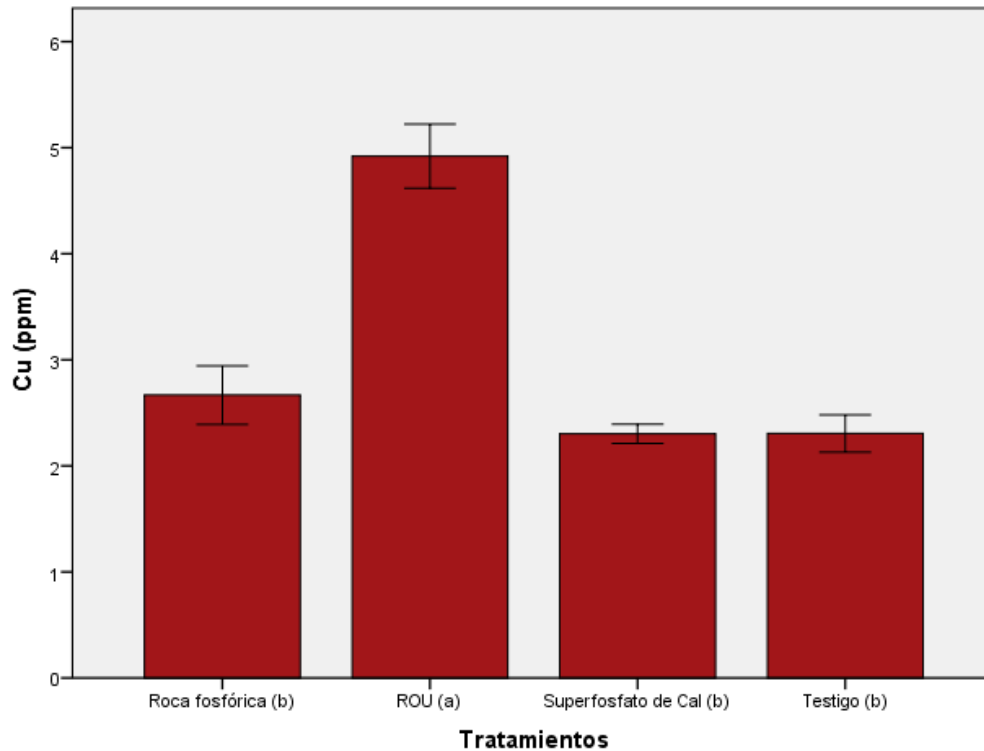


Gráfico 5.11. Concentración de cobre (ppm) en el suelo. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$)

Considerando la concentración de Cu de la enmienda ROU (186 ppm) y, conociendo que aporta 50.3% de materia orgánica, y que los ácidos húmicos y fúlvicos forman complejos estables con el cobre fijándolo al suelo (Loué, 1986), se entiende que la concentración más alta de Cu corresponda a los suelos tratados con ROU.

Los contenidos medios, pertenecientes a las parcelas tratadas con roca fosfórica y superfosfato de cal, resultaron ligeramente superiores a los citados por China et al. (2007) (1.8 y 1.5 ppm respectivamente) y por González (2014) (1.48 y 1.27 ppm respectivamente) para pastos de Teno con los mismos tratamientos.

Por otro lado, el valor medio de cobre para los suelos con ROU fue superior al citado por China et al. (2007) (2.4 ppm) y por González (2014) (3.41 ppm) para pastos de Teno fertilizados con ROU.

Por último, las parcelas testigo presentaron un nivel medio superior al citado por China et al. (2007) (1.6 ppm) y al citado por González (2014) (1.38 ppm) para pastos de Teno sin ningún tipo de fertilización.

Hay que destacar que los suelos analizados obtuvieron niveles adecuados en el contenido de cobre, ya que los niveles medios de este elemento para todos los tratamientos superaron el nivel mínimo recomendado citado por Sillanpää (1982) (0.02 ppm) para suelos.

5.2.11.3 Manganeso

La mayor concentración de este microelemento la presentó el suelo con la enmienda de roca fosfórica, con un valor de 42 ± 2.99 ppm, y la menor concentración la presentó el tratamiento de ROU (19 ± 1.68 ppm) (Tabla 5.14). Los suelos testigo presentaron un valor medio de 34 ± 4.76 ppm, mientras que los suelos tratados con superfosfato de cal dieron un valor medio de 32 ± 2.03 ppm (Gráfico 5.12).

La concentración de este microelemento mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos estudiados (Tabla 5.12). Los suelos tratados con ROU, roca fosfórica y superfosfato de cal mostraron diferencias significativas entre ellos, mientras que los suelos testigo sólo mostraron diferencias significativas con los suelos en los que se aportó ROU (Gráfico 5.12).

Tabla 5.12. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el manganeso del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU). Debido a que la variable no cumplía las condiciones de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó una transformación de la misma

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
Mn	0.272	3	0.091	18.802	<0.001

Los suelos con el tratamiento ROU presentaron un valor medio de manganeso inferior al citado por China et al. (2007) (23 ppm), inferior al hallado por Gil (2012) y Hernández (2012) (34 y 56 ppm respectivamente) y superior al citado por González (2014) (15 ppm) para pastos de Teno tratados con ROU.

De igual modo, las parcelas testigo mostraron un nivel medio de manganeso en el suelo algo inferior a los valores citados por Gil (2012) y por Hernández (2012) (43 y 47 ppm respectivamente) y muy inferior al citado por Fernández-Montañés (1995) (148 ppm) para pastos de Teno sin fertilizar. Sin embargo, el valor obtenido fue similar al citado por González (2014) (33 ppm).

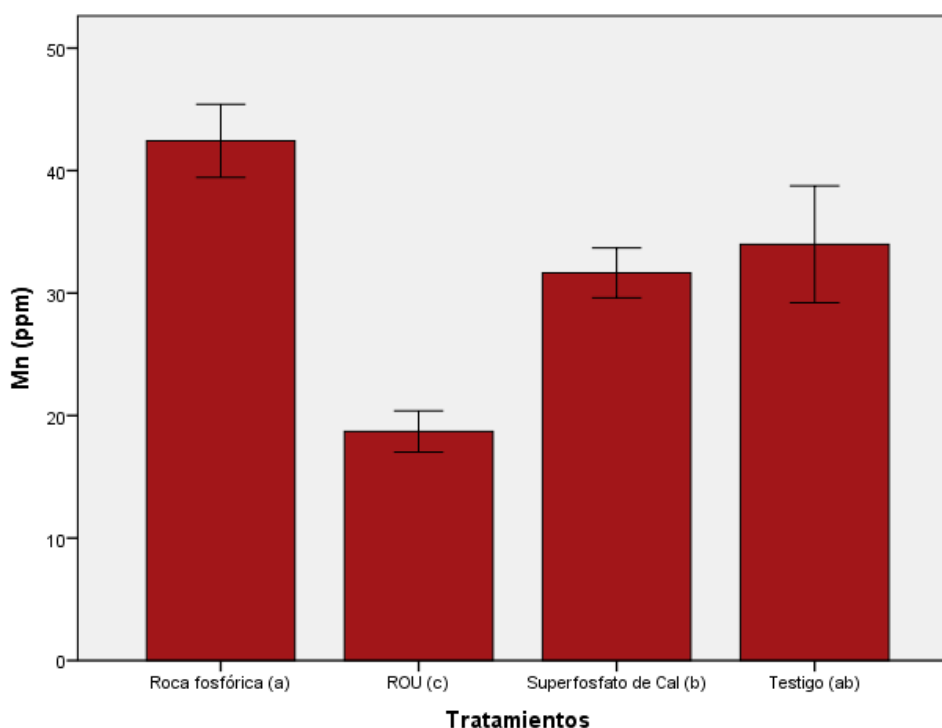


Gráfico 5.12. Concentración de manganeso (ppm) en el suelo. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

Por otro lado, las parcelas tratadas con roca fosfórica y superfosfato de cal mostraron unos niveles medios de manganeso aproximados a los valores citados por China et al. (2007) (31 y 28 ppm respectivamente) para pastos de Teno

El valor máximo de manganeso distó mucho de aproximarse a las concentraciones de la Meseta, al encontrarse en estos suelos valores medios de 168.7 ppm (China et al., 1993).

Los niveles de Mn analizados en las parcelas elementales, se encontraron dentro del rango propuesto por Sillanpää (1976) (20-50 ppm) como

correspondiente al nivel medio de fertilidad, salvo en las tratadas con ROU, que se encuentra, por muy poco, fuera de este rango (18.69 ppm).

5.2.11.4 Zinc

Los suelos fertilizados con ROU fueron los que tuvieron la concentración de zinc más elevada, con un valor medio de 23.37 ± 2.29 ppm (Tabla 5.14). Las parcelas tratadas con roca fosfórica y superfosfato de cal presentaron un contenido medio de 4.75 ± 0.7 ppm y 2.90 ± 0.36 ppm respectivamente, mientras que las parcelas testigo obtuvieron un valor de 3.40 ± 0.34 ppm (Gráfico 5.13).

Para este elemento, las concentraciones analizadas en las muestras de suelo de las distintas parcelas (tratamientos), presentaron diferencias que fueron significativas ($P \leq 0.05$) (Tabla 5.13).

Tabla 5.13. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el cinc del suelo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU). Debido a que la variable no cumplía las condiciones de homocedasticidad y/o de normalidad, se realizó una transformación de la misma

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
Zn	2.085	3	0.695	101.464	<0.001

Las parcelas testigo y las parcelas tratadas con superfosfato de cal, sin diferencias significativas entre ellas, presentaron diferencias significativas con los suelos tratados con roca fosfórica. A su vez, estos tres tratamientos presentaron diferencias significativas con los suelos tratados con ROU (Gráfico 5.13).

Este mayor contenido de zinc en los suelos tratados con ROU puede ser debido a la riqueza media de este elemento (339 ppm) en el compost de residuos orgánicos urbanos (Apéndice 9.1).

El valor medio analizado en los suelos tratados con ROU fue similar al obtenido por González (2014) (27.49 ppm), pero muy superior a los citados por China et al. (2007) (1.78 ppm) y por Alarcón (2006) (2.36 ppm) para pastos de Teno. Sin embargo, los valores citados por García (2006) (8.18 ppm) y por Hernández (2012) (11.56 ppm), aunque inferiores, están más próximos a los obtenidos en la misma zona con aplicación de ROU.

El contenido medio mínimo se analizó en las parcelas tratadas con superfosfato de cal, siendo similar al citado por González (2014) (2.97 ppm) pero

superior a los citados por Gil (2012) (1.38 ppm) y por Hernández (2012) (1.40 ppm). Por otro lado, los valores medios obtenidos tanto en las parcelas tratadas con roca fosfórica, como en las parcelas testigo, son superiores a los citados por China et al. (2007) (2.0 y 1.9 ppm, respectivamente), pero similares a los señalados por González (2014) (3.92 y 3.53 ppm respectivamente).

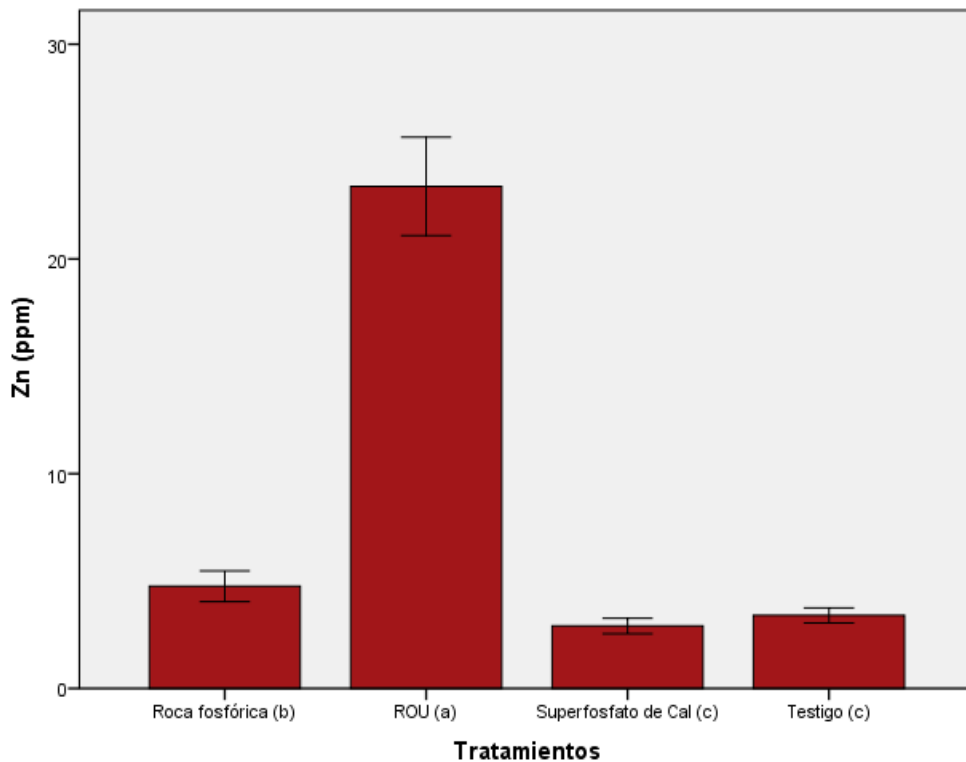


Gráfico 5.13. Concentración de cinc (ppm) en el suelo. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

La concentración máxima recomendada por Loué (1986) es de 300 ppm, de manera que los niveles de Zn hallados en las muestras del suelo tomadas en las diferentes unidades experimentales, fueron aceptables para la producción de pastos. Asimismo, todas las enmiendas mostraron valores medios de zinc que superaron el nivel mínimo citado por Sillanpää (1982) (1 ppm).

Tabla 5.14. Valor medio y error típico de la media, de los parámetros físico-químicos analizados en los suelos de las distintas unidades experimentales del ensayo (testigo, tratamiento con roca fosfórica, tratamiento superfosfato de cal y tratamiento ROU). Por filas, los valores medios acompañados con letras diferentes indican diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$) entre los tratamientos correspondientes

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
Análisis físico				
Arenas (%)	41±4.86(ab)	36±0.00(b)	36±0.00(b)	49±4.63(a)
Limos (%)	17±0.26(a)	17±0.11(a)	17±0.10(a)	17±0.10(a)
Arcillas (%)	41±4.70(ab)	45±0.11(a)	45±0.10(a)	33±4.66(b)
CS (%)	53±1.51	53±1.05	54±2.30	59±0.93
pH	6.3±0.09(b)	6.2±0.08(b)	6.1±0.02(b)	7.3±0.05(a)
CE (ds/m)	0.66±0.01	0.64±0.01	0.56±0.02	0.63±0.02
MO (%)	4.57±0.59(b)	5.20±0.44(b)	5.27±0.85(b)	8.32±0.43(a)
Análisis químico				
Macronutrientes				
P (ppm)	46±12.71(a)	44±3.651(a)	86±11.94(b)	95±11.24(b)
Na(meq/100g)	1.67±0.04(a)	1.40±0.05(ab)	1.17±0.13(b)	1.52±0.08(a)
K(meq/100g)	1.52±0.52(b)	0.75±0.12(c)	0.90±0.12(bc)	2.70±0.23(a)
Ca(meq/100g)	21±0.92(b)	20.12±0.62(b)	18.27±1.34(b)	27.62±1.53(a)
Mg(meq/100g)	13.35±0.89(a)	12.35±0.48(a)	10.35±0.88(b)	7.87±0.61(c)
Micronutrientes				
Fe (ppm)	58±2.54	57±3.39	58±5.83	49±0.47
Cu (ppm)	2.30±0.17(b)	2.66±0.27(b)	2.30±0.09(b)	4.92±0.30(a)
Mn (ppm)	34±4.76(ab)	42±2.99(a)	32±2.03(b)	19±1.68(c)
Zn (ppm)	3.40±0.34(c)	4.75±0.71(b)	2.90±0.36(c)	23.37±2.29(a)

Nota: MO: Materia Orgánica; CE: Conductividad eléctrica; CS: Capacidad de Saturación de agua

5.3 Producción de materia seca (PMS)

En este periodo, la producción media más elevada de materia seca fue la obtenida en los suelos tratados con superfosfato de cal (6678 ± 1029 kg·MS/ha), mientras que la más baja fue la obtenida en los suelos tratados con ROU (4461 ± 878 kg·MS/ha) (Tabla 5.17). Por otra parte, los suelos fertilizados con roca fosfórica presentaron un valor medio de 4455.5 ± 543 kg·MS/ha, y los suelos testigo un valor medio de 5671.8 ± 543 kg·MS/ha (Gráfico 5.15).

Tabla 5.15. Producción de materia seca (PMS). Valores medios (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
PMS (kgMS/ha)	5671.8±543	4455.5±813	6678±1029	4461±878

Los datos referidos a la producción del año de estudio se encuentran en el Apéndice 9.4. Una vez estudiados los datos de producción, se concluyó que no presentaban diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 5.18).

Tabla 5.16. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la producción de materia seca, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU).

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
PMS	1.4E+07	3	4.6E+06	1.604	0.256

López-Carrasco et al. (2013) sugiere que la producción está muy relacionada con las condiciones climáticas del año. Esto se observa en los datos recogidos por Gil (2012) en un estudio realizado en los pastos de Teno, en un año sin precipitaciones, en el que no hubo producción. Sin embargo, González (2014), en un estudio similar pero con unas precipitaciones anuales de 504 mm, obtuvo una producción media de 4587 kg·MS/ha. Hay que destacar que, en este período, con una precipitación anual de 423 mm, se obtuvo una producción media de 5316 kg·MS/ha.

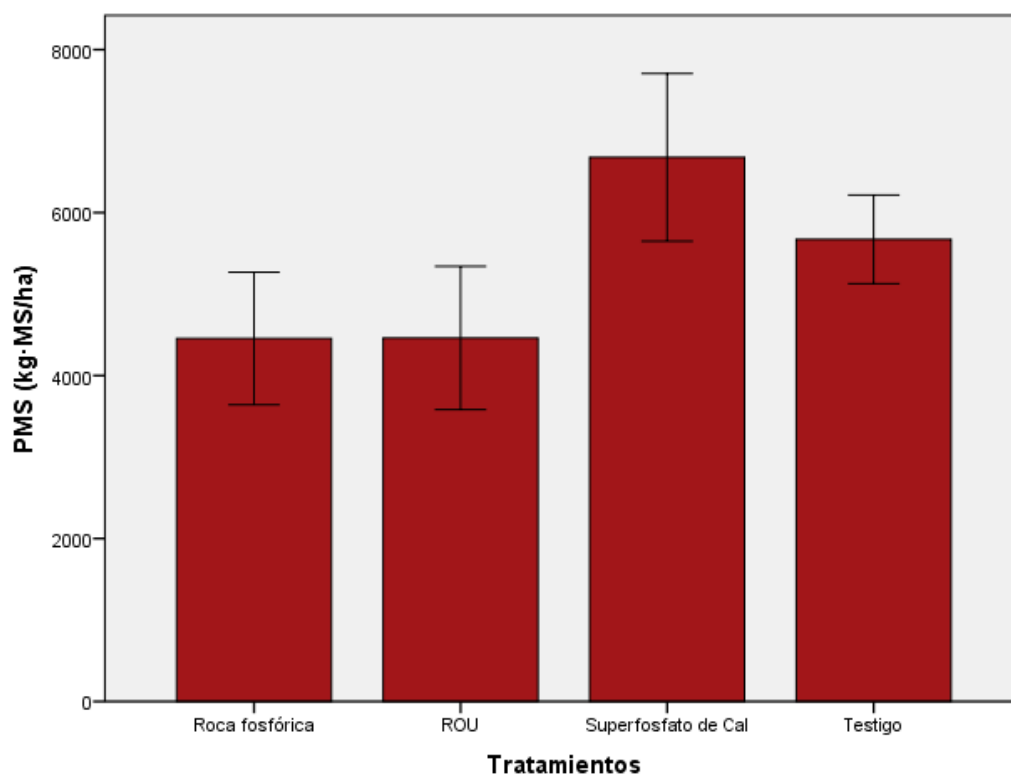


Gráfico 5.14. Producción de materia seca (kg·MS/ha). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$).

De este modo, el valor señalado por China et al. (2007) para suelos tratados con roca fosfórica (2259 kg·MS/ha) es inferior al obtenido en este estudio, que se aproxima al citado por González (2014) (6554 kg·MS/ha) para pastos de Teno.

En los suelos enmendados con ROU, el valor medio de producción fue superior al mencionado por González (2014) (2087 kg·MS/ha) y por China et al. (2007) (2754 kg·MS/ha), y sin embargo, sensiblemente inferior al citado por Gil (2012) (8977 kg·MS/ha). En el caso de los suelos “testigo”, su valor medio fue superior al citado por China et al. (2007) (2861 kg·MS/ha) para pastos sin fertilizar de Teno Alto, y similar al obtenido por González (2014) (4177 kg·MS/ha), para los mismos pastos.

La producción media estimada en los suelos tratados con superfosfato de cal fue similar a la indicada por Gil (2012) (6922 kg·MS/ha), y superior a la citados por González (2014) (4811 kg·MS/ha) y por China et al. (2007) (1121 kg·MS/ha).

5.4 Porcentaje de materia seca (%MS)

El porcentaje más alto de materia seca se obtuvo en el pasto que se cosechó en los suelos fertilizados con ROU, mientras que el más bajo fue el del que se cosechó en los suelos fertilizados con superfosfato de cal (Tabla 5.19).

Tabla 5.17. Porcentaje de materia seca (%MS). Valores medios (n=4) por tratamiento (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P>0.05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
%MS	31.57±0.78(b)	34.71±1.50(ab)	29.76±1.36(b)	41.19±4.16(a)

Comparando el porcentaje de materia seca de las plantas muestreadas en las distintas parcelas, se aprecian diferencias entre tratamientos que son estadísticamente significativas (Tabla 5.20). Así, el tratamiento con ROU mostró diferencias con respecto al tratamiento con superfosfato de cal y al “testigo”. Sin embargo, el tratamiento con roca fosfórica no presentó diferencias con respecto al resto de los tratamientos. (Gráfico 5.16).

Tabla 5.18. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el porcentaje de materia seca, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU).

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
MS	302.854	3	100.951	4.314	0.038

Los porcentajes medios de materia seca determinados en todos los tratamientos se situaron por encima de los citados por China et al. (2001a) (28, 27, 26 y 28% para testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU respectivamente) en pastos de Teno, pero fueron muy similares a los obtenidos por González (2014) (38, 33, 42 y 43 % respectivamente)

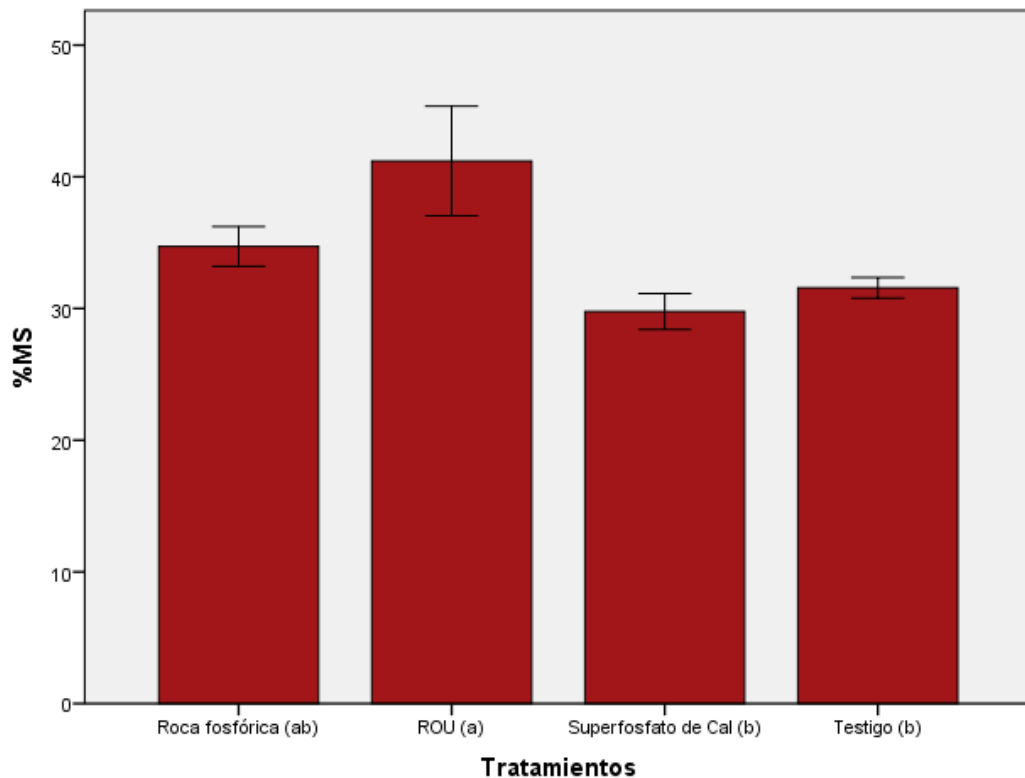


Gráfico 5.15. Porcentaje de materia seca (%MS). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

5.5 Composición botánica

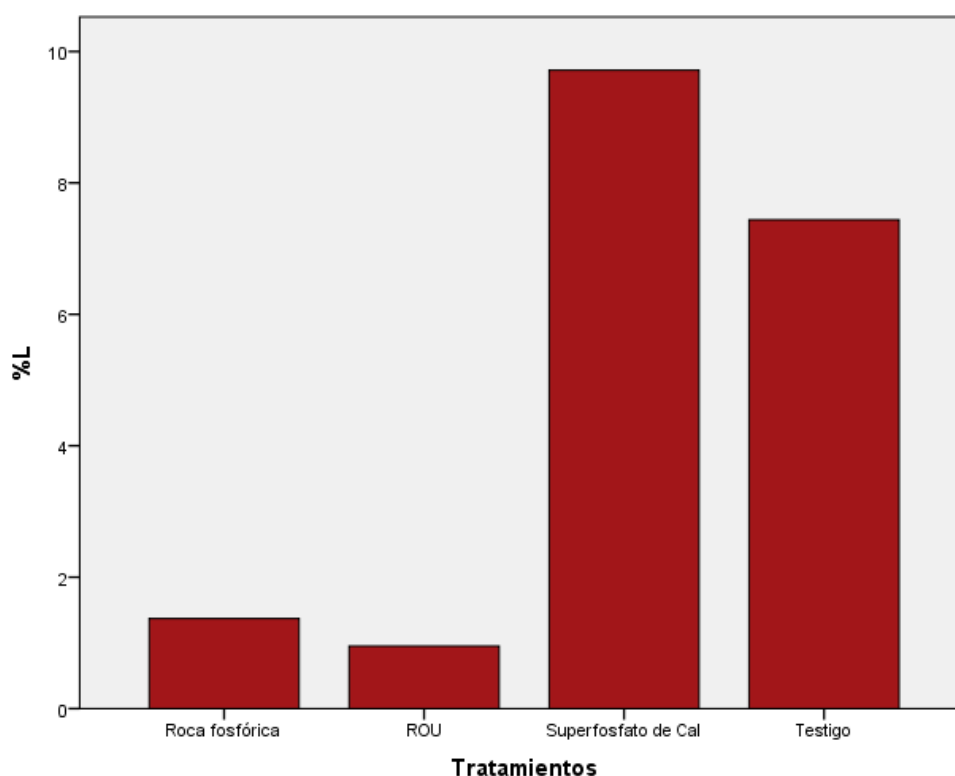
En la Tabla 5.21 se muestran los porcentajes medios de leguminosas (L), gramíneas (G) y otras familias (O), que se cosecharon en las unidades experimentales (tratamientos) de la parcela de ensayo (tratamientos).

Tabla 5.19. Composición botánica de los pastos cosechados en las distintas unidades experimentales de la parcela de ensayo (tratamientos). Valores medios (n = 4).

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
% L	7.43	1.37	9.71	1
% G	35.08	61.70	38.33	31.5
% O	57.47	36.92	51.95	67.5

Para este caso, no se consideró necesario realizar el ANOVA de los datos. La composición botánica de cada parcela no depende fundamentalmente de los tratamientos aplicados sino de la composición botánica inicial encontrada. Esto da como resultado que, entre parcelas de un mismo tratamiento, haya mucha variabilidad. Los datos de la composición botánica de cada parcela quedan recogidos en el Apéndice 9.5.

El mayor porcentaje medio de leguminosas correspondió a los suelos tratados con superfosfato de cal (Gráfico 5.17).

**Gráfico 5.16. Porcentaje de leguminosas (L) en pastos cosechados en las diferentes unidades experimentales. Valores medios por tratamiento (n=4).**

El porcentaje de Leguminosas hallado en los suelos testigo fue superior al obtenido por González (2014) (1%), pero cercano al valor citado por López-Carrasco et al.(2013) (9.3%); mientras que en el caso de los suelos tratados con superfosfato de cal, el valor fue muy próximo al citado también por González (2014) (10%), pero algo superior al señalado por Sánchez-Llerena et al. (2012) (3%) para pastos de Teno. Sin embargo, los suelos tratados con roca fosfórica presentaron un valor medio inferior al obtenido por González (2014) (15%) y al citado por López-Carrasco et al. (2012) (13.1%). De igual modo, en los suelos tratados con ROU, el porcentaje de leguminosas fue similar al obtenido por González (2014) (3%) e inferior al obtenido por Gil (2012) (18%). En este trabajo, las diferencias comentadas entre tratamientos pudieron ser debidas a que en el mes de mayo, las precipitaciones fueron muy escasas y esto pudo limitar la maduración de las semillas de las leguminosas (López-Carrasco et al., 2013).

En cuanto a las gramíneas, los suelos tratados con roca fosfórica presentaron el porcentaje más alto (61.70%), mientras que el más bajo lo presentaron las parcelas fertilizadas con ROU (31.5%) (Gráfico 5.18).

Los suelos tratados con roca fosfórica presentaron un porcentaje superior al obtenido por González, 2014 (27%) y más cercano al citado por China et al. (2001) (53%) y por Gil, 2012 (53%). De igual modo, el porcentaje obtenido en los suelos tratados con superfosfato de cal fue muy similar a los indicados por González (2014) (46%), por Gil (2012) (41%) y por Sánchez-Llerena et al. (2012) (42%).

Los suelos “testigo” presentaron un valor (%) cercano al publicado por González (2014) (28%) e inferior al citado por López-Carrasco (2012) (49,7%). El porcentaje de gramíneas en los suelos fertilizados con ROU fue inferior al citado por China et al. (2001a) (53%) para pastos de la Meseta de Teno en el año 1998, y también al expuesto por Gil (2012) (52%).

La calidad del pasto no se pudo considerar excelente, ya que la proporción de gramíneas junto con la proporción de leguminosas no superó el 75-80%. Domínguez-Vivancos (1989) señala que el porcentaje ideal de gramíneas para una pradera permanente de aprovechamiento intensivo se sitúa entre el 65 y el

75% (ninguno de los tratamientos estudiados en este trabajo se situó dentro de este intervalo).

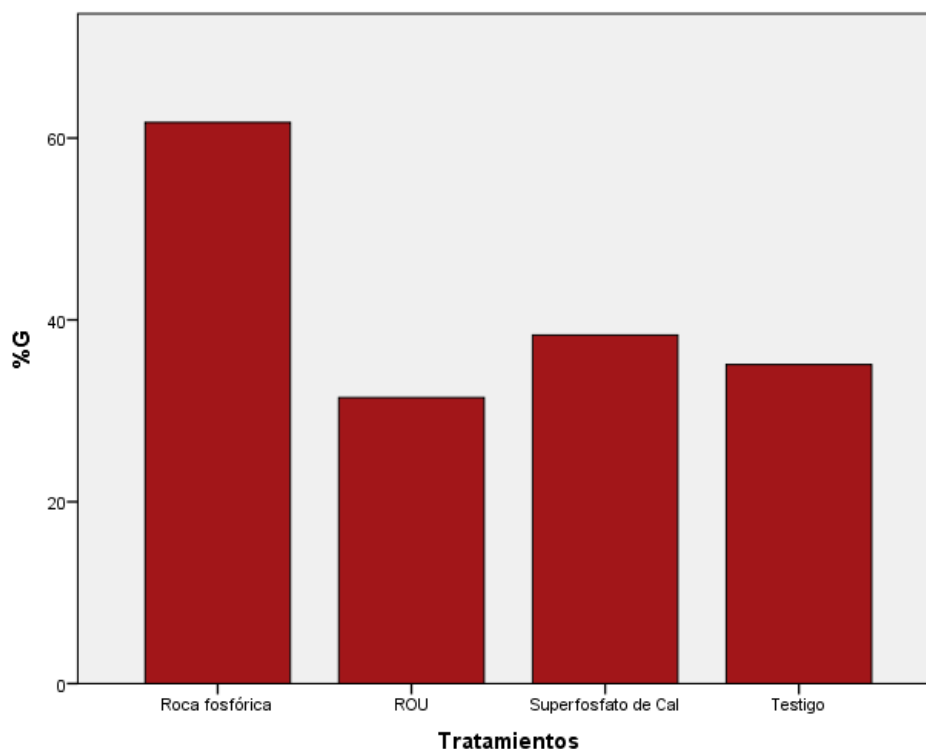


Gráfico 5.17. Porcentaje de gramíneas (G) en pastos cosechados en las diferentes unidades experimentales. Valores medios por tratamiento (n=4).

Finalmente, en cuanto al contenido de otras familias, los suelos con el tratamiento ROU presentaron los valores más altos (67.5%) (Gráfico 5.19).

El porcentaje de otras familias en los suelos tratados con ROU, fue cercano, pero algo inferior al obtenido por González (2014) (77%), y superior al obtenido por Gil (2012) (30%).

El porcentaje medio de plantas de otras familias en el forraje cosechado en los suelos "testigo" fue de 57.47%, que es inferior al citado por González (2014) (71%) para pastos de Teno, y también inferior al citado por Castelo-Blanco et al. (2010) (64%) para pastos naturales en Portugal. Señalar que, además, fue superior al indicado por Gil (2012) (36%) para pastos de Teno sin fertilizar.

Las parcelas con los tratamientos de superfosfato de cal presentaron un porcentaje del 51.95%, cercano al obtenido por González (2014) (44%), superior al citado por Gil (2012) (29%), y muy próximo al valor de Sánchez-Llerena et al. (2012) (55%) para pastos de La Dehesa fertilizados con superfosfato de cal.

El porcentaje medio en las parcelas elementales abonadas con roca fosfórica fue inferior al obtenido por González (2014) (58%), y superior, al obtenido por Gil (2012) (21%) para pastos de Teno. La proporción de otras familias se aproximó mucho, a la publicada por López-Carrasco (2012) (39%) para pastos de la Dehesa Toledana, fertilizados con roca fosfórica.

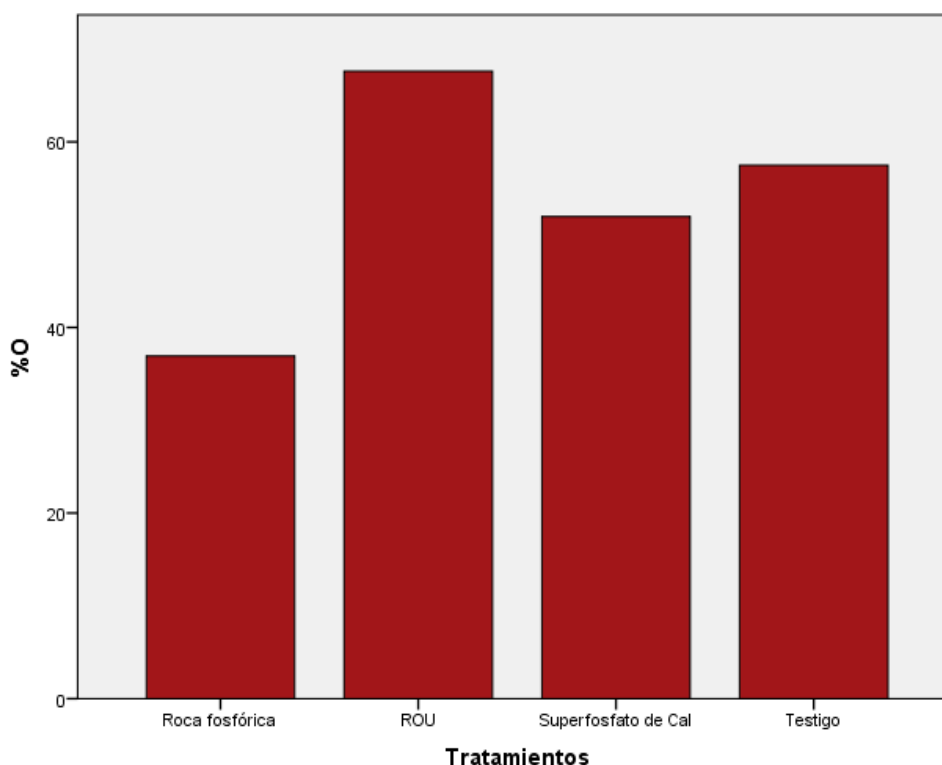


Gráfico 5.18. Porcentaje de otras familias (O) en pastos cosechados en las diferentes unidades experimentales. Valores medios por tratamiento (n=4).

El porcentaje de especies de otras familiar en los cuatro tratamientos fue superior del citado por Domínguez-Vivancos (1989) (5-10%) como ideal para praderas permanentes de aprovechamiento intensivo. La calidad de un pasto depende fundamentalmente de la proporción de gramíneas y leguminosas que contiene, por lo que, atendiendo al porcentaje de plantas pertenecientes a otras familias presentes en todos los tratamientos, podría concluirse que los pastos no son de buena calidad en cuanto a composición florística. Según Cacho et al. (1998), la dominancia de este grupo frente a los otros corresponde al estado de un pasto pobre y degradado.

5.6 Análisis foliar

5.6.1 Fracción mineral

5.6.1.1 Cenizas (CEN)

El porcentaje en cenizas más alto fue el determinado en el pasto de las parcelas tratadas con ROU, con un valor medio de 11.61 ± 0.81 %, y el mínimo, al de las parcelas “testigo”, con un valor medio de 9.13 ± 0.58 % (Tabla 5.23).

Tabla 5.20. Porcentaje en cenizas (%). Valores medios (n=4) por tratamiento y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
%Cenizas	9.13 ± 0.58	9.66 ± 0.30	10.50 ± 0.61	11.61 ± 0.81

En cualquier caso, las pequeñas diferencias observadas entre los tratamientos, no fueron estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) (Tabla 5.24).

Tabla 5.21. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el porcentaje en cenizas (5), por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
Cenizas	14.017	3	4.672	3.741	0.054

Los valores medios por tratamiento (Gráfico 5.20) fueron similares a los obtenidos por González (2014) (9.50%, 10.97%, 9.50% y 9.62% para testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU) y por Gil (2012) (10%, 11%, 11% y 10% para testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU).

Al considerar los datos presentados en ciertos estudios sobre pellet de alfalfa deshidratada, se observa que, los porcentajes indicados anteriormente, son ligeramente inferiores al señalado por García-Criado et al. (1986) (13.25%) y, en algunos casos inferior al señalado por Gómez-Cabrera et al. (2008), que sitúa el valor de referencia en el 11%.

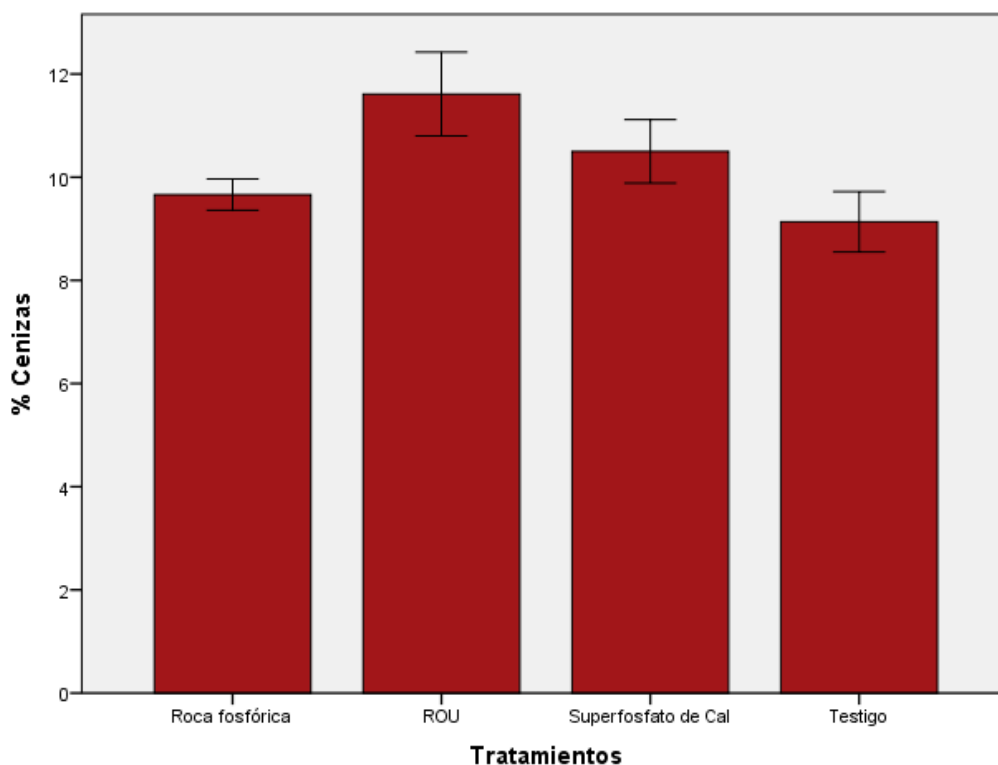


Gráfico 5.19. Porcentaje de cenizas. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$).

De lo anterior se desprende que el porcentaje en cenizas de cualquiera de los pastos cosechados en este ensayo fue, desde el punto de vista de la alimentación del ganado rumiante, aceptable (García-Criado et al., 1986).

5.6.1.2 Fósforo

Las parcelas tratadas con ROU fueron las que produjeron el pasto con una mayor concentración de fósforo, mientras que las tratadas con roca fosfórica fueron las que lo produjeron con una menor concentración (Tabla 5.25). Los pastos cosechados en los suelos “testigo” y en los suelos tratados con superfosfato de cal, mostraron un valor medio muy similar (Gráfico 5.21).

Tabla 5.22. Concentración foliar de P (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
%P	0.21±0.02(b)	0.20±0.01(b)	0.23±0.01(b)	0.27±0.005(a)

A pesar de que las diferencias encontradas en cuanto a la concentración de P en los pastos analizados no parecen demasiado importantes, el ANOVA realizado (Tabla 5.26) confirma que, estadísticamente, fueron significativas,

Tabla 5.23. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el fósforo, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
P	0.011	3	0.004	6.17	0.014

La concentración de fósforo del pasto fertilizado con ROU fue superior ($P \leq 0.05$) al de los demás tratamientos (Gráfico 5.21).

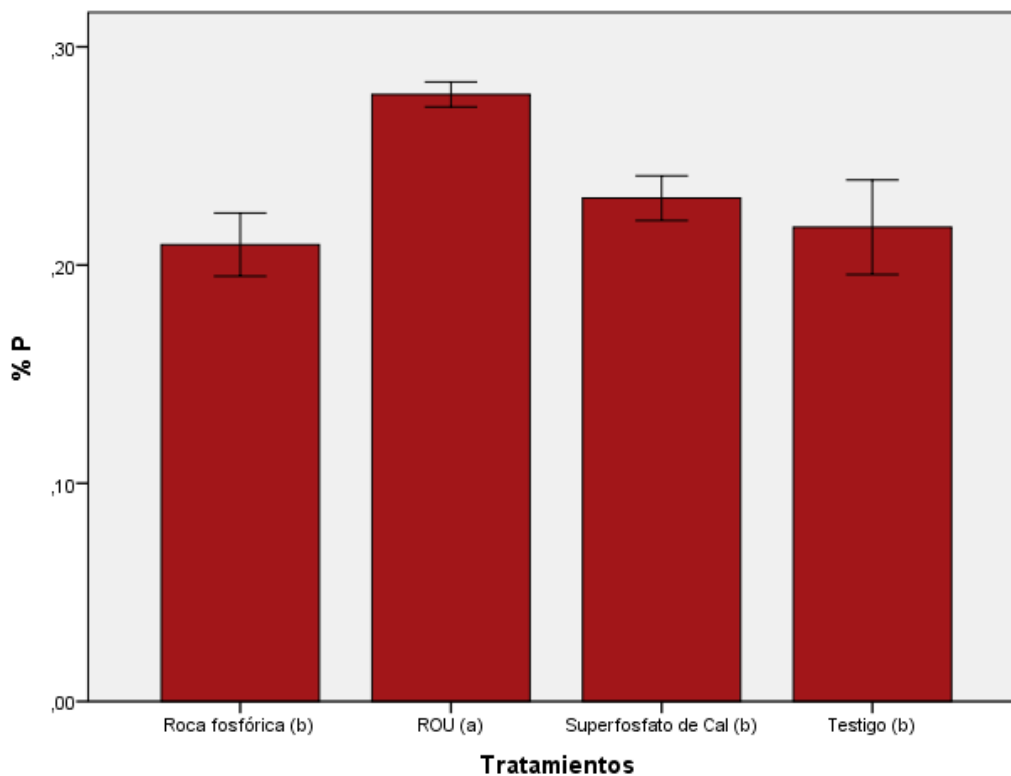


Gráfico 5.20. Porcentaje de fósforo. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

El contenido en P del pasto cosechado en las unidades experimentales tratadas con ROU fue inferior al citado por González (2014) (0.40%), y también lo fue el del pasto cosechado en las demás unidades experimentales. De este modo, González (2104) indica un contenido en fósforo del 0.37% en pastos sin fertilizar (testigo), del 0.39% en los fertilizados con roca fosfórica, y del 0.38% en los

fertilizados con superfosfato de cal. Por el contrario, las concentraciones de P indicadas por Gil (2012) si fueron similares a las analizadas en este ensayo (0.25% para suelos testigo, 0.26% para roca fosfórica, 0.27 % para superfosfato de cal y 0.27% para suelos con ROU).

Los valores obtenidos estuvieron por debajo del rango citado por China et al. (2007) (0.34-0.39%) para pastos de Teno fertilizados con los mismos tratamientos. Señalar además, que, únicamente los pastos fertilizados con ROU, lograron superar el contenido mínimo de fósforo (0.25%) necesario para la alimentación de pequeños rumiantes en pastoreo (McDowell, 2005).

5.6.1.3 Potasio

El contenido más elevado de potasio se analizó en los pastos de las unidades experimentales fertilizadas con ROU (Tabla 5.27), mientras que en el resto de los tratamientos, las concentraciones fueron similares (Gráfico 5.22).

Tabla 5.24. Contenido de potasio (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
%K	1.84±0.26(ab)	1.40±0.16(b)	1.56±0.23(b)	2.36±0.19(a)

En el análisis estadístico muestra diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos (Tabla 5.28), si bien, éstas lo son únicamente entre los suelos fertilizados con superfosfato de cal y con roca fosfórica, y los fertilizados con ROU (gráfico 5.22).

Tabla 5.25. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el potasio, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
K	2.12	3	0.708	4.653	0.032

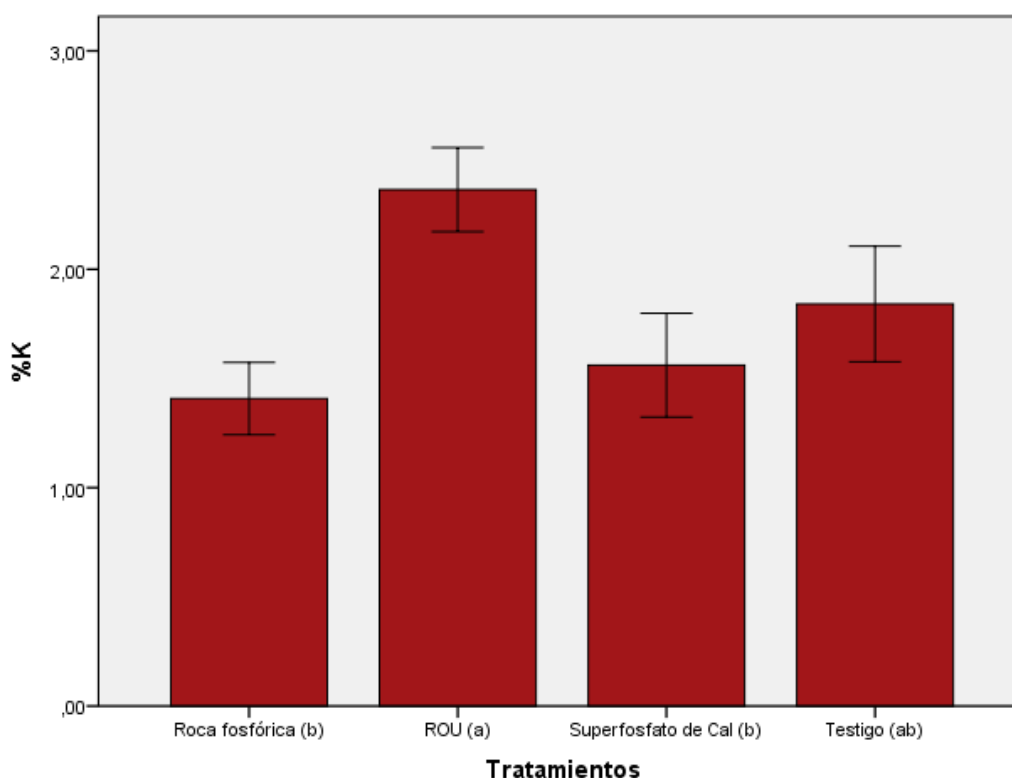


Gráfico 5.21. Porcentaje de potasio. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos con letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

Prácticamente la totalidad de los nutrientes que contiene el ROU como fertilizante se encuentra en forma inorgánica, y una vez que este fertilizante es aportado al suelo, quedan en el complejo de cambio, desde donde pueden ser absorbidos por las plantas (Pérez et al., 1986). Ninguna de las muestras analizadas alcanzó una concentración de K superior al 3%, nivel por encima del cual se considera que existe riesgo de toxicidad. Así, las concentraciones medias de potasio en los pastos enmendados con ROU se aproximaron al valor citado por China et al. (2007) (2.12%) y por Alarcón (2006) (2.1%), pero fueron inferiores a las obtenidas por González (2014) (3.67%) y por Hernández (2012) (3.82%).

Por otro lado, los pastos cosechados en las parcelas fertilizadas con roca fosfórica y superfosfato de cal presentaron unas concentraciones medias de potasio inferiores a las citadas por González (2014) (2.97% y 2.65% respectivamente) y por Hernández (2012) (2.6% y 2.6% respectivamente), pero similares a las citadas por Alarcón (2006) (1.7% y 1.6% respectivamente).

Por último, en los pastos producidos en las parcelas “testigo”, se apreció que el valor analizado fue inferior al obtenido por González (2014) (2.77%), pero similar a los citados por Gil (2012) (2.04%) y por China et al. (2007) (1.1%), para pastos sin fertilizar en Teno Alto.

Se puede afirmar que el nivel de potasio en los pastos fue aceptable, ya que los valores medios de potasio fueron superiores a los mínimos requeridos para rumiantes citados por McDowell et al. (1985), y que varían entre el 0.5 y el 1%.

5.6.1.4 Sodio

El valor medio más alto de sodio se obtuvo en los suelos testigo, mientras que el valor medio más bajo lo presentaron los suelos tratados con superfosfato de cal (Tabla 5.29).

Tabla 5.26. Porcentaje de sodio. Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P>0,05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
%Na	0.67±0.06	0.62±0.05	0.49±0.04	0.62±0.07

El análisis de varianza (Tabla 5.30) indica que las diferencias encontradas en cuanto a la concentración de sodio del forraje producido con diferentes tratamientos de fertilización, no fueron significativas ($P\leq 0.05$) (Gráfico 5.23).

Tabla 5.27. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el sodio, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
Na	0.078	3	0.026	2.527	0.123

Todos los tratamientos presentaron valores inferiores a los obtenidos por González (2014) (1.03%, 1.98%, 0.85% y 0.97% para testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU, respectivamente) y por Hernández (2012) (1.1%, 1.2%, 1% y 1.1% para testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU, respectivamente). Sin embargo, fueron similares a los obtenidos por Gil (2012) (0.28%) para testigo, 0.89% para roca fosfórica, 0.56% para superfosfato de cal y 0.79% para ROU).

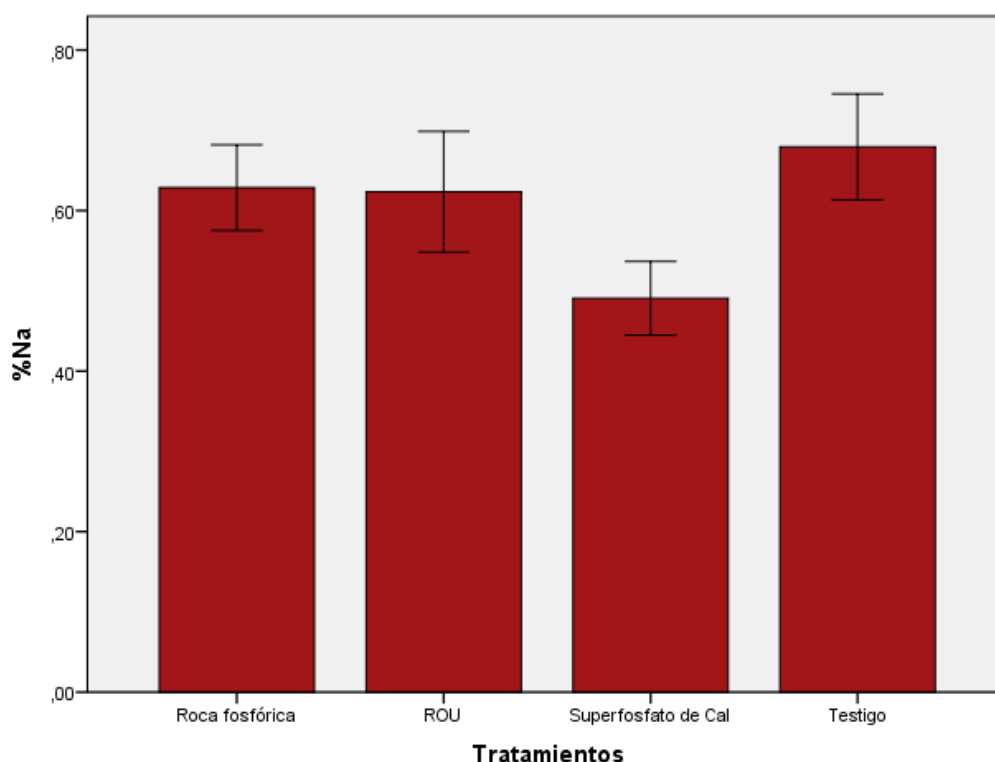


Gráfico 5.22. Porcentaje de sodio. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$).

Todos las concentraciones de sodio son superiores a las mencionadas por Ruano-Ramos et al. (1994) (0.1%) para pastos semiáridos en el noroeste peninsular. Además, estuvieron por encima de las consideradas mínimas para la alimentación de rumiantes (McDowell, 2005) (0.1%). El rango de valores alcanzado en los pastos se encuentra por debajo de los máximos (0.90%) y mínimos (0.12%) citados para la Meseta de Teno (Chinea et al., 2001a).

5.6.1.5 Calcio

Como se muestra en la Tabla 5.31, la concentración de calcio más alta se obtuvo en los pastos cosechados en suelos fertilizados con ROU, mientras que la más baja la presentaron los cosechados en suelos tratados con roca fosfórica (Gráfico 5.24).

Tabla 5.28. Porcentaje de calcio. Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
%Ca	1.13±0.11(ab)	0.77±0.12(b)	1.13±0.19(ab)	1.58±0.14(a)

Como se puede observar en la Tabla 5.32, las diferencias observadas entre tratamientos fueron estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$).

Tabla 5.29. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el calcio, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
Ca	1.339	3	0.446	4.256	0.039

Los pastos fertilizados con ROU y los fertilizados con roca fosfórica mostraron concentraciones de calcio diferentes, (test DMS, $P \leq 0.05$), pero similares a los fertilizados con superfosfato de cal y a los que no se fertilizaron (testigos).

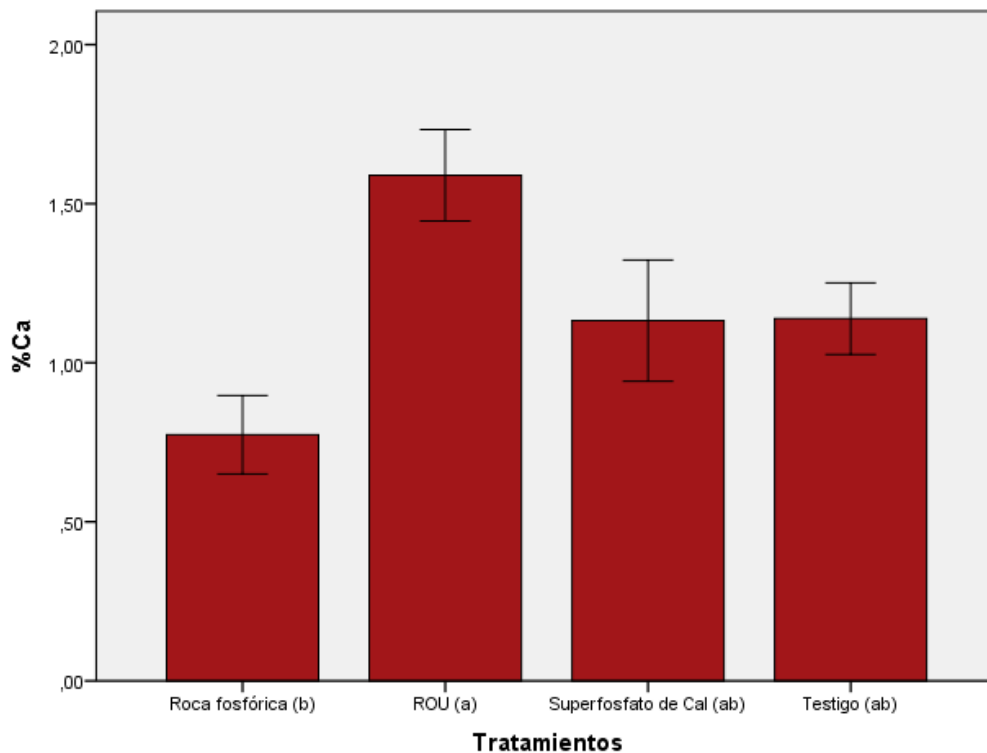


Gráfico 5.23. Porcentaje de calcio. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos de letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

Comparando las concentraciones de Ca obtenidas por Hernández (2012) (1.1%, en 2009) y por González (2014) (1.44%) en pastos de la Meseta de Teno para los suelos fertilizados con ROU, con las halladas en este trabajo, se puede apreciar el aumento progresivo que ha ido experimentando este parámetro a lo largo del tiempo, y que en este ensayo tuvo un valor del 1.58%. Esto se puede

explicar considerando el efecto acumulativo producido tras varios años de fertilización.

Los pastos fertilizados con superfosfato de cal presentaron un valor similar al citado por González (2014) (1.19%) y superior al señalado por China et al. (2001a) (0.73%). Por otra parte, los tratadas con roca fosfórica mostraron un contenido inferior al citado por China et al. (2001a) (1.07%) y también inferior al citado por González (2014) (2.04%).

Las concentraciones de calcio analizadas en el forraje fueron superiores al 0.30%, valor que es considerado por McDowell (2005) como el mínimo admisible para la alimentación de rumiantes, y superior también al umbral establecido por Gueguen (1972), que es del 0.4%.

5.6.1.6 Magnesio

El contenido medio de magnesio de cualquiera de los pastos cosechados en este ensayo (tratamientos) fue muy similar (Tabla 5.33).

Tabla 5.30. Porcentaje de magnesio. Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P>0.05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
%Mg	0.24±0.02	0.15±0.02	0.20±0.02	0.20±0.02

El resultado del ANOVA realizado para este nutriente se muestra en la Tabla 5.34, e indica, que el contenido en magnesio del forraje cosechado fue independiente del tratamiento aplicado (Gráfico 5.25).

Tabla 5.31. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el magnesio, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
Mg	0.017	3	0.006	1.992	0.186

El contenido medio de magnesio de los pastos de las parcelas enmendadas con ROU, fue inferior a los señalados por González (2014) (0.44%) y por China et al. (2003) (0.6%), pero similar al señalado por García (2006) (0.2%).

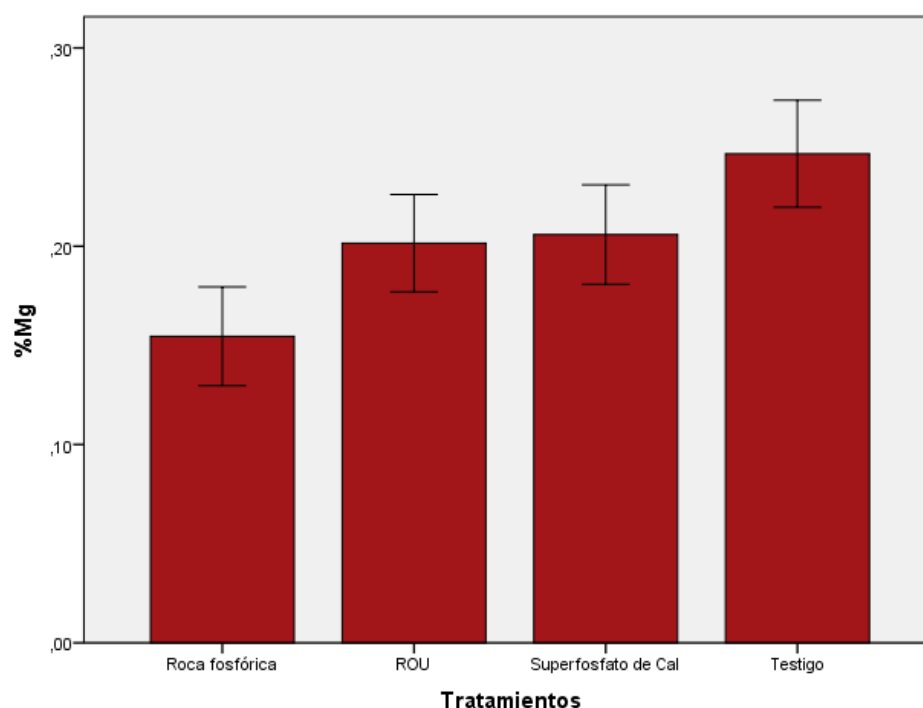


Gráfico 5.24. Porcentaje de magnesio. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$).

Las concentraciones analizadas en pastos de las parcelas “testigo”, las tratadas con roca fosfórica y las tratadas con superfosfato de cal, fueron inferiores a las indicadas por González (2014) (0.51%, 0.57% y 0.40% respectivamente), pero similares a las indicadas por Hernández (2012) (0.2%, 0.2% y 0.3% respectivamente) para pastos de Teno tratados con los mismos fertilizantes.

Salvo en el caso del tratamiento con roca fosfórica, la concentración de magnesio analizada en pastos de las distintas unidades experimentales, se mantuvo próxima o inferior al 0.20%, que es el nivel mínimo establecido por McDowell (1985) para la alimentación de rumiantes.

5.6.1.7 Cobre

El contenido medio más alto de cobre se analizó en los pastos fertilizados con roca fosfórica (Tabla 5.35), mientras que el más bajo se analizó en los pastos tratados con superfosfato de cal.

Tabla 5.32. Contenido de cobre (ppm). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU	
Cu(ppm)	2.99±0.78(b)	5.33±0.66(a)	2.42±0.39(b)	4.00±0.43(ab)

Estas diferencias, que en algún caso son importantes, también son significativas (Tabla 5.36). Destacar que los valores medios obtenidos en pastos fertilizados con roca fosfórica duplican prácticamente a los obtenidos en pastos fertilizados con superfosfato de cal (test DMS, $P \leq 0.05$), y que la concentración analizada en estos últimos, apenas se diferencia de la encontrada en pastos sin fertilizar (Gráfico 5.26).

Tabla 5.33. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el cobre, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
Cu	19.530	3	6.510	5.109	0.025

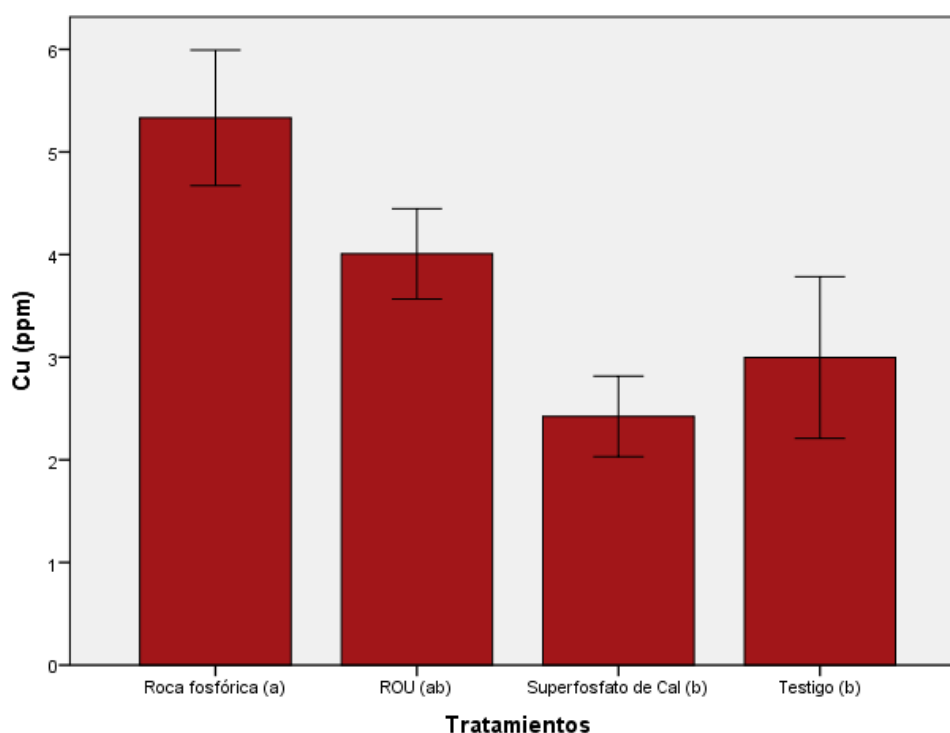


Gráfico 5.25. Contenido de cobre (ppm). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos con letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

El valor medio de cobre para los pastos abonados con ROU, fue inferior al indicado por González (2014) (6.10 ppm), similar a los indicados por Hernández (2012) (4.4 ppm) y por Gil (2012) (3.2 ppm) para pastos de Teno y similar al indicado por Báez et al. (2011) (4.3 ppm) para praderas tratadas con purines.

Los suelos que fueron fertilizados con roca fosfórica proporcionaron pastos con un contenido medio de cobre inferior al citado por China et al. (2007) (11.5 ppm), similar al citado por González (2014) (5.35 ppm), y superior al citado por Gil (2012) (2.1 ppm). Los suelos fertilizados con superfosfato de cal presentaron un contenido medio similar al obtenido por González (2014) (3.52 ppm) y al obtenido por Hernández (2012) (3.1 ppm).

Las concentraciones de cobre halladas en pastos de todos los tratamientos fueron inferiores a 6 ppm, límite inferior del intervalo (6-16 ppm) citado por McDowell (1985) como aceptable para la alimentación de rumiantes.

5.6.1.8 Zinc

La mayor concentración media de zinc se analizó en pastos cosechados en los suelos fertilizados con ROU (Tabla 5.37), aunque no fue muy superior a la analizada en pastos de los demás tratamientos (Gráfico 5.27).

Tabla 5.34. Contenido de zinc (ppm). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P>0.05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
Zn(ppm)	38.86±4.38	37.64±3.23	35.12±2.37	45.42±2.21

El ANOVA realizado para establecer las posibles diferencias entre tratamientos, y que se resume en la tabla 5.38, confirma lo anteriormente comentado.

Tabla 5.35. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el zinc, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
Zn	231.436	3	77.145	1.598	0.257

En el Gráfico 5.27 se aprecia que los pastos producidos en las unidades experimentales que no fueron fertilizadas (testigos), presentan una mayor

variabilidad en cuanto a su contenido en zinc, que los producidos en las que si fueron fertilizadas.

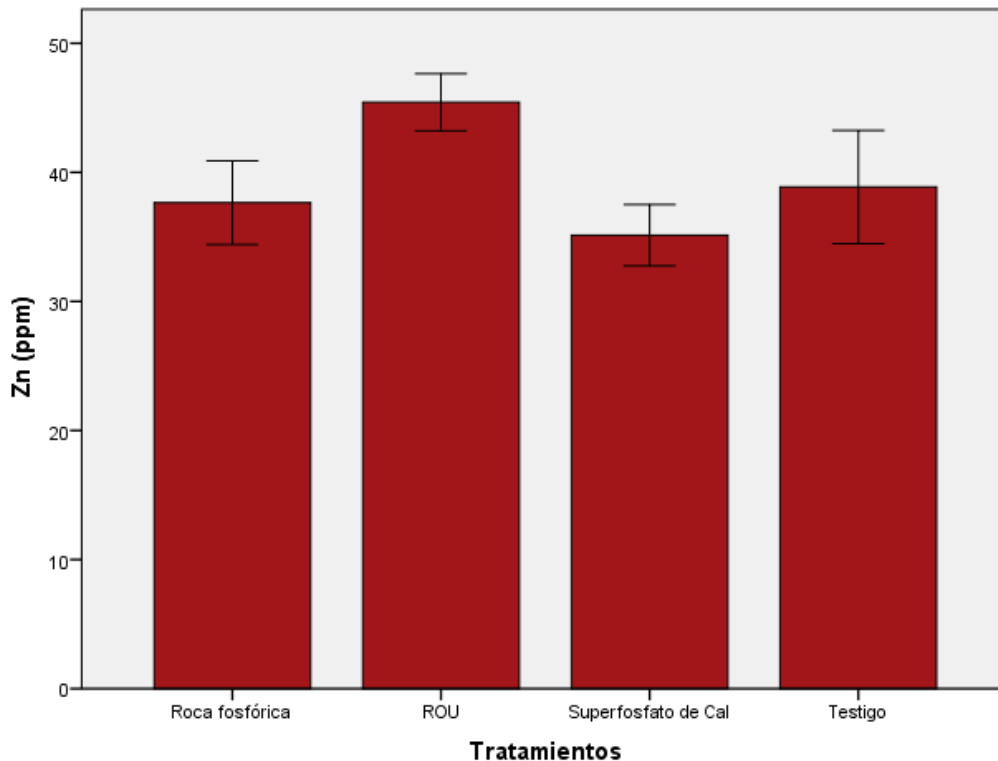


Gráfico 5.26. Contenido de zinc (ppm). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P>0.05$).

La concentración más alta de zinc se analizó en los pastos abonados con ROU, debido quizás al contenido en zinc de esta enmienda (338.67 ppm) (Apéndice 9.6). En cualquier caso, fue inferior a la señalada por González (2014) (55 ppm).

Los pastos fertilizadas con superfosfato de cal, fueron los que presentaron el valor medio más bajo de zinc (aunque las diferencia no fueron significativas), inferior incluso al señalado por González (2014) (42 ppm), y superior al citado por Gil (2012) (25 ppm).

En cuanto a las parcelas tratadas con roca fosfórica, se constata que la concentración de zinc analizada en los pastos, fue inferior a las señaladas por González (2014) (50 ppm) y por Alarcón (2006) (86.16 ppm), y superior a las

señaladas por García (2006) (21.86 ppm) y por Gil (2012) (29 ppm). Todas ellas analizadas en pastos de Teno fertilizados con roca fosfórica.

Se puede afirmar que, el contenido de zinc de los pastos cosechados en las distintas unidades experimentales, se situó dentro del intervalo considerado adecuado para la alimentación de rumiantes (20-40 ppm) (McDowell, 2005).

5.6.1.9 Manganeso

El mayor contenido de manganeso correspondió al pasto de las parcelas tratadas con superfosfato de cal (Tabla 5.39), mientras que el menor contenido correspondió al pasto de las parcelas “testigo”.

Tabla 5.36. Contenido de manganeso (ppm). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P>0.05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
Mn(ppm)	20.76±2.39	31.97±3.44	44.51±14.24	25.36±2.46

A pesar de que las diferencias entre algunas de las concentraciones medias mencionadas parecen importantes, el ANOVA realizado muestra, que éstas, no son significativas ($P>0.05$) (Tabla 5.40).

Tabla 5.37. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el manganeso, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
Mn	0.181	3	0.060	3.536	0.061

En este caso cabe señalar la importante variabilidad (error estándar) que presentan las muestras fertilizadas con superfosfato de cal (Grafico 5.28), y que quizás sea la responsable de que la concentración media resulte tan elevada, y de que las diferencias observadas no se puedan confirmar desde un punto de vista estadístico ($P>0.05$)

La concentración media de manganeso analizada en los pastos de los suelos “testigo”, de los fertilizados con roca fosfórica, y de los fertilizados con ROU, fue inferior a la citada por González (2014) para los mismo tratamientos (33, 44 y 37 ppm respectivamente), y sin embargo, la analizada en pastos fertilizados con superfosfato de cal, fue superior. Lo mismo ocurre con los valores aportados

por Gil (2012) (40, 75 y 40 ppm para testigo, roca fosfórica y ROU respectivamente).

El valor medio de manganeso para los pastos fertilizados con roca fosfórica es inferior al citado por Ruano-Ramos et al. (1994) (40 ppm) para pastos semiáridos de Salamanca, inferior al citado por Báez et al. (2011) (141 ppm) para praderas fertilizadas con purines, y similar al analizado por China et al. (2007) (32 ppm) en pastos de Teno fertilizados con abono ecológico.

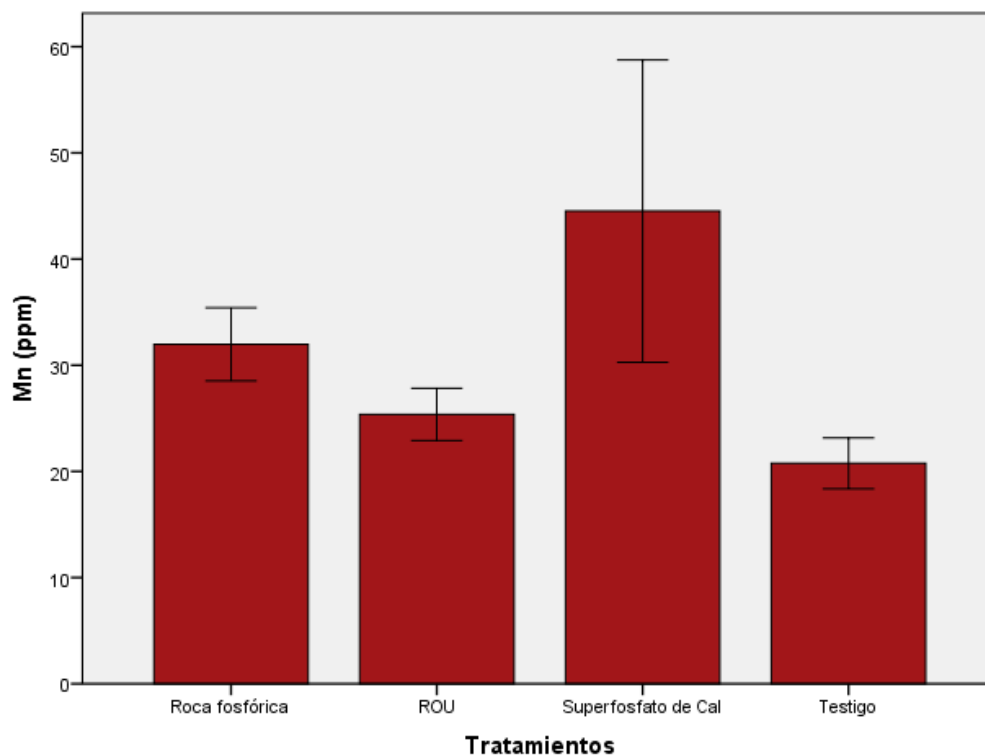


Gráfico 5.27. Contenido de manganeso (ppm). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P>0.05$).

Los contenidos medios de manganeso de los pastos obtenidos en las diferentes unidades experimentales (tratamientos) se encuentran dentro del intervalo recomendado por McDowell et al. (2005) (20-40 ppm) para la alimentación del ganado rumiante.

5.6.2 Fracción orgánica

5.6.2.1 Proteína bruta

El mayor contenido en proteína bruta (PB) se determinó en el pasto fertilizado con superfosfato de cal, mientras que los menores se determinaron en el pasto fertilizado con roca fosfórica, y en el fertilizado con ROU (Tabla 5.41).

Tabla 5.38. Contenido de proteína bruta (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
%PB	6.66±0.42(b)	5.84±0.69(b)	8.61±0.57(a)	5.83±0.137(b)

El ANOVA realizado (Tabla 5.42) confirma que las diferencias mencionadas entre tratamientos son significativas ($P \leq 0.05$), y que esencialmente se encuentran, entre los pastos fertilizados con superfosfato de cal, y los pastos fertilizados con otras enmiendas (Gráfico 5.29).

Tabla 5.39. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el porcentaje de proteína bruta, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
PB	20.586	3	6.862	5.677	0.018

Teniendo en cuenta que los suelos tratados con superfosfato de cal fueron los que proporcionaron pastos con una mayor proporción de leguminosas (9.71%), se puede explicar el alto valor de PB en este tratamiento, tal y como afirma Fernández-Montañés (1995) en pastos de Teno, quien relaciona los niveles de proteína bruta con el contenido de leguminosas en los pastos.

Los pastos producidos en las parcelas testigo, las tratadas con superfosfato de cal, y las fertilizadas con ROU, presentaron valores de PB superiores a los citados por González (2014) (4.65%, 5.36% y 5.83% respectivamente), mientras que los producidos en los suelos tratados con roca fosfórica, presentaron un valor inferior (González, 2014) (7.37%). Por el contrario, el contenido de PB analizado por Gil (2012) en pastos de las parcelas testigo, de las fertilizadas con roca fosfórica y de las fertilizadas con ROU, fue similar (5.2%, 6.3% y 5.7% respectivamente), e inferior al analizado en pastos de las parcelas fertilizadas con superfosfato de cal (6.1%).

Tanto los valores analizados en pastos fertilizados con roca fosfórica, como en pastos fertilizados con superfosfato de cal, son inferiores a los citados por China et al. (2007) (11.2 % para roca fosfórica y 9.7 % para superfosfato de cal) para pastos de Teno con los mismos tratamientos.

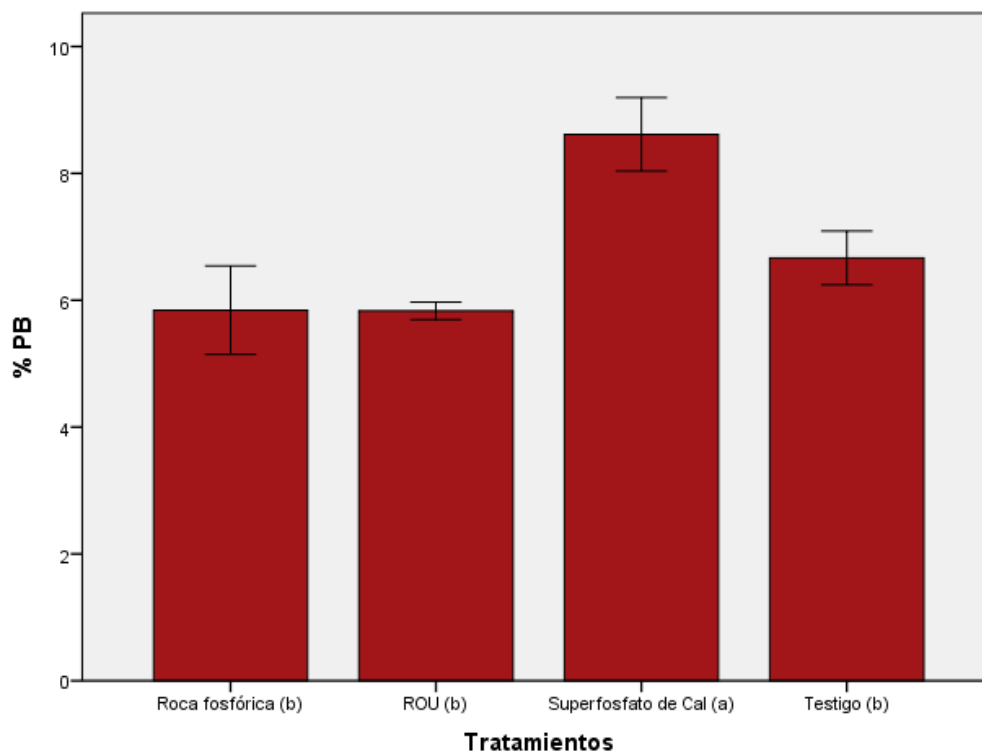


Gráfico 5.28. Contenido de Proteína Bruta (% Materia Seca). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

Las necesidades nutritivas de PB para diferentes especies de rumiantes oscilan entre el 7 y el 20% (McDowell, 2005). Dado que los pastos analizados presentaron valores ligeramente inferiores a los comprendidos en este intervalo, podría ser recomendable aumentar esta proporción, complementando la alimentación del ganado con un aporte adicional de PB. Exceptuando los pastos fertilizados con superfosfato de cal, el contenido de PB fue inferior al recomendado por Olea et al. (2003) (6.9%) para pastos de la Dehesa extremeña.

5.6.2.2 Fibra Neutra Detergente (FND)

Los pastos producidos en todas las unidades experimentales (tratamientos) presentaron valores similares de FND (Tabla 5.43).

Tabla 5.40. Contenido de FND (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P \leq 0,05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
%FND	50.92±0.544(ab)	52.91±1.12(a)	47.58±1.45(c)	47.96±1.45(bc)

Sin embargo, y a pesar de que las diferencias observadas entre tratamientos fueron aparentemente pequeñas, resultaron ser, desde un punto de vista estadístico, significativas ($P \leq 0.05$) (Tabla 5.44).

Tabla 5.41. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la FND, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
FND	76.965	3	25.655	6.878	0.011

En relación a este parámetro (FND), se observan diferencias significativas entre los pastos abonados con roca fosfórica y los abonados con superfosfato de cal, y no se observan entre los no abonados (testigos), y los abonados tanto con roca fosfórica como con ROU (Gráfico 5.30)

El porcentaje de FND de los pastos no abonados (testigos), y el de los abonados con roca fosfórica, es similar a los señalados por González (2014) (54% y 52% respectivamente), pero el de los abonados con superfosfato de cal, y el de los abonados con ROU, es superior. Los pastos cosechados en las parcelas fertilizadas con ROU y en las fertilizadas con superfosfato de cal, presentan valores de FND muy similares a los citados por Chinea et al. (2007) (47% y 46 %, respectivamente).

El porcentaje de FND de los pastos que no se fertilizaron y el de los fertilizados con roca fosfórica, es ligeramente superior al indicado por García-Criado et al. (1986) (49%) para alfalfa deshidratada. El porcentaje de FND de los pastos abonados con superfosfato de cal y el de los abonados con ROU, es similar.

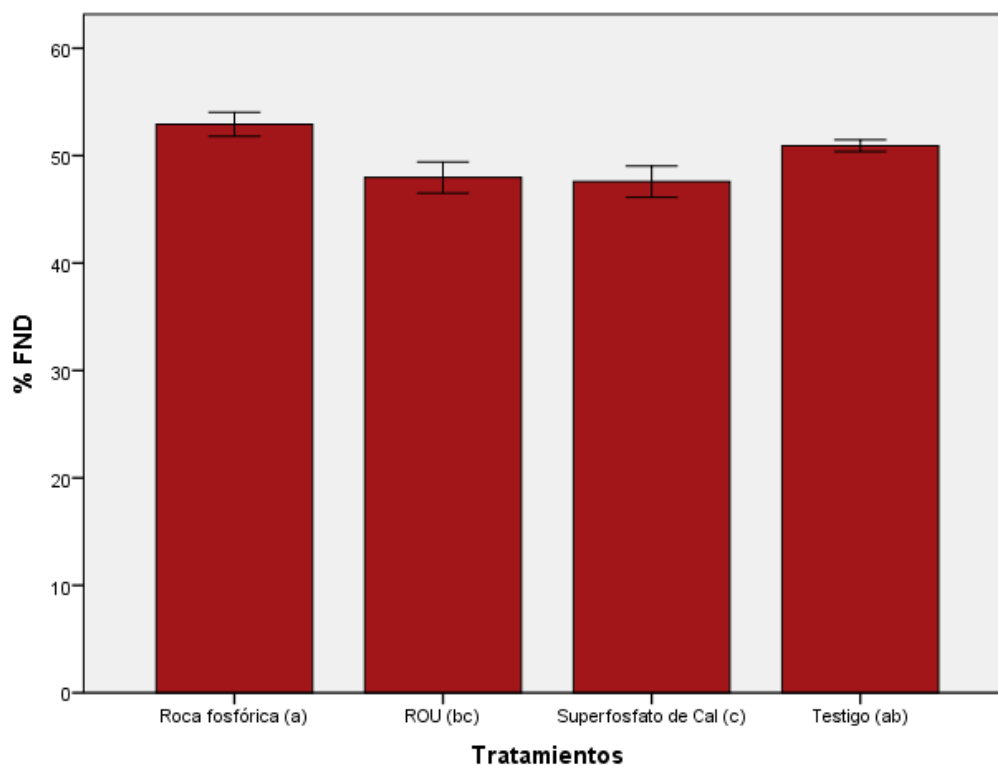


Gráfico 5.29. Contenido de FND (% Materia Seca). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

Finalmente, el porcentaje de FND en pastos de todos los tratamientos se sitúa por debajo del valor citado por SIA (2011) (74%) para la paja de trigo.

5.6.2.3 Fibra ácido detergente (FAD)

En la tabla 5.45 se muestra el porcentaje medio de fibra ácido detergente (FAD) determinada en los pastos cosechados en cada tratamiento.

Tabla 5.42. Contenido de FAD (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
%FAD	38.52±0.62(b)	38.87±1.19(b)	42.52±1.25(a)	36.60±0.62(b)

Aunque los valores de FAD son muy similares para todos los tratamientos, el ANOVA realizado indica que las diferencias observadas son significativas ($P \leq 0.05$) (Tabla 5.46), siendo, los pastos de los suelos tratados con superfosfato de cal, los que presentaron un nivel de FAD más elevado (Gráfico 5.31).

Tabla 5.43. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la FAD, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
FAD	73.277	3	24.426	12.190	0.002

El porcentaje de FAD de todos los pastos analizados fue similar al obtenido por González (2014) para el testigo, la roca fosfórica y el superfosfato de cal (41, 39 y 42% respectivamente), aunque inferior al obtenido para el ROU (45%). Los datos citados por Hernández (2012) también fueron similares (42, 42 y 41 y 39% para el testigo, la roca fosfórica, el superfosfato de cal y el ROU respectivamente). La FAD analizada en tres de los cuatro tratamientos (excepto el de superfosfato de cal), es comparable con la analizada por Chinaea (2007) en pastos sin fertilizar de la misma zona (37%).

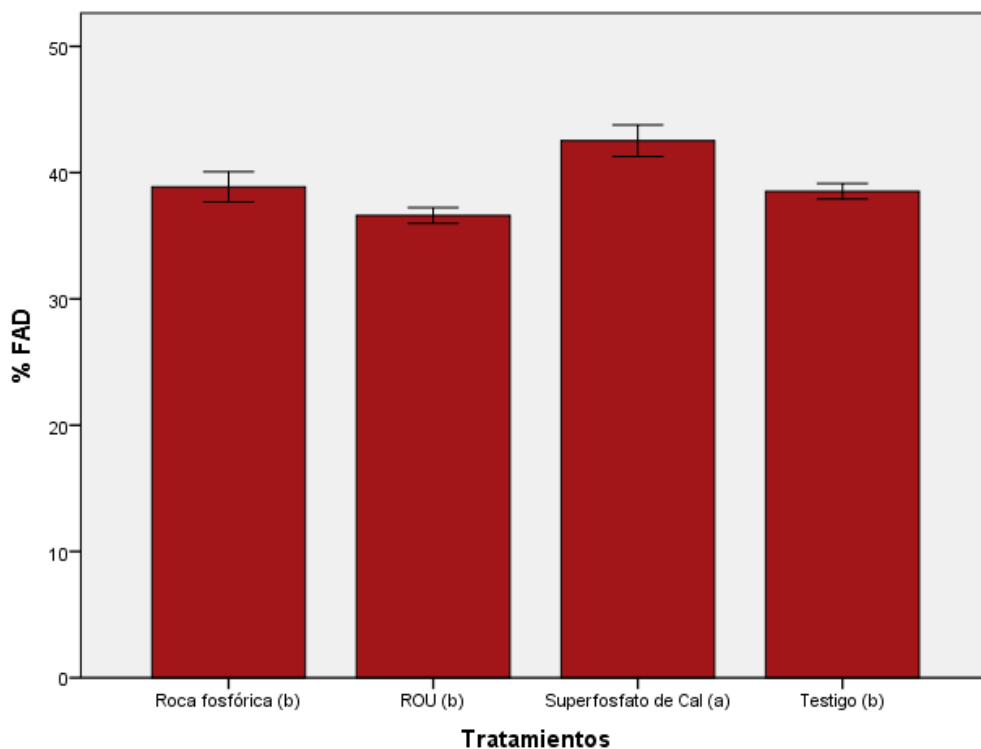


Gráfico 5.30. Contenido de FAD (% Materia Seca). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

Los valores de FAD hallados en este ensayo fueron superiores a los citados por Fernández-Montañés (1995) para pastos de la Meseta de Teno, donde el

porcentaje medio fue del 27.50%, y similares también al valor de referencia aportado por García-Criado et al. (1986) (37%) para alfalfa deshidratada.

5.6.2.4 Celulosa (CAD)

En la Tabla 5.47 se muestra el contenido medio de celulosa (CAD) de los pastos analizados en cada una de las unidades experimentales estudiadas en este ensayo. Como se puede apreciar, los porcentajes varían muy poco de un tratamiento a otro.

Tabla 5.44. Contenido de CAD (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P>0,05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
%CAD	31.95±1.81	28.68±2.97	33.86±0.71	29.34±0.54

El ANOVA realizado (Tabla 5.48) confirma la no existencia de diferencias significativas entre tratamientos ($P>0.05$).

Tabla 5.45. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la CAD, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
CAD	68.838	3	22.946	1.447	0.293

Los porcentajes de CAD son similares a los obtenidos por González (2014) (31, 31, 34 y 35% para el testigo, la roca fosfórica, el superfosfato de cal y el ROU), ligeramente superiores a los señalados por Hernández (2012) (26,27,25 y 27% respectivamente) para pastizales de la Meseta de Teno fertilizados con los mismos abonos, y similares también a los señalados por Gil (2012) (29, 28, 30 y 28% para el testigo, la roca fosfórica, el superfosfato de cal y el ROU respectivamente), también para pastos de Teno. Sin embargo, el valor medio de celulosa para el tratamiento “testigo” y para el tratamiento con roca fosfórica, es superior a los citados por China et al. (2007) (23% y 22% respectivamente), mientras que el valor obtenido para el ROU, es similar al citado por el mismo autor (26%), para pastos de Teno fertilizados con el mismo tratamiento.

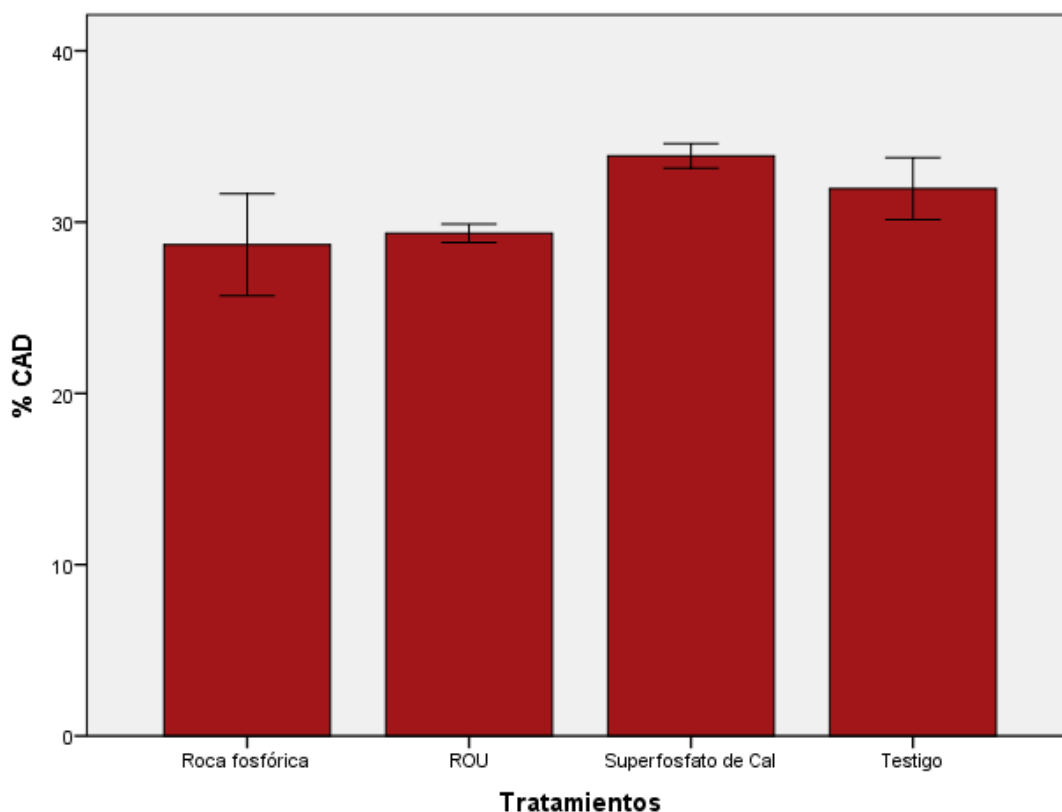


Gráfico 5.31. Contenido de CAD (% Materia Seca). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P>0.05$).

Hay que destacar que el porcentaje de celulosa, a pesar de su interés por el aporte de fibra, no debe ser excesivamente alta, ya que afecta negativamente a la digestibilidad (Van Soest., 1982).

Los porcentajes de celulosa analizados en los pastos cosechados en todos los tratamientos, se sitúan cerca del valor señalado por García-Criado et al. (1986) (29%) para alfalfa, excepto en el tratamiento con superfosfato de cal, que es ligeramente superior.

5.6.2.5 Hemicelulosa

Las unidades experimentales tratadas con superfosfato de cal fueron las que proporcionaron el pasto con menor contenido en hemicelulosa (Tabla 5.49), mientras que el suelo tratado con roca fosfórica, fue el que lo proporcionó con mayor contenido, aunque similar al de los pastos que crecieron en suelo sin fertilizar y en suelo fertilizado con ROU (Gráfico 5.33).

Tabla 5.46. Contenido de hemicelulosa (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
%Hemicelulosa	12.39±0.34(a)	14.04±1.26(a)	5.05±0.41(b)	11.36±1.91(a)

En la Tabla 5.50 (ANOVA), se observa como el contenido en hemicelulosa presentó diferencias muy significativas entre tratamientos ($P \leq 0.01$), siendo los suelos tratados con superfosfato de cal, los que se diferenciaron de los demás.

Tabla 5.47. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para hemicelulosa, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
Hemicelulosa	185.254	3	61.751	8.925	0.005

El tratamiento con superfosfato de cal y el tratamiento con roca fosfórica, presentaron contenidos inferiores a los señalados por Pérez (1992) en pastizales semiáridos de la provincia de Salamanca, siendo su valor para zonas bajas del 19.7%. La diferencia anterior puede ser debida a las condiciones ambientales de la dehesa, ya que son muy severas, y esto provoca cambios en la composición del pastizal e incrementos de las proporciones de la pared en el vegetal (Deinum y Dirven, 1976).

El porcentaje de hemicelulosa obtenido en todos los tratamientos, salvo el de superfosfato de cal (que fue superior), fue inferior a los obtenidos por González (2014) (13, 13, 17 y 14% para el testigo, la roca fosfórica, el superfosfato de cal y el ROU) para pastos de Teno.

El porcentaje medio de hemicelulosa en los pastos fertilizados con superfosfato de cal fue inferior a los indicados por Gil (2012) (14.8%) y por Chinae et al. (2007) (11%) en pastizales de Teno. Por otro lado, los valores obtenidos en los tratamientos con roca fosfórica y con ROU fueron similares a los citados por Chinae et al. (2007) (13.8% y 13.4% respectivamente) en pastos de Teno fertilizados con el mismo tipo de enmienda.

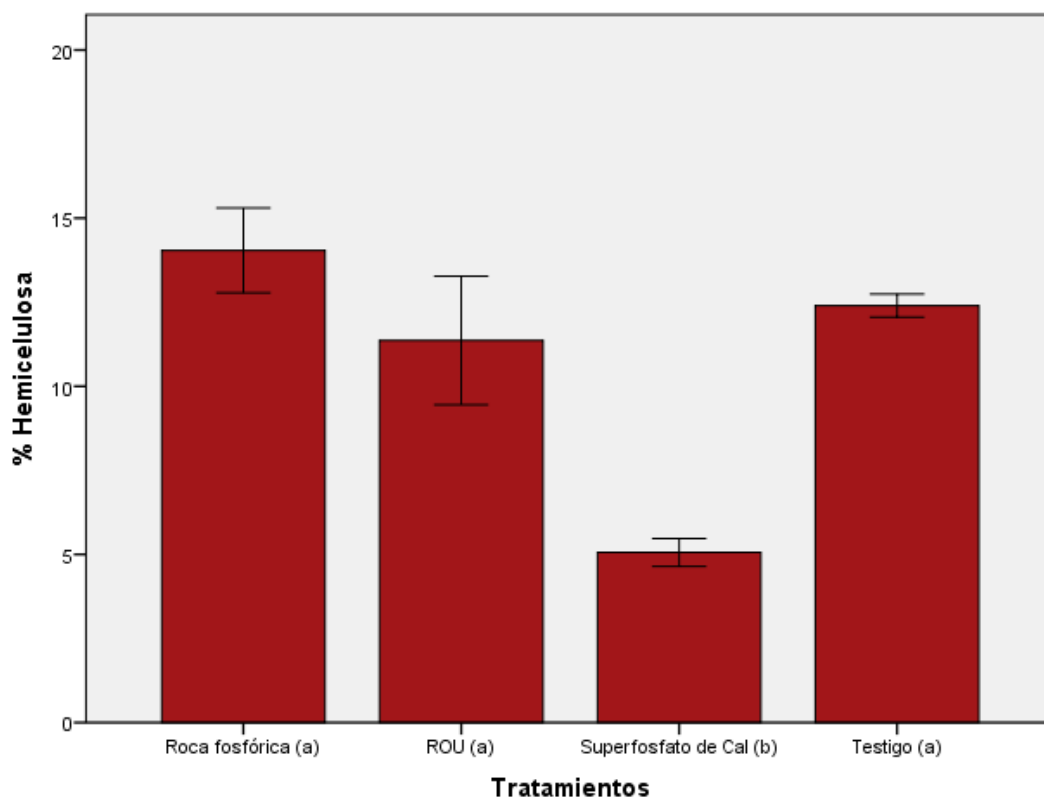


Gráfico 5.32. Contenido de hemicelulosa (% materia seca). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos seguidos por letras diferentes muestran diferencias significativas (test DMS, $P \leq 0.05$).

Los valores hallados en este estudio para cualquiera de los tratamientos se situaron por debajo del valor medio citado por Fernández-Montañés (1995) (24%), pero fueron adecuados, y muy próximos a los citados por García-Criado et al. (1986) para la alfalfa deshidratada, en la que varían entre un 3.64 y 21%.

5.6.2.6 Lignina (LAD)

El porcentaje más alto de lignina se determinó en los pastos del tratamiento “testigo”, mientras que el mínimo se determinó en los pastos fertilizados con ROU (Tabla 5.51).

Tabla 5.48. Contenido de LAD (%). Valores medios por tratamiento (n=4) y error típico de la media. Los tratamientos estudiados no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$)

	Testigo	Roca fosfórica	Superfosfato de Cal	ROU
%LAD	7.27±1.52	6.23±0.47	6.17±0.24	5.83±0.23

En la Tabla 5.52 se muestra un resumen del ANOVA realizado entre tratamientos, del que se desprende que las diferencias encontradas no fueron significativas ($P>0,05$) (Gráfico 5.34).

Tabla 5.49. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) realizado para LAD, por tratamientos (testigo, roca fosfórica, superfosfato de cal y ROU)

	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F	Sig
LAD	4.661	3	1.554	0.543	0.665

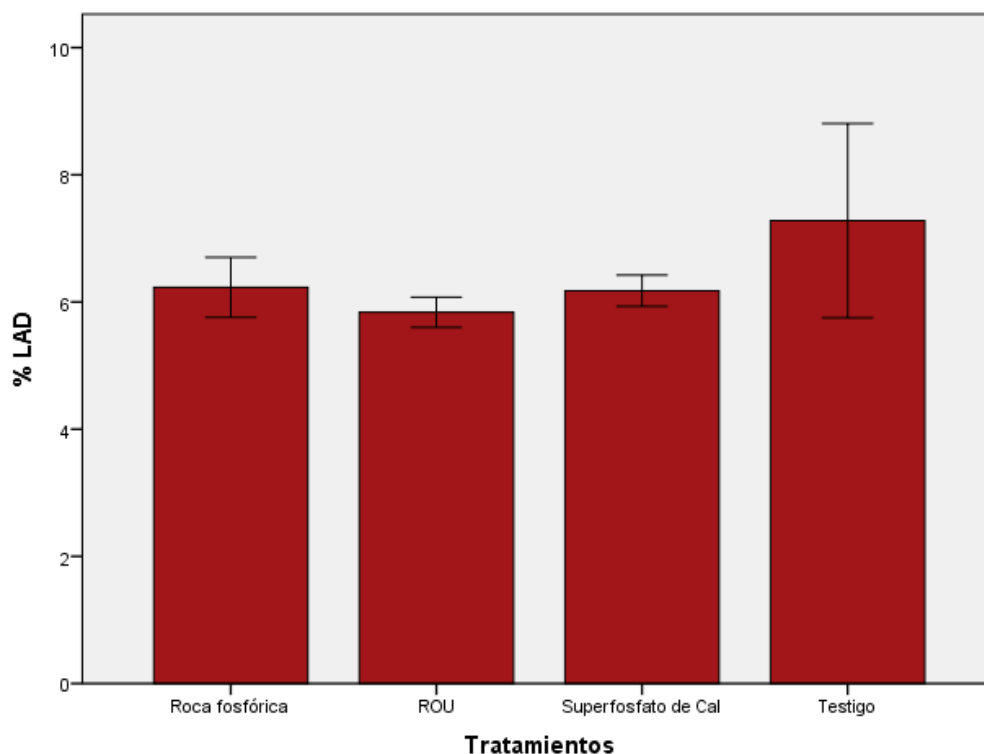


Gráfico 5.33. Contenido de Lignina (% Materia Seca). Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media. Los tratamientos no muestran diferencias significativas ($P>0.05$).

Los porcentajes de LAD son similares a los que señala González (2014) (7.67, 6.17, 6.18, 7.79% para el testigo, para la roca fosfórica, para el superfosfato de cal y para el ROU respectivamente) en pastizales de Teno.

El valor medio de la LAD de los pastos cosechados en las parcelas testigo, fue similar al citado por Dendoum et al. (2010) (7.7%) en un estudio sobre la composición química en esparceta, y superior al señalado por Santamaría et al. (2011) (2.3%) en prados sin fertilizar en una dehesa de Extremadura.

El tratamiento ROU presentó un contenido de lignina similar al presentado por Santamaría et al (2011) (5.1%) para un pasto natural fertilizado con tratamientos a base de potasio y fósforo. Además, es inferior al citado por China et al. (2007) para pastos de Teno fertilizados con ROU (9.4%).

Por otro lado, los valores tanto para el superfosfato de cal como para la roca fosfórica se sitúan por debajo de los valores citados por China et al. (2007) (8.9% y 9.5% respectivamente) para pastos de Teno.

Comparado el valor de lignina obtenido en cada tratamiento con el que tuvo la alfalfa deshidratada, se puede afirmar que el forraje tuvo cantidades adecuadas de este componente de la pared celular. García-Criado et al. (1986) encontró en la alfalfa deshidratada valores medios de 8.06%, oscilando entre 3.72% y 15.30%.

5.7 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (PCA) permite reducir el número de variables de un experimento, creando otras nuevas, que son combinación lineal de las anteriores, y que explican un determinado porcentaje de la variabilidad total. En este trabajo, las variables de interés se han separado en dos grupos, las relacionadas con la fertilidad del suelo, y las relacionadas con la calidad de los pastos, y cada uno de estos grupos, se ha estudiado por separado. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

5.7.1 Variables relacionadas con la fertilidad de los suelos

En este caso, con tan solo dos factores (ejes I y II), el modelo permite explicar un 71% de la variabilidad total. En el Gráfico 5.35 se observa como en el eje I, las variables que tienen un mayor peso (en valor absoluto) son, en orden decreciente, pH, Zn, K, Mn, Cu, Mg y materia orgánica (MO); mientras que en el eje II, las que tienen un mayor peso son conductividad eléctrica (CE) y concentración de Na.

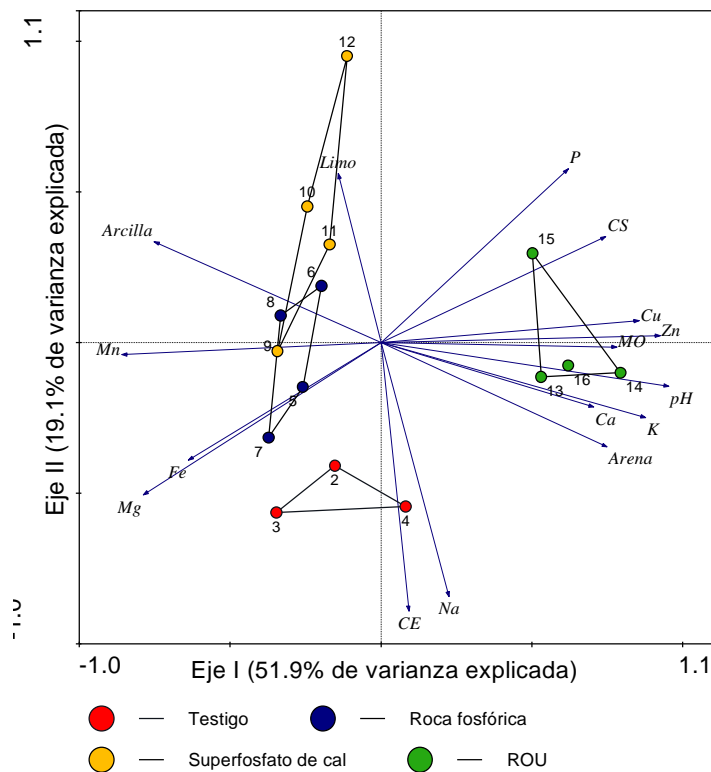


Gráfico 5.34. Representación de muestras y variables (relacionadas con la fertilidad del suelo), en función de sus puntuaciones, respecto a dos ejes principales (PC).

Se observa que hay tres grupos diferenciados de muestras, las “testigo”, que se agrupan en el semieje II negativo, las tratadas con ROU, que se agrupan el semieje I positivo, y las demás (roca fosfórica y superfosfato de cal), que se distribuyen por el cuadrante superior izquierdo del gráfico.

El primer grupo se caracteriza por su alta conductividad y su alta concentración de Na, y el segundo, por el pH, la concentración de micronutrientes (alta concentración de Zn y Cu, y baja de Mn) y la concentración de K, Ca y MO. Señalar que Cu, Zn, MO y Mn se encuentran estrechamente correlacionados y, en menor medida, el pH, lo que permite suponer que la fertilización con ROU influye directamente sobre el pH y la MO, y, estos, a su vez, sobre la disponibilidad de micronutrientes.

5.7.2 Variables relacionadas con la calidad de los pastos

En el Gráfico 5.36 se representan las muestras de pasto cosechadas en las distintas unidades experimentales, y las variables relacionadas con la calidad de

los mismos, en función de las puntuaciones obtenidas en el análisis de componentes principales (PCA), con respecto a los ejes I y II (factores).

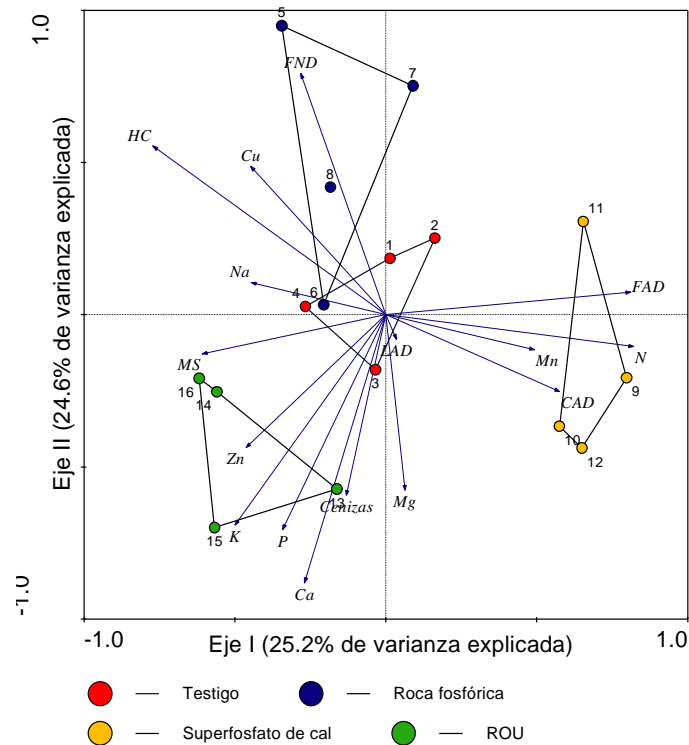


Gráfico 5.35. Representación de muestras y variables (relacionadas con la calidad de los pastos), en función de sus puntuaciones, respecto a dos ejes principales (PC).

En este caso, los ejes I y II consiguen explicar un 49.8% de la variabilidad total, siendo las variables fibra ácido detergente (FAD), N, materia seca (MS), y en menor medida, celulosa (CAD), las que tienen un mayor peso en el eje I; mientras que fibra neutro detergente (FND), Ca, y en menor medida P y K, son las que tienen un mayor peso en el eje II. Se diferencian cuatro grupos de muestras, que se corresponden con cada uno de los tratamientos aplicados. Cabe suponer que, al menos en este ensayo, la fertilización con superfosfato de cal favoreció el contenido en FAD, CAD y N (directamente relacionado con la proteína bruta), es decir, la fracción orgánica del pasto, mientras que la fertilización con ROU, favoreció el contenido en Ca, P, K y Zn, es decir, la fracción inorgánica.

Conclusiones

1. Las parcelas fertilizadas con residuos orgánicos urbanos (ROU), alcanzaron los valores más elevados de pH, materia orgánica, potasio, calcio, magnesio, cobre y zinc en el suelo, poniéndose de manifiesto diferencias con el resto de los tratamientos, que fueron estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$).
2. La concentración más elevada de fósforo asimilable, se analizó en las parcelas fertilizadas con ROU. Las diferencias con respecto a las parcelas fertilizadas con roca fosfórica y a las “testigo”, fueron significativas ($P \leq 0.05$), pero no con respecto a las fertilizadas con superfosfato de cal.
3. El fertilizante ROU fue el que favoreció las mejoras más importantes en cuanto a las propiedades físico-químicas del suelo de las unidades experimentales estudiadas.
4. El nivel más bajo de conductividad eléctrica se obtuvo en el tratamiento superfosfato de cal. Este tratamiento presentó la concentración más baja de sodio
5. El porcentaje de materia seca está directamente relacionado con la composición botánica. De los resultados obtenidos se desprende que los mayores porcentajes de materia seca se alcanzaron con el tratamiento ROU, en el que se obtuvo el porcentaje más alto de gramíneas.
6. El fertilizante ROU favoreció una mayor concentración de fósforo en el pasto, presentando diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos. De igual modo, favoreció el contenido de potasio, calcio y zinc.
7. No se encontró correlación entre el fósforo asimilable en el suelo y los niveles de fósforo foliar para los distintos tratamientos.

8. Los resultados obtenidos muestran, que las concentraciones de potasio, sodio, calcio, zinc y manganeso foliar, analizadas en los pastos, son adecuados para alimentación de pequeños rumiantes.
9. La mayor producción se obtuvo en los suelos tratados con superfosfato de cal, así como la mayor cantidad de proteína bruta y FAD, estableciéndose diferencias significativas con el resto de tratamientos. Las unidades experimentales tratadas con roca fosfórica y superfosfato de cal mostraron un forraje rico en celulosa y pobre en lignina. Además, en general, proporcionaron pastos con bajo contenido en proteína.
10. La composición florística de los pastos obtenidos con cualquiera de los tratamientos fertilizantes, parece indicar que, al menos en este aspecto, los pastos no fueron de buena calidad.

Debido a la lenta asimilación de los tratamientos, y el enorme interés que el estudio de los pastos tiene para la ganadería en Canarias, creemos que sería muy interesante continuar con este estudio a fin de evaluar la mejora del forraje en el tiempo, y confirmar los resultados que se han ido obteniendo hasta el momento.

Conclusions

1. The plots fertilized with urban organic waste (ROU), reached the highest values of pH, organic matter, potassium, calcium, magnesium, copper and zinc in the soil, becoming clear differences with the other treatments, which were statistically significant ($P \leq 0.05$).
2. The highest concentration of available phosphorus was analysed in plots fertilized with ROU. The differences from plots fertilized with phosphate rock and "witness" were significant ($P \leq 0.05$), but not with respect to the fertilized with superphosphate of lime.
3. The fertilizer was ROU favouring the most in terms of physic-chemical soil of improved properties studied experimental units.
4. The lowest level of electrical conductivity was obtained superphosphate of lime treatment. This treatment had the lowest concentration of sodium.
5. The percentage of dry matter is directly related to the botanical composition. From the results it follows that the highest percentages of dry matter was reached with the ROU treatment, in which the highest percentage was obtained grasses.
6. ROU fertilizer favoured a higher concentration of phosphorus in the grass, showing significant differences from other treatments. Similarly, he favoured the potassium, calcium and zinc.
7. No correlation between assailable phosphorus in soil and foliar phosphorus levels for the different treatments was found.
8. The results show that the concentrations of potassium, sodium, calcium, zinc and manganese foliar, analysed on pasture, are suitable for feeding young ruminants.
9. Increased production as much crude protein and FAD was obtained in patients treated with superphosphate lime soils as well as, establishing significant differences with the other treatments. The experimental units

treated with rock phosphate and superphosphate lime rich forage showed poor cellulose and lignin. Moreover, in general, they provided low pastures protein.

10. The floristic composition of the pastures obtained with any of the fertilizer treatments, suggests that, at least in this aspect, the pastures were not of good quality.

Due to the slow uptake of treatments, and the huge interest that the study of pasture for livestock has in the Canaries, we believe it would be very interesting to continue this study to evaluate the improvement of fodder in time, and confirm results that have been obtained so far.

Bibliografía

-AGROCABILDO. 2015. **AgroMeteorología, Estación Meteorológica.** Clima en Buenavista del Norte, El Palmar [en línea]. En <http://www.agrocabildo.org/> [Consultado: mayo de 2014].

-ACEBES GINOVÉS, JR., LEÓN ARENCIBIA, MC., RODRÍGUEZ NAVARRO, M.L., DEL ARCO AGUILAR, M., GARCÍA GALLO, A., PÉREZ DE PAZ, P.L, RODRÍGUEZ DELGADO, O., MARTÍN OSORIO, V.E., WILDPRET DE LA TORRE, W. 2010. Pteridophyta, Spermatophyta. En: Arachavaleta, M., Rodríguez, S., Zurita, N., García, A. (coord.) **Lista de especies silvestres de Canarias. Hongos, plantas y animales terrestres.** 2009. Gobierno de Canarias. Canarias (España). pp 119-172.

-ALARCÓN, T. 2006. **Efectos de la fertilización en la composición química y florística de Teno Alto.** Trabajo Fin de Carrera. Director:Chinea, E. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (Sección Agraria). Universidad de La Laguna.

-ÁLVAREZ-ALONSO, A. 1976. **La organización del espacio cultivado en la comarca de Daute.** Instituto de estudios Canarios. Universidad de La Laguna.

-ARAÑA, V. Y J.C. CARRACEDO. 1978. **Los volcanes de las Islas Canarias (Canarian Volcanoes) I.-Tenerife.** Editorial Rueda. Madrid. 151 p.

-BÁEZ, M. D., A. LOURO, J.F. CASTRO Y M.I. GARCÍA. 2011. **Propiedades químicas y concentración de metales pesados en el suelo y planta tras el aporte de purines en praderas.** En López-Carrasco, C., M.P. Rodríguez, A. San Miguel, F. Fernández y S.Roig (eds.). Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP). Toledo. pp 207-213.

-BARQUÍN, E. Y E. CHINEA. 1991. **La Meseta de Teno, Tenerife (Canarias), estudio de un ecosistema singular, explotado mediante procedimientos tradicionales.** Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), 20-24 mayo, Murcia. p 384-388.

-BARQUÍN, E., E. CHINEA Y R. MESA. 1992a. **El pastoreo en la Meseta de Teno (Tenerife, Islas Canarias, España).** IX Seminario Científico Nacional y I Hispanoamericano de Pastos y Forrajes de la Estación Experimental "Indio Hatuey". 3-6 marzo, Matanzas. Cuba. 185 p.

-BARQUÍN, E., E. CHINEA Y R. MESA. 1992b. **Flora y vegetación de la Meseta de Teno (Tenerife, Islas Canarias, España). Las praderas.** Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), 1-5 junio, Pamplona. p 83-87.

-BARQUÍN, E., E. CHINEA Y R. MESA. 1993. Explotación agropecuaria de la Meseta de Teno. *Agricultura*, 726: pp 31-34.

-B.O.C. 1897. Ley 12/1987, de 19 de junio, de Declaración de Espacios Naturales de Canarias. *Boletín Oficial de la Provincia de S/C de Tenerife*, nº85.

-B.O.C. 1994. Ley 12/1994, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias. *Boletín Oficial de la Provincia de S/C de Tenerife*, nº157.

-B.O.C. 2000. Decreto 309/1999, de 19 de noviembre, por el que se aprueba el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Rural de Teno *Boletín Oficial de la Provincia de S/C de Tenerife*, nº1.

- BÖCKMAN, O. C., O. KAARSTAD, O. H. LIE E I. RICHARDS. 1993. **Agricultura y fertilizantes. Fertilizantes en perspectiva.** Hydro agri, Norks Hydro a.s. Oslo. Noruega. 265 p.

-CACHO, E.M., B. ASENJO, J.R. ALLUÉ Y J. CIRIA. 1998. **Efecto de la fertilización en la producción y composición florística en un pastizal de media montaña en Navalcaballo (Soria).** Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP). Soria. pp 129-132.

-CASTELO-BLANCO, M. A., I. SARAIVA, M.G. SERRAO, A. GUERREIRO, M.L. FERNANDES, J.C. MARTINS, A. VARELA, F.P. PIRES Y A. DORDIO. 2010. **Produção e compsição florística de pastagens naturais e semedas, no baixo Alentejo, por efeito de aplicação de lama residual urbana e da adubação e calagem.** En: Calleja, A., R. García, A. Ruíz y R. Peláez (eds.). *Pastos: fuente natural de energía. Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, 3-6 mayo, Zamora-Miranda do Douro. pp 95-99.

-CHAMPMAN, H.P. Y J. V. PRATT. 1973. **Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas.** Editorial Trillas. México. 195 p.

-CHINEA, E. Y E. BARQUÍN. 1992. **Estudio de las propiedades físico-químicas de suelos de la Meseta de Teno (Parque Natural de Teno, Tenerife, Canarias).** *Agricultura*, 721: pp 694-698.

-CHINEA, E., E. BARQUÍN Y G. SALCEDO. 1993. **Las praderas de la Meseta de Teno (Isla de Tenerife). Suelos, Vegetación, producción, calidad y manejo.** En: Excma. Diputación Provincial de Ciudad Real (eds.). **Pastos y ganadería extensiva.** Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP).

29 marzo-2 abril, Ciudad Real. García, C., Consejería de Agricultura de Castilla-La Mancha. pp 285-291.

-CHINEA, E., E. BARQUÍN, C. AFONSO Y B. GARCÍA-CRIADO. 2001a. **Pastos de la Meseta de Teno, Tenerife. I. Características de los suelos.** Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), 23-27 abril, Alicante. pp 231-237.

-CHINEA, E., E. BARQUÍN, C. AFONSO Y R. BELTRÁN. 2001b. **Pastos de la Meseta de Teno, Tenerife. II. Calidad y producción.** Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), 23-27 abril, Alicante. pp 593-597.

-CHINEA, E., E. BARQUÍN, C. AFONSO, R. MESA Y B. GARCÍA-CRIADO. 2003. **Suelos y pastos de la Meseta del Parque Rural de Teno (Tenerife, Islas Canarias).** Revista de Facultad de Agronomía. Universidad de Zulia, Maracaibo (Venezuela). (20). pp 210-231.

-CHINEA, E., H.GARCÍA-ESTÉVEZ, T. ALARCÓN Y J.L. MORA. 2007. **Efectos de la fertilización en el suelo y pastizales de la Meseta de Teno, Tenerife. II.** En: SEEP (ed.). Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), 4-8 de junio, Vitoria-Gasteiz (Álava). pp 239-246.

-CHINEA, E, R. MESA, J. R. ARÉVALO Y E.BARQUÍN. 2004. **Cambios en la composición florística de un pastizal de Tenerife debido al aumento de carga caprina.** En: B. García-Criado., A. García-Ciudad, B. R. Vázquez-de-Aldana, I. Zabalgogezcoa (Eds.). **Pastos y Ganadería extensiva.** Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. 10-14 de mayo, Salamanca. pp 59-65.

-COMISIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDAFOLOGÍA Y AGROBIOLOGÍA "JOSÉ MARÍA ALBAREDA". 1973. **Determinación analítica en suelos. Normalización de Métodos.** An. Edafol. Agrobiol., 32. pp 1153-1172.

-DEINUM, B. Y J. G. P. DIRVEN. 1976. **Climate, nitrogen and grass. Comparisons of production and chemical composition of *Brachiaria ruziensis* and *Setaria sphacelata* growth at different temperatures.** J. Agri. Sci., 24:pp 67-78.

-DENDOU, D., I. DELGADO, F. MUÑOZ. 2010. **Efecto del corte sobre la producción de forraje y composición química de una colección de esparcetas (*Onobrychis viciifolia scop.*).** En: Calleja, A., R. García, A. Ruíz y R.

Peláez (eds.). Pastos: fuente natural de energía. Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes, 3-6 mayo, Zamora-Miranda do Douro. pp 253-258.

-DOMINGUEZ-VIVANCOS, A. 1989. **Tratado de fertilización**. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 601 p.

-FERNÁNDEZ-CALDAS, E., M. L. TEJEDOR-SALGUERO Y A. RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ. 1978. **Suelos de las Islas Canarias. Ecología, distribución, geografía y características**. Anuario de Estudios Atlánticos, 24.

-FERNÁNDEZ-CALDAS, E. Y M. L. TEJEDOR-SALGUERO. 1984. **Los suelos**. En: Afonso, L. **Geografía de Canarias**. Vol. I. Editorial Interinsular Canaria. 334 p.

-FERNÁNDEZ-CALDAS, E., M. L. TEJEDOR SALGUERO Y P. QUATIN. 1982. **Suelos de regiones volcánicas: Tenerife**. Colección Viera y Clavijo IV. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de La Laguna, CSIC. 250 p.

-FERNÁNDEZ-MONTAÑÉS, V. 1995. **Estudio agrológico de la Meseta de Teno**. Trabajo Fin de Carrera. Director: Chinea, E. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (Sección Agraria). Universidad de La Laguna.

-FERRERA, E. M., L. OLEA, F. J. VIGUERA Y M. J. POBLACIONES. 2005. **Mejora de los pastos naturales con aplicación de diversas fuentes fosfóricas y yeso en suelos de rañas y rañizos en el este de Extremadura**. En: K. Osoro, A. Aramentaría y A. Larraceleta (eds.) Producciones agroganaderas: gestión eficiente y conservación del medio natural. Vol. II. 28 mayo-3 de junio, Gijón. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. pp 565-572.

-FERRER, E., A. MIGUEL Y L. OLEA. 2001. **Nomenclátor básico de pastos en España**. Pastos, 32 (1). 123 p.

-GARCÍA, H. 2006. Efecto de la Fertilización en la Meseta de Teno. Trabajo fin de Carrera. Director: Chinea, E. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (Sección Agraria). Universidad de La Laguna.

-GARCÍA-CIUDAD, A., B. GARCÍA-CRIADO Y M. I. MONTALVO. 1986. **Seasonal variations in mineral composition of pastures in a semiarid zone of Spain**. En: H. Riley y A.O. Skjelvag (Eds.). The impact of Climate on Grass Production and Quality. Proc. 10th General Meeting of the European Grassland Federation, 26-30 junio. The Norwegian State Agricultural Research Stations. As. Noruega. pp 397-401.

-GARCÍA-CUIDAD, A., C. PETISCO, B.R. VÁZQUEZ-DE-ALDANA L. GARCÍA-CRIADO. 2012. **Producción de semilla y contenido de proteína de colza cultivada en el oeste español**. En: Canals R. M. y L. San Emeterio (eds.). Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), Navarra. pp 115-119.

-GARCÍA CRIADO, B. 1974. **Fraccionamiento químico de alimentos forrajeros y su evaluación por métodos de laboratorio**. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca. 374 p.

-GARCÍA-CRIADO B., A. GARCÍA-CIUDAD, M. RICO-RODRÍGUEZ Y M. S. GARCÍA-CARABIAS. 1986. **Composición químico-bromatológica de alfalfa deshidratada destinada al comercio exterior**. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), 2-6 de junio, Oviedo. pp 71-87.

-GIL, O. 2012. **Efecto de la fertilización fosfórica en los pastizales de Teno**. Trabajo fin de Carrera. Director: China, E. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (Sección Agraria). Universidad de La Laguna.

-GOBIERNO DE CANARIAS, CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y AGUAS. 2013. **Estudio del subsector de piensos en la comunidad autónoma de Canarias** [en línea]. www.gobiernodecanarias.org/agricultura/ [Consultado: febrero 2015].

-GOBIERNO DE CANARIAS, CONSEJERIA DE POLÍTICA TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE. 2001. **Estudio de la composición y caracterización de las basuras urbanas en la comunidad autónoma de Canarias** [en línea]. www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/ [Consultado: marzo 2015].

-GOERING, H. K. Y P. J. VAN SOEST. 1970. **Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)**. ARS-USDA Agric. Handbook nº379. 20 p.

-GÓMEZ-CABRERA, M.C., E. DOMENECH, M. ROMAGNOLI, A. ARDUINI, C. BORRAS, F.V. PALLARDO, J. SASTRE, J. VIÑA. 2007. In: Springer-Verlag 2008 (ed.). **American Journal of Clinical Nutrition**. 87: pp 142-149.

-GONZÁLEZ, A.J. 2014. **Efecto de la aplicación de enmiendas en los pastizales de Teno**. Trabajo fin de Carrera. Director: China, E. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (Sección Agraria). Universidad de La Laguna.

-GRAFSCAN. 2015. **Mapas de Canarias**. Isla de Tenerife [en línea]. En: <http://visor.grafscan.es/visorweb/> [Consultado: marzo 2015].

-GRAPELLI, A. Y W. ROSSI. 1978. **Studio del metabolismo dell'acido indolacetico in microorganismo del suelo**. Congreso Naz. Soc. It. Microbiol. Fingi. pp 388-391.

-GREENE, E.M. 1980. **Cytokinin production by microorganisms**. Bot. Rev 46: pp 25-74.

-GUEGUEN, L. 1972. **L'alimentation minerale des obins**. Revista de l'elevage. 5 p.

-HEERINK, N., A. KUYVENHOVEN Y S.M. VAN WIJK. 2001. **Economic policy reforms and sustainable land use in LDCs: issues and approaches**. En: N. Heerink, H. Van Keulen y M. Kuiper (eds.). Economic policy reforms and sustainable land use in LDCs. Recent advances in quantitative analysis, Heidelberg (Alemania). Physica Verlag. pp 1-20.

-HERNÁNDEZ-ABREU, J. M., J. MARCAREL, S. DUARTE, A. PÉREZ-REGALADO, J. L. SANTANA Y A. R. SOCORRO. 1980. **Seminario sobre interpretación de análisis químicos de suelos, aguas y plantas**. Personal de Suelos y Riegos del Centro Regional de Investigación y Desarrollo Agrario de Canarias. CRIDA 11. Centro Regional de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura. 143 p.

-HERNÁNDEZ, J. M., M. ESPINO, C. ARBELO Y V. PÉREZ. 1995. **Ensayos de compost de residuos sólidos urbanos en suelos de pastos de la Meseta de Teno (Tenerife) para su recuperación**. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), Tenerife. pp 337-340.

-HERNÁNDEZ, S. 2012. **Estudio de la aplicación de Residuos Orgánicos en los pastizales de Teno**. Trabajo fin de Carrera. Director: China, E. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (Sección Agraria). Universidad de La Laguna.

-HERRERA A., A. DE ARMAS, E. SIMÓ Y L. A. RAMÍREZ. 2000. **Modelo Piloto de Turismo Rural Integrado (Parque Rural de Teno-Tenerife)**. Oficina de Gestión del Parque Rural de Teno. Unidad Insular de Medio Ambiente. Cabildo de Tenerife. 10 p.

-ICONA. 1980. **Plan de Conservación de suelos. Zona “Teno Alto”. 1ªetapa.** Isla de Tenerife. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Servicio Provincial de Santa Cruz de Tenerife. Informe Técnico.

-ISTAC. 2013. **Instituto Canario de Estadística.** [En línea] En: <http://www.gobiernodecanarias.org/istac> [Consultado: abril 2015]

-LÓPEZ-CARRASCO, C., LÓPEZ-SANCHEZ, A., M.J. GÓMEZ, J.M. CARPINTERO, J. BRAÑAS Y S. ROIG. 2013. **Efectos de la aplicación de fertilizantes de nueva generación en la dehesa toledana: producción y diversidad de pastos herbáceos.** En: Olea, L., Poblaciones, M.J., Rodrigo, S., Santamaría, O., (eds.). Los pastos: nuevos restos, nuevas oportunidades, pp 545-552.

-LÓPEZ-CARRASCO, C., M.J. GÓMEZ, J.M. CARPINTERO, J. BRAÑAS Y S. ROIG. 2012. **Efectos de la aplicación de fertilizantes de nueva generación en la dehesa toledana: producción y diversidad de pastos herbáceos.** En: Canals R. M. y L. San Emeterio (eds.). Nuevos restos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), Navarra. pp 29-35.

-LORENZO-PERERA, M. J. 1987. **Estampas etnográficas de Teno Alto.** Ayuntamiento de Buenavista del Norte, Tenerife, 128 p.

-LUIS-GONZÁLEZ, M. 1984. **Los paisajes naturales del Macizo de Teno.** Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna.

-LOUÉ, A. 1986. **Los microelementos en agricultura.** Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 354 p.

-MATA, J., L. A. BERMEJO Y A. CAMACHO. 2003. **Uso ganadero de Teno Alto y de la Finca La Siete. Diagnóstico y propuesta de manejo.** Área de Producción animal. Departamento de Ingeniería, Producción y Economía Agraria. Universidad de La Laguna. 50 p.

-McDONALD, P., R. A. EDWARDS Y J. F. D. GREENHALGH. 1981. **Nutrición Animal.** Editorial Acribia. Zaragoza. 518 p.

-McDOWELL, L.R. Y J.D. ARTHINGTON. 2005. **Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales.** 4ªEdición. Universidad de Florida. Gainesville, Florida, E.E.U.U. 94 p.

-MIJANGOS I., N. ALBIZU, N. LORENZO, A. IBARRA, F. BLANCO Y C. GARBISU. 2007. **Efecto de distintas prácticas agrícolas sobre parámetros biológicos del suelo y la producción de cultivos forrajeros**. En: SEEP (ed.). Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), 4-8 de junio, Vitoria-Gasteiz (Álava). pp 153-160.

-MOSQUERA-LOSADA, M. R., A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, M. L. LÓPEZ-DÍAZ Y E. GATICA-TRABANINO. 1999. **Efecto del tipo de fertilización en la instalación de dos tipos de praderas**. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), Almería. pp 251-255.

-MUSLERA, E. Y C. RATERA. 1991. **Praderas y forrajes: producción y aprovechamiento**. Mundi-Prensa. Madrid. 674 p.

-NAVARRO BLAYA, S. Y G. NAVARRO GARCÍA. 2003. **Temas de Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal**. León: Editorial Académica, S.L. 601 p.

-NAVARRO, G. 2000. **Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal**. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. 488 p.

-NAVARRO GARCÍA, G.; NAVARRO GARCÍA, S. 2013. **Química Agrícola. Química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas**. Ed: Mundi-Prensa. 3ª ed. Madrid (España). 492 p.

-OLEA, J., L. COLETO, R. J. LÓPEZ-BELLIDO, J. VIGUERA, E. FERRERA Y M. J. POBLACIONES. 2003. **Efecto de la aplicación de yeso y fósforo en los pastos mejorados sobre suelos y rañas y rañizos de la Siberia Extremeña (Badajoz)**. En: A. B. Robles, Mª. E. Ramos, Mª. C. Morales (Eds.). Pastos, desarrollo y conservación. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla. pp 167-171.

-OLSEN, S. R., C. V. COLLE, F. S. WATANABE Y L. DEAN. 1954. **Estimation of available P in soils by extraction with sodium bicarbonate**. USDA. Circular n°939. USA.

-OYANARTE, M., A. ARTETXE, G. BESGA Y M. RODRÍGUEZ. 1996. **Efectos del nitrógeno, fósforo y potasio en ensayos sustractivos de fertilización en praderas del País Vasco**. En: Centro de investigación. Gobierno de La Rioja (ed.). Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP). La Rioja. pp 221-225.

-PÉREZ CORONA, M^a ESTHER. 1992. **Producción de biomasa aérea neta y calidad nutricional de pastizales semiáridos. Desarrollo y aplicación de la tecnología NIRS en estudio ecológicos.** Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Ecología. Universidad Complutense de Madrid.

-PÉREZ V., F. IGLESIAS-JIMÉNEZ Y M.T. FERNÁNDEZ. 1986. **The agronomic value of the sewage sludge of Tenerife. Physicochemical characteristic of the refuse sludge compost and related products.** Biological Wastes 17: pp 141-152.

-PFORCA. 2014. **Plan Forrajero de Canarias.** [En línea]. En: <http://www.gobiernodecanarias.org/agricultura/agricultura/pforca/> [Consultado: mayo 2015]

-POLO, A., F. COSTA, C. GARCÍA Y T. HERNÁNDEZ. 1991. **Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización.** Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia. 181 p.

-POMARES, F. Y R. CANET. 2001. **Residuos orgánicos utilizables en agricultura: origen, composición y características.** En: Aplicación agrícola de residuos orgánicos. Boixadera J. y M. Rosa-Teira (eds.). Univ. Lleida. pp 195-213.

-RIGUEIRO, A. 1987. **El caballo y la prevención de Incendios forestales en Galicia.** Pontevedra: Cuadernos Grea. pp 27-30.

-RUANO-RAMOS, A., A. GARCÍA-CIUDAD, B. R. VÁZQUEZ DE ALDANA Y B. GARCÍA-CRIADO. 1994. **Variación interanual y efecto de la posición topográfica sobre la concentración de elementos minerales en pastos semiáridos. Recursos pastables: hacia una gestión de calidad.** Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), 30 de mayo-3 de junio, Santander. pp 409-414.

-SÁNCHEZ-LLERENA, F. J., S. RODRIGO, M. J. POBLACIONES, O. SANTAMARÍA, T. GARCÍA-WHITE Y L. OLEA. 2012. **Influencia de la fertilización con magnesio, calcio, azufre y potasio junto a fósforo, sobre la producción, composición botánica y calidad de pasto de dehesa.** En: Canals R. M. y L. San Emeterio (eds.). Nuevos restos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), Navarra. pp 475-479.

-SANTAMARÍA, O., M. J. POBLACIONES, L. OLEA, S. RODRIGO, J. GUERRA Y T. GARCÍA-WHITE. 2011. **Influencia del aporte durante cuatro años consecutivos de fósforo, potasio y otros nutrientes sobre la producción, composición botánica y calidad del pasto de dehesa.** En: López-Carrasco, C., M. P. Rodríguez, A. San Miguel, F. Fernández y S. Roig (eds.). Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP). Toledo. pp 361-367.

-SANTOS, A. Y M. FERNÁNDEZ. 1977. **Vegetación en el Macizo de Teno. Datos para su conservación.** INIA. Funchal. 424 p.

-SILLANPÄÄ, M. 1982. **Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study.** FAO Soils Bulletin. Roma. 444 p.

- SPSS. 2011. **SPSS for Windows V. 20.0.** Chicago, Illinois (estados Unidos), SPSS Inc.

-TER BRAAK, C.F.J. Y SMILAUER, P. 2002. **Canoco reference manual and CanoDraw for Windows user's guide to Canoco for Windows. Software for Canonical Community Ordination (versión 5.5).** Centre for Biometry. Wageningen (Holanda).

-TISDALE, S. L. Y W. L. NELSON. 1977. **Fertilidad de los suelos y fertilizantes.** Barcelona. Barcelona: Montaner y Simón S.A. Editores. 759 p.

-URBANO TERRÓN, P. 1995. **Tratado de fitotecnia general.** 2ª Ed., Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 895 p.

-USDA. 1999. **Keys to soil taxonomy.** [En línea] En: <http://www.statlab.edu/soils/keytax> [Consultado: marzo 2015]

-VAN SOEST, P. J. 1982. **Nutritional ecology of the ruminant.** O. and B. Books. Inc. Oregon. USA. 374 p.

-VIGUERA, F.J., A. MALDONADO, L. OLEA Y J. PAREDES. 1999. **Estrategia de utilización fosfórica y alternativa al superfosfato de cal en los pastos de la dehesa de Extremadura. Influencia en la fertilidad del suelo y en la cobertura vegetal.** Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Almería. pp 289-294.

-WALKLEY, A. Y A. BLACK. 1934. **An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of**

the chromic acid titration method. Soil Science Society of America Journal, 37: pp 29-38.

-WATANABE, F. S. Y S. R. OLSEN. 1965. **Test of an ascorbic acid method for determining P in water and NaHCO₃, extract from soil.** Soil Science Society of America Journal, 29: pp 667-668.

-ZAPATA F. Y R. N. ROY. 2007. **Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible.** En: F. Zapata y R. N. Roy (eds.) Boletín FAO: Fertilizantes y nutrición mineral. Vol. XIII, Roma. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organismo Internacional de Energía Atómica. 155 p.

-ZUCCONI, F. Y M. DE BERTOLDI. 1987. **Specifications for solid waste compost.** Byocycle, mayo-junio: pp 56-61.

Apéndices

9.1 ANÁLISIS DE COMPOST (PIRS)

Fecha	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Mar-99	May-99	Jul-99	Mar-00	May-00	Sep-00	Nov-00	Mar-01	May-01	Jun-01	Oct-01	Sep-02	Media
Datos analíticos																
Muestra (mm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
%Mat volátiles	61.74	61.9	58.41	56.52	55.29	61.9	58.9	49.6	51.4	58.92	44.1	52.7	59.9	50.5	58.2	56.00
%Cenizas	38.26	38.1	41.59	43.48	44.71	39	41	50.4	48.6	41.08	55.9	47.3	40.1	49.5	41.8	44.05
Extracto saturado																
Muestra (mm)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
pH (pasta sat.)	6.5	7.05	7.2	6.73	7.02	7.1	7	7.5	7	6.8	7.2	7.1	7.2	7.3	6.8	7.03
%Saturación	212.5	239.9	264.9	242.2	269.9	280.7	253.7	186.9	210	195.5	159	208	208	183.2	116	215.36
CE (25°C)	22.3	19.97	15.82	17.89	18.93	20.2	17.71	18.26	19.03	29.81	24.6	23.4	20.9	18.5	26.1	20.89
Muestra (mm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
% C	36.01	34.24	30.78	27.98	29.19	33.01	30.7	23.9	20.9	35.8	27.12	24.5	24.9	28.5	30.6	27.41
% N	1.94	1.99	1.74	1.68	2.24	2.02	1.97	1.65	1.69	1.95	2.01	2.14	2.1	1.97	2.3	1.98
P (ppm)	379.4	316	294.5	308	167.2	301.5	313.8	483	526	396.3	399	568	302	401	492	376.5
% MO	61.94	58.9	52.94	48.11	50.2	56.78	54.45	41.2	35.9	61.5	46.6	42.1	42.7	49.1	52.7	50.34
Relación C/N	18.56	17.21	17.69	16.65	13.03	16.34	16.07	14.5	12.5	18.3	13.5	11.45	10.4	14.5	13.3	14.93
Macroelementos totales (m.s) (g/100g)																
Ca	3.23	3.3	4.24	4.66	5.94	5.54	4.68	5.29	6.07	5.15	8.02	9.27	5.62	4.5	7.06	5.50
Mg	0.46	0.41	0.33	0.54	0.43	0.54	0.79	0.49	0.61	0.56	0.82	0.9	0.49	0.53	0.47	0.56
Na	1.09	1.09	1.06	0.95	1.17	1.5	1.14	0.88	1.12	0.98	0.95	1.42	1.13	1.41	1	1.13
K	0.83	0.88	0.82	0.71	0.81	0.84	0.6	0.8	0.77	0.7	0.89	1.2	1	0.84	0.8	0.83
Microelementos totales y metales pesados (m.s) Vía seca (mg/100g)																
Fe	7371	8485	13122	8410	11071	7017	6982	10037	9265	10056	12774	17324	7860	12505	6020	9886.6
Cu	160	152	200	111	186	194	120	165	185	184	224	222	156	365	173	186.47
Mn	192	188	246	193	311	209	190	282	270	229	312	290	235	273	202	241.47
Zn	312	261	367	283	395	356	195	113	328	389	481	469	414	402	315	338.67
Pb	155	103	176	237	214	338	163	185	232	200	244	190	140	141	90,6	187.24
Cr	57.6	16.6	105	52	81	63	76	79	136	79.4	76.4	81.1	54,8	65	63	71.73
Cd	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	6.5	4.6	<0.025	4.9	<1.09
Ni	33.5	32.3	73	54	97	60	78	71	99	75.6	83.2	73.1	56	72	57	67.65
Hg	<2ppb	<2ppb	<2ppb	<2ppb	<2ppb	<2ppb	<2ppb	<2ppb	<2ppb	<2ppb	<2ppb	<2ppb	<2ppb	<2ppb	<2ppb	<2ppb

Fuente: Departamento de Edafología y Geología, Facultad de Biología, Universidad de La Laguna

9.2 CLIMOGRAMA DEL AÑO DE ESTUDIO

Tabla 9.1. Datos de la estación meteorológica de El Palmar, Buenavista del Norte

Estación: PALMATH		Desde el 05/2013 hasta el 04/2014									
Fecha	T	TM	Tm	P	HR	HRM	HR m	HR (h)	Vo	Vmax	Rad
May-13	15.5	19.4	12.6	4.5	75.5	91.5	54.7	2.3	3.6	5495.1	15.5
Jun-13	16.6	20	13.7	4.5	79.9	93.5	62.6	2.3	3.5	5622.1	16.6
Jul-13	19.6	24.3	15.4	0	77.9	93.9	56.2	1.6	2.8	7168.3	19.6
Ago-13	21.4	25.6	17.4	0.7	71.6	92.3	49.3	1.7	2.8	5744	21.4
Sep-13	19	23.1	15.6	7	82	96	60.2	1.6	2.9	4559.8	19
Oct-13	18.1	22.4	14.3	9.3	83.3	98	61.1	1.7	3	4120.8	18.1
Nov-13	16	19.1	13.6	82	86.4	98.7	67.1	1.8	3.3	2727	16
Dic-13	14.6	17.7	11.6	145.8	85.6	97.7	63.1	2	4	2335.5	14.6
Ene-14	12.7	15.7	10.1	34.6	87.6	99.5	68.1	2.5	4.1	2691.7	12.7
Feb-14	12.4	15.3	9.8	83.6	87.9	98.2	69.1	2.7	4.4	3520.8	12.4
Mar-14	12.5	14.8	10.4	24.9	88.5	97.4	73.9	2.9	4.5	3682.9	12.5
Abr-14	14.3	18.3	10.5	26.7	87.7	99.4	68.9	1.8	3.4	5147.1	14.3

Leyenda:

T: Temperatura media (°C)

TM: Temperatura máxima absoluta (°C)

Tm: Temperatura mínima absoluta (°C)

P: Precipitación (mm)

HR: Humedad relativa media (%)

HRM: Humedad relativa máxima absoluta (%)

HRm: Humedad relativa mínima absoluta (%)

HR(h): Horas de humectación superior al 70%

Vo: Velocidad media del viento (m/s)

VMax: Velocidad y Dirección máxima media por cada 12 minutos (m/s ° sexagesimales)

Rad: Radiación Total Diaria (Wh/m²)

ND: Dato no disponible

(*Media; **Total)

9.3 ANÁLISIS DEL SUELO

Tabla 9.2. Análisis de las propiedades físico-químicas de suelos para cada uno de los tratamientos en cada una de las parcelas elementales

Parcela	MO (%)	P _{asimilable} (ppm)	Cationes asimilables (meq/100g)				pH	CE (dS/m)
			Na	K	Ca	Mg		
Testigo 1	3.2	184	1.6	0.6	19.4	12.4	6.1	0.63
Testigo 2	4.3	68	1.7	1.5	22.4	12.9	6.5	0.66
Testigo 3	6.1	24	1.8	1	22.8	16	6.2	0.71
Testigo 4	4.7	48	1.6	3	19.4	12.1	6.4	0.67
Roca fosfórica 1	6.3	40	1.5	0.8	18.5	11.4	6.2	0.67
Roca fosfórica 2	5.2	48	1.3	0.8	21.1	11.7	6.4	0.61
Roca fosfórica 3	5.2	36	1.5	0.4	19.8	13.5	6.3	0.69
Roca fosfórica 4	4.1	52	1.3	1	21.1	12.8	6	0.62
Superfosfato de Cal 1	4	52	1.4	1	20.3	11.3	6.2	0.58
Superfosfato de Cal 2	4.8	108	1	0.8	20.7	10.3	6.1	0.59
Superfosfato de Cal 3	7.8	92	1.4	0.6	17	11.9	6.2	0.59
Superfosfato de Cal 4	4.5	92	0.9	1.2	15.1	7.9	6.1	0.49
ROU 1	8.4	72	1.3	2.6	27.2	9	7.2	0.66
ROU 2	9.4	124	1.6	2.9	25.6	6.5	7.4	0.7
ROU 3	8.2	100	1.5	2.1	32.1	8.8	7.2	0.56
ROU 4	7.3	84	1.7	3.2	25.6	7.2	7.4	0.63

MO= Materia Orgánica; P_{asimilable} =fósforo asimilable; CE= Conductividad eléctrica; ROU= Residuos Orgánicos Urbanos

Tabla 9.3. Continuación. Análisis del porcentaje de saturación (%PS), textura y microelementos para cada uno de los tratamientos en cada una de las parcelas elementales

Parcela	CS (%)	Textura (%)			Microelementos (ppm)			
		Arcillas	Limos	Arenas	Cu	Mn	Zn	Fe
Testigo 1	56	46	18	37	2.3	45.4	2.7	58
Testigo 2	54	46	17	37	2.2	28.9	4.4	60
Testigo 3	49	46	18	37	2.8	37.8	3.3	63
Testigo 4	54	27	17	56	1.9	23.8	3.3	51
Roca fosfórica 1	54	46	17	37	2.2	38.0	3.4	55
Roca fosfórica 2	56	46	18	37	2.7	36.8	5.3	52
Roca fosfórica 3	55	46	17	37	2.4	45.5	3.8	67
Roca fosfórica 4	51	46	18	37	3.4	49.3	6.5	54
Superfosfato de Cal 1	51	46	17	37	2.3	32.7	2.1	68
Superfosfato de Cal 2	52	46	18	37	2.1	29.0	2.8	62
Superfosfato de Cal 3	60	46	18	37	2.2	36.9	3.8	60
Superfosfato de Cal 4	58	46	18	37	2.6	27.9	2.9	41
ROU 1	58	29	17	54	4.2	19.2	19.1	48
ROU 2	61	28	17	54	5.4	17.0	27.6	49
ROU 3	62	47	17	36	5.4	23.2	27.0	50
ROU 4	58	28	18	54	4.7	15.4	19.7	48

ROU = Residuos Orgánicos Urbanos; CS = Capacidad de Saturación

9.4 PRODUCCIÓN

Tabla 9.4. Producción de biomasa para cada uno de los tratamientos en cada una de las parcelas elementales del año de estudio

Parcela	PMV (kg/ha)	PMS (kg/ha)	MS (%)
Testigo 1	14374	4270	30
Testigo 2	7374	6110	32
Testigo 3	28374	17374	34
Testigo 4	5374	5473	32
Roca fosfórica 1	20374	2541	34
Roca fosfórica 2	11374	6520	35
Roca fosfórica 3	29474	4332	38
Roca fosfórica 4	19374	4429	31
Superfosfato de Cal 1	19374	7932	28
Superfosfato de Cal 2	18374	4345	30
Superfosfato de Cal 3	14374	5618	27
Superfosfato de Cal 4	8374	8819	33
ROU 1	17374	2071	39
ROU 2	14374	4280	51
ROU 3	26374	6080	31
ROU 4	12374	5413	44

PMV= Peso de Materia Verde; PMS= Peso de Materia Seca; MS= Materia Seca; ROU= Residuos Orgánicos Urbanos

9.5 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Tabla 9.5. Composición florística para cada uno de los tratamientos en cada una de las parcelas elementales del año de estudio

Parcela	%L	%G	%O
Testigo 1	3.09	41.23	55.67
Testigo 2	7.91	21.01	71.07
Testigo 3	0	42.074	57.92
Testigo 4	18.74	36.00	45.24
Roca fosfórica 1	1	79.34	19.67
Roca fosfórica 2	1.37	44.63	53.98
Roca fosfórica 3	1.83	67.60	30.56
Roca fosfórica 4	1.29	55.24	43.46
Superfosfato de Cal 1	7.21	65.19	27.58
Superfosfato de Cal 2	21.06	7.49	71.44
Superfosfato de Cal 3	2.78	63.66	33.55
Superfosfato de Cal 4	7.79	16.99	75.21
ROU 1	2.33	26.09	71.56
ROU 2	0	27.41	72.49
ROU 3	1.38	24.96	73.64
ROU 4	0	47.32	52.67

L= Leguminosas; G= Gramíneas; O= Otras Familias; ROU= Residuos Orgánicos Urbanos

9.6 ANÁLISIS DEL FORRAJE

Tabla 9.6. Análisis del forraje para cada uno de los tratamientos en cada una de las parcelas elementales en el año de estudio

Parcela	Ceniza (%)	P (%)	Na (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
Testigo 1	9.0	0.16	0.81	1.61	1.29	0.21	3.7	43	22
Testigo 2	7.7	0.25	0.55	1.51	0.97	0.19	1.7	30	19
Testigo 3	10.5	0.22	0.77	1.61	1.37	0.28	1.7	49	27
Testigo 4	9.5	0.25	0.59	2.63	0.93	0.3	4.9	33	16
Roca fosfórica 1	8.8	0.19	0.55	1.05	0.54	0.09	5.5	36	33
Roca fosfórica 2	9.6	0.25	0.71	1.51	1.11	0.21	3.4	46	41
Roca fosfórica 3	10.1	0.18	0.73	1.25	0.65	0.16	6.0	30	26
Roca fosfórica 4	10.1	0.21	0.53	1.82	0.8	0.16	6.4	38	28
Superfosfato de Cal 1	12.3	0.21	0.38	1.2	0.88	0.2	3.3	42	87
Superfosfato de Cal 2	9.7	0.22	0.49	1.92	1.49	0.24	1.9	35	37
Superfosfato de Cal 3	10.1	0.23	0.61	1.1	0.73	0.14	2.8	34	24
Superfosfato de Cal 4	9.9	0.26	0.49	2.02	1.42	0.24	1.6	31	31
ROU 1	11.2	0.27	0.47	2.17	1.48	0.22	5.0	48	32
ROU 2	10.8	0.27	0.73	2.12	1.36	0.26	4.4	40	25
ROU 3	14.0	0.3	0.77	2.94	2.01	0.19	3.3	43	20
ROU 4	10.5	0.27	0.53	2.22	1.5	0.14	3.3	50	26

ROU= Residuos Orgánicos Urbanos

Tabla 9.7. Continuación. Análisis de PB (%), FAD (%), Cel. (%), Lignina (%) y Hemicelulosa (%) para cada uno de los tratamientos en cada una de las parcelas elementales para el año de estudio

Parcela	% PB	% FND	% FAD	% CAD	% LAD	% Hem.
Testigo 1	6.8	49.3	37.0	37.4	3.8	12.4
Testigo 2	7.0	51.1	39.0	30.5	7.2	12.1
Testigo 3	7.4	51.7	39.9	29.8	11.3	11.8
Testigo 4	5.5	51.6	38.2	30.2	6.8	13.4
Roca fosfórica 1	6.1	53.5	36.0	20.1	5.7	17.5
Roca fosfórica 2	4.4	50.6	39.0	31.6	5.6	11.5
Roca fosfórica 3	7.6	55.8	41.8	33.6	6.0	13.9
Roca fosfórica 4	5.3	51.8	38.7	29.4	7.6	13.2
Superfosfato de Cal 1	9.4	45.5	39.9	32.1	6.4	5.6
Superfosfato de Cal 2	7.9	46.1	41.8	33.5	6.7	4.2
Superfosfato de Cal 3	7.4	51.9	45.9	35.5	5.5	5.9
Superfosfato de Cal 4	9.8	46.9	42.4	34.3	6.2	4.5
ROU 1	5.9	43.6	37.7	30.0	5.7	5.9
ROU 2	6.1	49.5	36.7	29.5	6.5	12.7
ROU 3	5.4	49.2	37.1	30.1	5.8	12.1
ROU 4	5.9	49.6	34.8	27.8	5.4	14.7

PB= Proteína Bruta; FND= Fibra Neutro Detergente; FAD= Fibra Acido Detergente; CAD= Celulosa; LAD= Lignina; Hem.= Hemicelulosa; ROU= Residuos Orgánicos Urbanos

9.7 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (GRÁFICOS)

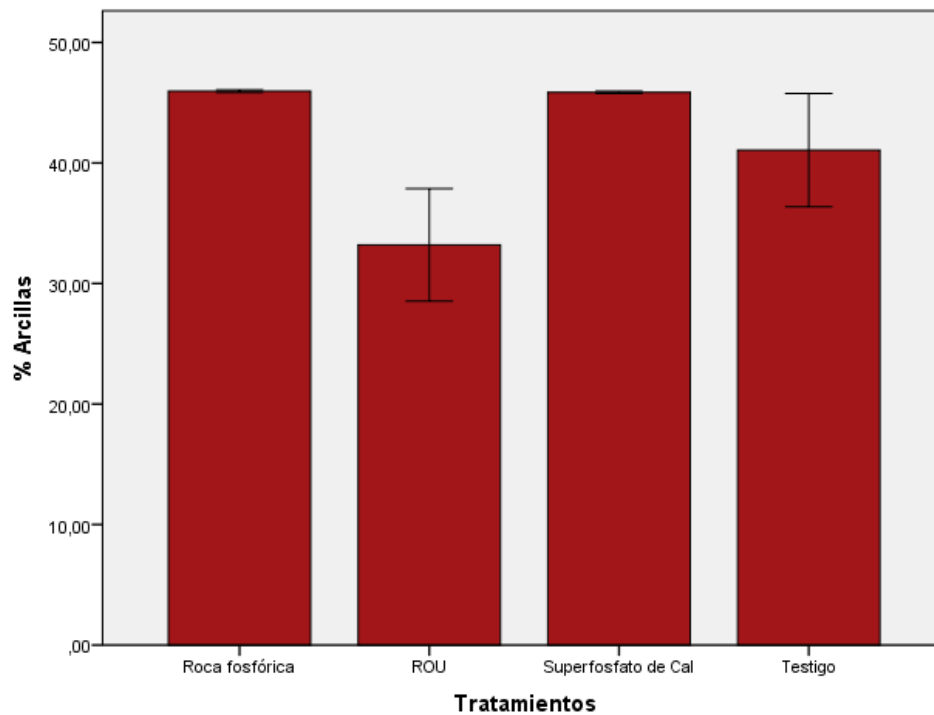


Gráfico 9.1. Porcentaje de arcillas. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media

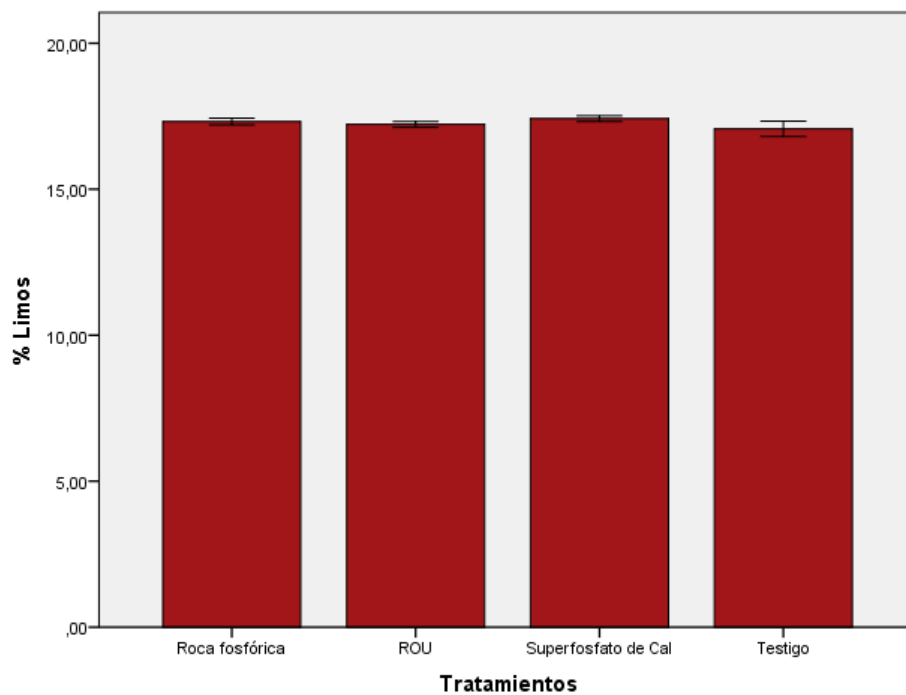


Gráfico 9.2. Porcentaje de limos. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media

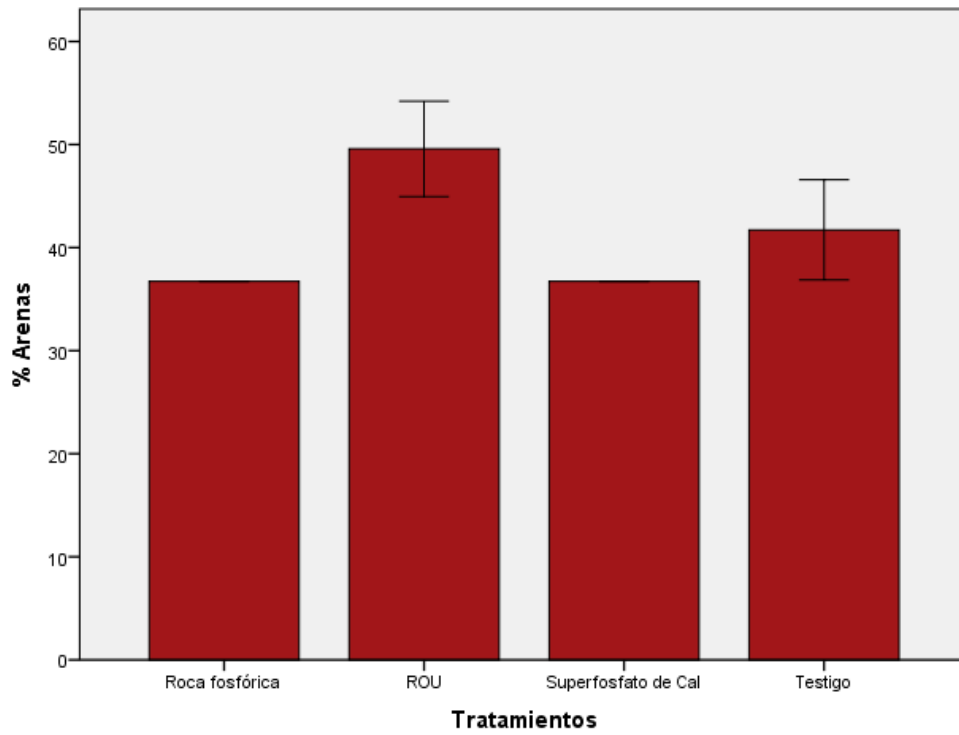


Gráfico 9.3. Porcentaje de arenas. Valores medios por tratamiento (n=4) y error estándar para la media