

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA SOBRE LA
IMPLANTACIÓN, PRODUCCIÓN INICIAL Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE
LOTUS GLABER MILL. Y *TRIFOLIUM REPENS* L. SEMBRADAS EN
COBERTURA**

por

Edison David SILVEIRA MARTÍNEZ

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo
(Orientación Agrícola-Ganadera).**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2005**

Tesis aprobada por:

Director: _____
Ing. Agr. Ph.D. PABLO BOGGIANO

Ing. Agr. M.Sc. JORGE HERNÁNDEZ

Ing. Agr. ALICIA VAZ

Ing. Agr. M.Sc. FERNANDO SANTIÑAQUE

Ing. Agr. RAMIRO ZANONIANI

Fecha:

Autor:

EDISON DAVID SILVEIRA MARTÍNEZ

DEDICACIÓN

Al **Tata**, mi Abuelo, el **Sr. Dalmacio Martínez Juárez**, quien desde mi infancia y hasta el día de hoy, aunque no este presente físicamente ha sido una guía, un referente, una persona que colaboro en mi educación, que me apoyo siempre y quien tuvo la virtud de enseñarme como una persona debe ser.

AGRADECIMIENTOS

A la **Facultad de Agronomía**, por permitir mi formación y culminación de estudios, ya que de no ser por esta institución sería imposible llegar a donde he llegado.

Un agradecimiento muy especial al Ing. Agr. Yerú Pardiñas Director de la Estación Experimental de Bañado de Medina por su invaluable apoyo.

A la Ing. Agr. Alicia Vaz, integrante de la Unidad de Producción de Pasturas en Bañado de Medina por su apoyo y colaboración en la etapa de campo.

Al Profesor Ing. Agr. (Dr.) Pablo Boggiano por sus invaluable aportes en la discusión y realización de este trabajo.

Al Ing. Agr. (MSc) Jorge Hernández por el apoyo brindado desde el inicio de este trabajo, en los análisis de laboratorio, de los resultados y guía en la elaboración de este trabajo.

A los Ing. Agr. (MSc) Fernando Santiñaque, J. C. Millot y Ramiro Zanoniani por su desinteresada dedicación y guía en la discusión de los resultados de este trabajo.

A la Ing. Agr. (Dr.) Mónica Cadenazzi por su dedicación desinteresada en los análisis estadísticos y en la corrección de este trabajo.

A la Ing. Agr. (MSc) Amabelia del Pino por el apoyo brindado en la etapa de laboratorio y aportes de material bibliográfico y al Ing. Agr. Álvaro Califra en su apoyo en la realización de los muestreos de suelo y descripción del perfil.

A los funcionarios de la Estación Experimental de Bañado de Medina por su apoyo en la etapa de campo.

A mis Padres, Hermana, Abuela, Tíos, a mi familia, a mi Novia y su familia por su apoyo y comprensión, no solo durante el desarrollo de este trabajo sino que también en el desarrollo de toda la carrera; y a mis amigos y todos aquellos que de algún modo me ayudaron a culminar este proceso.

TABLA DE CONTENIDOS

PÁGINA DE APROBACION	II
DEDICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	X
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	4
2.1. MEJORAMIENTOS DE CAMPO.	4
2.1.1. Generalidades.	4
2.1.2. Mejoramiento de campos bajos.	6
2.2. PRESENCIA DEL TAPIZ VEGETAL.	8
2.2.1 Nicho Ecológico.	9
2.2.2. Cobertura.	9
2.2.3. Competencia.	10
2.3. ACONDICIONAMIENTO DEL TAPIZ.	11
2.3.1. Pastoreo.	12
2.3.2. Quema.	13
2.3.3. Herbicida.	13
2.3.4. Laboreo reducido.	14
2.4. MÉTODOS DE SIEMBRA EN EL TAPIZ.	14
2.4.1. Siembra en Cobertura.	15
2.4.2. Siembra Directa.	16
2.4.3. Siembra con sembradora a zapata.	17
2.5. FERTILIZACIÓN FOSFATADA.	17
2.5.1. Generalidades.	17
2.5.2. Importancia del fósforo.	18
2.5.3. Síntomas de deficiencia.	20
2.5.4. Requerimientos de las plantas.	21
2.5.5. Disponibilidad de fósforo en el suelo.	22
2.5.6. Efectos de la aplicación de fertilizantes en cobertura sobre las plantas.	24
2.5.7. Factores que afectan la disponibilidad de fósforo en el suelo.	25
2.5.7.1. Efecto del tapiz vegetal.	25
2.5.7.2. La remoción de fósforo a través de los productos.	25

2.5.7.3. Pérdidas de fósforo por erosión.	25
2.5.7.4. Efecto de la acidez del suelo.	26
2.5.7.5. Efecto de condiciones de anaerobiosis temporal en el suelo.	26
2.5.8. Retención de Fósforo por los suelos.	27
2.6. FACTORES QUE AFECTAN LA IMPLANTACIÓN.....	28
2.6.1. Manejo previo.	28
2.6.2. Época de siembra.	29
2.6.2.1. Generalidades.	29
2.6.2.2. La fecha de siembra como determinante de algunos factores ambientales.	30
2.6.2.2.1. Temperatura.	30
2.6.2.2.2. Intensidad lumínica.	31
2.6.2.2.3. Precipitación.....	32
2.6.3. Densidad de siembra.	32
2.6.4. Peso de las semillas y vigor inicial de las plántulas.	33
2.6.5. Manejo de la semilla.	34
2.6.5.1. Inoculación.	34
2.6.5.2. Peleteado.	36
2.6.6. Fertilización fosfatada a la siembra.....	36
2.7. LOS NUTRIENTES Y SU CONCENTRACIÓN EN LAS LEGUMINOSAS.....	38
2.7.1. Distribución de los nutrientes y rangos de concentración de nutrientes en las leguminosas.....	38
2.7.2. “Concentración Crítica”.	39
2.7.3. La influencia de la especie de planta y la variedad en la concentración de los nutrientes.	39
2.7.4. La influencia de fase de madurez de las plantas forrajeras en las concentraciones de los elementos minerales.....	40
2.7.5. La influencia de los factores estacionales en la concentración de los nutrientes minerales en las plantas forrajeras.	40
2.8. EL NITRÓGENO Y EL FÓSFORO EN LAS LEGUMINOSAS.	41
2.8.1. El nitrógeno en las plantas forrajeras.	41
2.8.2. El fósforo en las plantas forrajeras.....	42
2.9. CARACTERÍSTICAS DE LOS GENEROS SEMBRADOS.	44
2.9.1. Género <i>Lotus</i>	44
2.9.1.1. Generalidades.	44
2.9.1.2. Características de la especie <i>Lotus glaber</i>	45
2.9.1.3. Comportamiento de <i>Lotus glaber</i> en siembras en cobertura.	47
2.9.1.4. Composición química.....	47
2.9.2. Genero <i>Trifolium</i>	47
2.9.2.1. Generalidades.....	47

2.9.2.2. Características de la especie <i>Trifolium repens</i>	49
2.9.2.3. Comportamiento de <i>Trifolium repens</i> en siembras en cobertura.....	50
2.9.2.4. Composición química.....	52
3. MATERIALES Y METODOS.	54
3.1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO.....	54
3.2. PERÍODO EXPERIMENTAL.....	54
3.3. DESCRIPCIÓN DEL POTRERO.	54
3.3.1. Topografía.....	54
3.3.2. Suelos dominantes del potrero y características del suelo del experimento.	54
3.3.3. Estructura del Tapiz.	55
3.4. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO.	55
3.4.1. Dimensiones y arreglo del experimento.....	55
3.4.2. Tratamientos.....	56
3.4.3. Diseño experimental.	56
3.4.4. Análisis estadístico.....	57
3.5. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.	58
3.5.1. Manejo previo del tapiz natural.....	58
3.5.2. Muestreo de suelos.....	58
3.5.3. Fertilización y siembra.....	59
3.5.4. Determinaciones en el campo.	59
3.5.4.1. Implantación.....	59
3.5.4.2. Muestreo de plántulas.	60
3.5.5. Determinaciones efectuadas en el laboratorio.....	60
3.5.5.1. Análisis foliar.....	60
3.5.5.2. Análisis de suelo.	61
3.6. CONDICIONES CLIMÁTICAS.	61
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	65
4.1. CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS EN EL PERÍODO EXPERIMENTAL.....	65
4.2. EFECTO DEL NIVEL DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA SOBRE LA IMPLANTACIÓN DE <i>LOTUS GLABER</i> MILL. Y <i>TRIFOLIUM REPENS</i> L. A LOS 60 DIAS POST-SIEMBRA.	70
4.2.1. Comportamiento de <i>Lotus glaber</i> Mill.....	71

4.2.2. Comportamiento de <i>Trifolium repens</i> L.....	73
4.3. EFECTO DEL NIVEL DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA SOBRE LA IMPLANTACIÓN DE <i>LOTUS GLABER</i> MILL. A LOS 120 DÍAS POST-SIEMBRA.	75
4.4. EFECTO DEL NIVEL DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA SOBRE LA IMPLANTACIÓN DE <i>TRIFOLIUM REPENS</i> L. A LOS 120 DÍAS POST-SIEMBRA.	78
4.5. EVOLUCIÓN POBLACIONAL ENTRE LOS 60 Y 120 DÍAS POST-SIEMBRA EN <i>LOTUS GLABER</i> MILL. SEGÚN EL NIVEL DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA	81
4.6. EVOLUCIÓN POBLACIONAL ENTRE LOS 60 Y 120 DÍAS POST-SIEMBRA EN <i>TRIFOLIUM REPENS</i> L. SEGÚN EL NIVEL DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA.	83
4.7. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA SOBRE EL PESO, % DE MATERIA SECA Y RELACIÓN RAÍZ/PARTE AÉREA DE LAS PLANTAS DE <i>LOTUS GLABER</i> MILL. A LOS 120 DPS.	86
4.7.1. Efecto de la fertilización fosfatada sobre el Peso Seco Total (PST), Peso Seco de la Parte Aérea (PSPA) y Peso Seco Radicular (PSR) de diez plántulas.	86
4.7.2. Efecto de la fertilización fosfatada sobre el contenido de Materia Seca Radicular (MSR) y Materia Seca de la Parte Aérea (MSPA).	88
4.7.3. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la Relación Raíz/Parte Aérea (RRPA)	89
4.8. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA SOBRE EL PESO, % DE MATERIA SECA Y RELACIÓN RAÍZ/PARTE AÉREA DE LAS PLANTAS DE <i>TRIFOLIUM REPENS</i> L.	91
4.8.1. Efecto de la fertilización fosfatada sobre el Peso Seco Total (PST), Peso Seco de la Parte Aérea (PSPA) y Peso Seco Radicular (PSR) de diez plántulas.	91
4.8.2. Efecto de la fertilización fosfatada sobre el contenido de Materia Seca de la Parte Aérea (MSPA) y Materia seca Radicular (MSR).	93
4.9. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE <i>LOTUS GLABER</i> , <i>TRIFOLIUM</i> <i>REPENS</i> Y EN CONJUNTO A LOS 120 DIAS POST-SIEMBRA.	95
4.9.1. Producción de materia seca de <i>Lotus glaber</i>	95
4.9.2. Producción de materia seca de <i>T. repens</i>	97
4.9.3. Producción total de Materia seca aportada por la fracción leguminosa al mejoramiento de campo.	99

4.10. EFECTO DEL NIVEL DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA SOBRE EL COTENIDO DE FÓSFORO Y NITRÓGENO DE PLANTAS DE <i>LOTUS GLABER</i> MILL.....	100
4.10.1. Efecto de la fertilización fosfatada en el contenido de Fósforo de la Planta Entera (P/PLE), Parte Aérea (PPA) y Raíz (PR) a los 120 dps.....	100
4.10.2. Efecto de la fertilización fosfatada en el contenido de Nitrógeno en la Planta Entera (N/PLE), la Parte Aérea (NPA) y Raíz (NR) a los 120 dps.....	102
4.10.3. Efecto de la fertilización fosfatada en la relación Nitrógeno/Fósforo en la Planta Entera (N/P/PLE), en la Parte Aérea (N/PPA) y Raíz (N/PR) a los 120 dps...	103
4.11. EFECTO DEL NIVEL DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA SOBRE EL CONTENIDO DE FÓSFORO Y NITRÓGENO DE PLANTAS DE <i>TRIFOLIUM</i> <i>REPENS</i> L.....	105
4.11.1. Efecto de la fertilización fosfatada en el contenido de Fósforo de la Planta Entera (P/PLE), Parte Aérea (PPA) y Raíz (PR) a los 120 dps.....	105
4.11.2. Efecto de la fertilización fosfatada en el contenido de Nitrógeno de la Planta Entera (N/PLE), Parte Aérea (NPA) y Raíz (NR) a los 120 dps.....	107
4.11.3. Efecto de la fertilización fosfatada en la relación Nitrógeno/Fósforo en la Planta Entera (N/P/PLE), en la Parte Aérea (N/PPA) y Raíz (N/PR) a los 120 dps...	110
5. CONSIDERACIONES FINALES.	113
6. CONCLUSIONES.	116
7. RESUMEN.	117
8. SUMMARY.	118
9. BIBLIOGRAFIA.	119
10. ANEXO.	137

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros

Cuadro N° 1: Clasificación por grado de exigencia de fósforo, nivel de requerimientos en el suelo a la siembra según la especie de leguminosa considerada.	22
Cuadro N° 2: Caracterización de las semillas de las especies sembradas.	59
Cuadro N° 3: Densidad de siembra, número de semillas viables por m ² y por parcela según especie.	59
Cuadro N° 4: Resultados del análisis químico del suelo del área experimental.	61
Cuadro N° 5: Registros mensuales de temperatura máxima, mínima, promedio, registro de heladas, precipitaciones y evapotranspiración potencial según el mes de ocurrencia.	62
Cuadro N° 6: Número de plantas por m ² , desvío estándar (CME ^{1/2}) y coeficiente de variación (CV) para <i>L. glaber</i> Mill. cv Larrañaga y <i>T. repens</i> L. cv Zapicán.	70
Cuadro N° 7: Número de plantas por m ² a los 120 días post siembra de <i>L. glaber</i> según niveles de fertilización fosfatada.	75
Cuadro N° 8: Promedio, desvío estándar (CME ^{1/2}) y coeficiente de variación (C.V.) del % de MSPA para <i>L. glaber</i> .	89
Cuadro N° 9: Promedio, desvío estándar (CME ^{1/2}) y coeficiente de variación (C.V.) de la RRPA para <i>T. repens</i> .	95
Cuadro N° 10: Promedio, desvío estándar (CME ^{1/2}) y coeficiente de variación (C.V.) de NPLE, NPA y NR para <i>L. glaber</i> .	103
Cuadro N° 11: Promedio, desvío estándar (CME ^{1/2}) y coeficiente de variación (C.V.) de NR para <i>T. repens</i> .	110

Figuras

Figura N° 1: Precipitaciones y ETP (Tanque A) en mm registradas para el período experimental según el mes de ocurrencia.	63
Figura N° 2: Temperaturas máximas, medias y mínimas mensuales para el año 2003.	64
Figura N° 3: Precipitaciones y ETP en milímetros en el período 1971 - 2000 y en el período experimental (2003 - 2004).	66
Figura N° 4: Balance Hídrico Seriado para el horizonte A. Deficiencias y excesos hídricos registrados en el período experimental (2003 - 2004).	67
Figura N° 5: Temperaturas Máximas prom. mensuales y Temperaturas Mínimas prom. mensuales para el período 01/2003 – 01/2004 y para el período Normal (1971 – 2000).	68
Figura N° 6: Heladas agrometeorológicas y meteorológicas acumuladas según el mes de ocurrencia durante el período experimental (2003).	69
Figura N° 7: Efecto del nivel de fertilización fosfatada sobre el número de plantas por m ² y el porcentaje de implantación de <i>Lotus glaber</i> a los 60 días post-siembra (dps).	72
Figura N° 8: Efecto del nivel de fertilización fosfatada sobre el número de plantas por m ² y el porcentaje de implantación de <i>Trifolium repens</i> a los 60 días post-siembra (dps).	74
Figura N° 9: Efecto del nivel de fertilización fosfatada sobre el número de plantas por m ² y el porcentaje de implantación de <i>L. glaber</i> a los 120 días post-siembra (dps).	77
Figura N° 10: Número de plantas/m ² de <i>T. repens</i> censadas a los 120 dps según el nivel de fertilización fosfatada.	79
Figura N° 11: Efecto del nivel de fertilización fosfatada sobre el número de plantas (pl) por m ² y el porcentaje de implantación de <i>T. repens</i> a los 120 días post-siembra (dps).	80

Figura N° 12: Densidad poblacional de <i>L. glaber</i> obtenida en cada conteo según el nivel de fertilización fosfatada.	82
Figura N° 13: Densidad poblacional de <i>T. repens</i> obtenida en cada conteo según el nivel de fertilización fosfatada.	83
Figura N° 14: Número de plantas/m ² de <i>T. repens</i> censadas a los 60 y 120 dps según el nivel de fertilización fosfatada agregada a la siembra.	85
Figura N° 15: Peso seco Total (PST), Peso Seco de la Parte Aérea (PSPA) y Peso Seco Radicular (PSR) de <i>L. glaber</i> a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	87
Figura N° 16: Porcentaje de Materia Seca Radicular (MSR) de <i>L. glaber</i> a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	89
Figura N° 17: Relación Raíz / Parte Aérea (RRPA) de <i>L. glaber</i> a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	90
Figura N° 18: Peso Seco Total (PST) y Peso Seco de la Parte Aérea (PSPA) de diez plantas de <i>T. repens</i> a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	92
Figura N° 19: Peso Seco Radicular (PSR) de diez plantas de <i>T. repens</i> a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	93
Figura N° 20: Porcentaje de Materia Seca en la Parte Aérea (MSPA) de <i>T. repens</i> a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	94
Figura N° 21: Porcentaje de Materia Seca Radicular (MSR) de <i>T. repens</i> a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	95
Figura N° 22: Producción de forraje de la fracción <i>L. glaber</i> (kg M.S. /ha) a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	96
Figura N° 23: Producción de forraje de la fracción <i>T. repens</i> (kg M.S. /ha) a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	98
Figura N° 24: Producción total de forraje de la fracción leguminosa (<i>Lotus glaber</i> y <i>T. repens</i> (kg M.S. /ha) a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	100

Figura N° 25: Contenido de Fósforo (%) de la Planta Entera (PPLE), parte aérea (PPA) y raíz (PR) de <i>Lotus glaber</i> a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	101
Figura N° 26: Relación N/PPA de <i>L. glaber</i> a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	104
Figura N° 27 Contenido de PPLE, PPA y PR de <i>T. repens</i> a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	105
Figura N° 28: Contenido de NPLE de <i>T. repens</i> a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	108
Figura N° 29: Contenido de NPA de <i>T. repens</i> a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	109
Figura N° 30: Relación N/PPLE de <i>T. repens</i> a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	111
Figura N° 31: Relación N/PPA y N/PR de <i>T. repens</i> a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.	112

1. INTRODUCCIÓN.

Las pasturas de los campos bajos de nuestro país han sido estudiadas con cierto detalle en su estructura, pero es poco lo que se conoce de su funcionalidad. Actualmente, cambios económicos y tecnológicos han aumentado la presión de la agricultura y la ganadería vacuna sobre los mismos, alentando su reemplazo por rastrojos o pasturas adaptadas con la consiguiente pérdida de biodiversidad.

La productividad de los tapices nativos es una de las condicionantes de la baja producción animal de la ganadería en nuestro país. Además su calidad es limitante debido a que se pueden registrar deficiencias de proteína, energía e inclusive minerales, sumado a la importante variación anual provocada por el clima, existen diferentes suelos que hacen a la producción de forraje muy variable entre años y con una marcada estacionalidad.

A estas limitantes se le suman las derivadas del pastoreo continuo, dada la dificultad que existe en regular la carga por las características de las pasturas. Mediante un manejo racional del pastoreo se puede mejorar esta situación pero no es posible superar determinados indicadores físicos de producción.

El anegamiento temporario de los campos bajos, es el producto combinado de precipitaciones y de la particular naturaleza de esas áreas, extremadamente planas (1% o menos de pendiente), lo cual genera una situación de alto compromiso para la productividad de esos campos.

La zona de estudio se encuentra ubicada sobre la Formación Geológica Yaguarí perteneciente a la llamada cuenca Gondwanica, cuyos materiales son limo-arcillosos de origen sedimentario, pertenecientes a un ambiente particular “mar Epicontinental” (mar interior), donde se depositaron y generaron estos materiales.

Este efecto quedo reflejado en muchas de las características de los suelos que evolucionan bajo esas condiciones.

Las acciones del hidromorfismo que ocurren en estos suelos tienen importantes efectos en éstos, que se reflejan tanto en sus constituyentes, propiedades, formación y evolución, como en sus posibilidades de explotación.

Los caracteres "hidromórficos", típicos de los suelos de "campos bajos", son la reducida permeabilidad del suelo al aire y agua, y la deficiente oxigenación para las raíces. En algunos casos se agregan la acumulación de sales solubles dentro de la porción de suelo explorada por raíces y la dominancia del catión sodio en el complejo de intercambio. Todo esto suele asociarse a la presencia de una capa de agua freática estacionalmente cercana de la superficie. Desde el punto de vista funcional este conjunto de caracteres coinciden para disminuir la capacidad productiva de los suelos.

En la zona se destacan asociaciones de gramíneas perennes que forman maciega de alto porte, donde en general forman comunidades densas las especies *Andropogon lateralis* (Canutillo), *Erianthus angustifolius* (Paja estrelladora) y *Paspalum quadrifarium* (Paja mansa).

Con estas condiciones particulares de estos ecosistemas es que cobra particular relevancia la alternativa de mejorar la productividad de tales campos sin destruir el tapiz, de manera sostenible y con un uso controlado de insumos, conformando áreas estratégicas para utilizar con categorías eficientes, incrementando la productividad global del establecimiento.

En un escenario ganadero que requiere incrementar su competitividad, mantienen relevancia aquellas acciones que enfatizan en el mejoramiento de pasturas mediante la introducción de leguminosas fijadoras de nitrógeno por vías biológicas. La creciente necesidad de paquetes tecnológicos sostenibles, convierte a estas tecnologías en alternativas válidas y viables para introducir leguminosas en ambientes pastoriles que presentan limitantes de diversa índole e intensidad.

Es en estas circunstancias que surge importante la introducción de leguminosas adaptada a estas condiciones particulares y conjuntamente ajustar la fertilización fosfatada con la finalidad de levantar los bajos niveles de este nutriente en estos suelos.

La posibilidad de lograr una implantación efectiva de leguminosas en las pasturas naturales, permitiría incrementar los niveles de la producción forrajera por hectárea, modificar su distribución estacional, mejorar la calidad de la misma y por lo tanto aumentar la productividad animal (Olmos, 2001a).

Los mejoramientos de campos han cobrado suma preponderancia como complemento de los sistemas ganaderos extensivos, dando como resultado un aumento en los niveles potenciales de productividad que actualmente se están logrando en diferentes regiones del país (Ayala, 1996).

En este contexto, el objetivo planteado en este trabajo fue el de investigar el efecto de la dosis de fósforo a la siembra sobre la implantación, tamaño de las plantas y contenido de fósforo y nitrógeno de *Lotus glaber* Mill. cv Larrañaga y *Trifolium repens* L. cv Zapicán, en un campo virgen de la Unidad de Suelos Río Tacuarembó.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. MEJORAMIENTOS DE CAMPO.

2.1.1. Generalidades.

Las pasturas naturales en el Uruguay representan la riqueza básica del país y su función no sólo consiste en proteger el suelo, sino que también constituyen el primer recurso forrajero para la producción pecuaria (Carámbula, 1996). Ellas ocupan alrededor del 86,4 % del área dedicada a la ganadería (D.I.E.A., M.G.A.P., 2000).

Existen limitaciones en el consumo animal debido a deficiencias de proteína cruda en la pastura natural hacia fines de la primavera y verano. Por otra parte a su vez las pasturas naturales presentan algunas limitantes para la producción pecuaria, destacándose la predominancia de especies ordinarias, ausencia parcial de leguminosas y la acentuación de diferencias en la producción de materia seca a lo largo del año, producto de la variación estacional (Minson cit. por Millot et al., 1987; Carámbula, 1996).

Los principales factores que afectan el crecimiento de las pasturas naturales son la influencia estacional (luz, temperatura, agua disponible), tipo y condición del suelo (propiedades físicas, fertilidad natural y pH), composición botánica del tapiz (genotipos), y el manejo de la defoliación (Santiñaque, 1984).

Los tapices naturales presentan una dominancia de especies perennes estivales sobre las especies perennes invernales, lo que lleva por lo tanto a una tendencia a poseer una mayor producción de forraje en el período primavero-estivo-otoñal (Carámbula, 1996; Olmos, 1997).

La predominancia de especies C₄ se ha debido a que éstas están mejor adaptadas a las condiciones prevalentes de clima, suelo y manejo de la región. Como consecuencia de este comportamiento, resulta ineludible el incremento de la fertilidad y la siembra en el tapiz de nuevas especies (C₃) que presenten buen crecimiento en la época de escasez,

o que su forraje producido en épocas favorables pueda ser diferido en pie hacia el invierno sin perder calidad (Carámbula, 1996).

A partir de la década del 50, en diversos países se desarrollaron trabajos tendientes a posibilitar el mejoramiento de pasturas por la inclusión de leguminosas en el tapiz de extensas áreas de suelos poco productivos (Charles, Smethan y Taylor et al., cit. por Risso, 1994).

Los mejoramientos de campo no pretenden sustituir a las pasturas naturales sino complementarlas. Se intenta incrementar la producción de forraje, corregir la estacionalidad y mejorar la calidad del tapiz nativo (Carámbula, 1977; Castro, cit. por Berretta et al., 1990; Risso, cit. por Berretta et al., 1990; Carámbula, 1994, 1996; Berretta et al., 2001) con una mayor estabilidad en el tiempo que las pasturas cultivadas, al introducir menos modificaciones en el ecosistema y por lo tanto aumentar la productividad animal (Milot et al., 1987; Olmos, 2001a).

El mejoramiento extensivo constituye una etapa intermedia entre la evolución lenta del campo, a través de los procesos de macollaje, resiembra natural y la destrucción del tapiz con el establecimiento rápido de una pastura cultivada. Por lo tanto, a través de un mejoramiento no se reemplaza la vegetación sino que sólo se la modifica favorablemente (Carámbula, 1996).

La introducción de leguminosas en los tapices naturales permite triplicar la producción de forraje sin afectar el entorno natural. Es una tecnología conservadora en el empleo de insumos que requiere una inversión inicial menor que la necesaria para una mejora convencional. Mejora la calidad del recurso suelo, a través de la incorporación de nitrógeno. Y finalmente, provoca una distorsión menor sobre el equilibrio de las especies, existiendo menores posibilidades de avances de malezas, y aún en los casos en que se pierda el mejoramiento, la situación se presenta igual o superior al punto de partida. Solamente en casos extremos puede ocurrir un avance de gramilla (Carámbula, 1977, 1996; Risso, cit. por Félix et al., 1998).

La técnica de introducir leguminosas y fosfatos ha sido largamente evaluadas en el país. La interacción de las variables climáticas en cada año, la adaptación relativa de las especies introducidas a los diferentes suelos, así como el sistema de pastoreo, son factores que han contribuido al fracaso o al éxito del método (Olmos, 2001b).

Esta introducción de especies forrajeras en el tapiz que mejoran la situación del campo natural aumentando la oferta de forraje en estaciones críticas y elevando su calidad, permite aumentar los indicadores productivos del mismo y facilita el manejo global del establecimiento.

Los mejoramientos extensivos más eficientes se lograrán cuando mediante manejos apropiados se disponga de pasturas con una muy buena persistencia productiva (Carámbula, 1996).

El éxito en el mejoramiento de campos es dependiente de un método de siembra adecuado, de que la combinación de especies a introducir sean las más productivas y persistentes, de que el manejo y la utilización esté relacionada con la fisiología de las especies y de que la fertilización fosfatada sea la adecuada (Morón, 1983).

2.1.2. Mejoramiento de campos bajos.

Los suelos característicos de campos bajos están distribuidos en todo el país, pero adquieren especial relevancia en la región Noreste y Este, caracterizados por su muy escasa pendiente y con graves problemas de drenaje. En ellas tienen relevancia los suelos hidromórficos y halomórficos, es decir, afectados tanto durante su desarrollo y evolución como en la actualidad, por problemas de drenaje deficiente, exceso de agua y sales.

En estos suelos, el drenaje pobre es probablemente el factor más importante que afecta a la fertilidad y a todas las especies forrajeras. Sin embargo, se debe tener presente que normalmente las leguminosas son más afectadas que las gramíneas. Es entonces importante enfatizar que se deberían aplicar algunas medidas con el fin de

atenuar los efectos nocivos del exceso de agua, particularmente sobre los sistemas radiculares. Con este marco se deberá facilitar el drenaje superficial, sembrar especies tolerantes al exceso de agua y optar por cultivares resistentes a enfermedades.

El principal efecto nocivo del exceso de agua en un suelo es el desplazamiento del oxígeno. Este elemento es vital para que las raíces de las especies forrajeras puedan, entre otras cosas, absorber los nutrientes disueltos en el agua del suelo.

Los suelos muy húmedos inundables corresponden casi en su totalidad a gleysoles, los cuales pasan gran parte del año con exceso de agua y con grandes riesgos de inundaciones, por lo que aún siendo de uso exclusivo ganadero, su uso pastoril es restringido.

El éxito en el mejoramiento de pasturas en los campos bajos depende de varios factores que deben ser controlados. El factor más importante es la competencia del tapiz natural, el cual es muy agresivo y denso en esos campos (Mazzitelli, 1986).

El aporte de forraje de los campos bajos es de gran valor en el período crítico estival, no sólo porque continúan produciendo cuando los campos altos comienzan a detener el crecimiento, sino también por la calidad del forraje (Mazzitelli, 1986).

Según Zanoniani (1998) es común que en los bajos de establecimientos ganaderos se detecten zonas subpastoreadas, que determinan una reducción del área de pastoreo y provocan que los animales sobre-pastoreen en las zonas más altas de laderas.

Mazzitelli (1986) sostiene que su potencial productivo es sólo parcialmente utilizado, debiéndose esto principalmente: i) a que los campos bajos se distribuyen en áreas relativamente pequeñas, y ii) a que los animales -salvo en el período estival y en períodos secos- no entran a pastorear regularmente, de manera que el tapiz es dominado por gramíneas de alto porte.

Los suelos ubicados en los bajos son más profundos, de mayor fertilidad, con mayor humedad en el período estival, las cuales con un adecuado manejo (introducción

de leguminosas y fertilización fosfatada, manejo del pastoreo, etc.) permiten lograr producciones comparables a las mejores praderas cultivadas (Mazzitelli, 1986; Zanoniani, 1998).

La humedad es un componente importante de la mayoría de los ecosistemas, y puede afectar en gran medida el índice de la supervivencia de muchas especies (Andersen, 1999) por lo tanto resulta de vital importancia la introducción en el tapiz de especies que se adapten a las condiciones de anegamientos temporales que ocurren en estas situaciones topográficas y tipos de suelos.

2.2. PRESENCIA DEL TAPIZ VEGETAL.

El aspecto más discutido desde el punto de vista agronómico es el grado de remoción del tapiz antes de la siembra, tratando de minimizar la competencia que éste ejerce sobre las especies introducidas, debido a que la supervivencia de las plántulas es dependiente de una adecuada cantidad de luz, humedad y nutrientes, los cuales están disponibles en los nichos generados más que en la pastura cerrada. Este factor es el más importante cuando se trata de siembras en cobertura (Janson et al., 1971; Howe et al., Chapman, cit. por Wedderburn et al., 1996).

Durante el establecimiento de las especies introducidas en el tapiz natural se suscitan distintas interacciones, las que se producen desde la misma siembra, en donde la semilla debe enfrentar un medio hostil, agresivo, con características netamente definidas que pueden imponer limitantes al logro de una implantación exitosa. Estas interacciones son la resultante de un conjunto de efectos simples, pero que operan simultáneamente (Argelaguet et al., 1985; Carámbula et al., 1994).

A continuación se analizan dichos efectos.

2.2.1 Nicho Ecológico.

La ocurrencia de pequeños espacios, aberturas en la vegetación es fundamental para que las especies prateses introducidas puedan colonizar y extenderse en las pasturas naturales (Dowling, Campbell, cit. por Risso, 1998; Carámbula et al., 1994).

Este aspecto tiene una importancia tan relevante en los mejoramientos de campo que es posible afirmar que la persistencia sostenida de una especie en determinado tapiz, sólo puede registrarse si la ocurrencia de nichos adecuados se produce en forma oportuna, con antelación y con suficiente frecuencia, con lo cual se promoverán condiciones adecuadas para una buena germinación y desarrollo de plántulas (Carámbula et al., 1994).

Existen algunas características que identifican a los nichos y que son de gran valor por su incidencia sobre el proceso de implantación. El tamaño, la forma, el momento de formación y la duración del mismo son los de mayor importancia (Carámbula et al., 1994).

2.2.2. Cobertura.

El tapiz está compuesto por una parte verde creciendo activamente, y restos secos que forman un mantillo sobre la superficie del suelo. Ambos contribuyen a que la superficie del suelo se conserve más húmeda, contrarrestando en cierta medida las fluctuaciones de humedad y temperatura que se producen en la interfase aire suelo desnudo que rodea a las semillas, mejorando las condiciones de germinación e implantación (Argelaguet et al., 1985).

La cobertura protege a las semillas y a las plántulas de la exposición a factores climáticos como: viento, desecación, exposición a la luz solar, fríos extremos, calor y los efectos de las lluvias fuertes, favoreciendo así la creación de un microclima adecuado para las especies introducidas (Chapman et al., Blackmore, cit. por González, 1997).

2.2.3. Competencia.

La competencia es un proceso puramente físico. La competencia surge de la reacción de una planta sobre los factores físicos que la rodean y del efecto de los factores modificados sobre sus competidores. En el sentido exacto, no importa cuán cerca estén dos plantas; ellas no compiten entre sí mientras el contenido de agua, nutrientes, luz y temperatura estén en exceso sobre las necesidades de ambas. Cuando el suministro inmediato de un sólo factor necesario cae por debajo de la demanda combinada de las plantas, la competencia comienza (Donald, 1964).

Cuando gramíneas y leguminosas crecen juntas compiten por espacio, luz, agua y nutrientes (Donald, 1964).

Como fue mencionado anteriormente, una cierta cobertura es esencial para el establecimiento de las especies introducidas, pero existen lugares donde la presencia de una vegetación densa y agresiva, es perjudicial para la sobrevivencia de las plántulas. Una sobrevivencia pobre de las plántulas causa con mayor frecuencia un fracaso en el establecimiento, que una germinación insuficiente (White, cit. por González et al., 1997).

El campo natural como comunidad vegetal compleja, compuesta por poblaciones coexistentes, la competencia inter e intraespecífica puede llegar a ser conjuntamente con el pastoreo un importante factor organizador de la vegetación (Arias, 2001). El grado de competencia que se genera depende de varios factores entre los cuales se puede citar: a) disponibilidad de los factores de crecimiento siendo los más importantes agua, nutrientes (fósforo, nitrógeno, etc.) y luz; b) requerimientos del tapiz natural creciendo (especies, ciclo, etc.); y c) requerimientos de las especies introducidas (Argelaguet et al., 1985).

Muchos investigadores han demostrado que la reducción de la competencia del tapiz natural es fundamental si se desea lograr una buena implantación a través de un alto porcentaje de establecimiento y una mayor persistencia (Cullen, cit. por Carámbula,

1977; Linscott y Vaughan, 1982; Dowling, cit. por Argelaguet et al., 1985; Montes, 1985; Kim, Chapman et al., Ritchie, cit. por González, et al., 1997).

El factor más importante para la instalación de leguminosas es la competencia por luz, lo cual puede ser controlado por pastoreos adecuados (Carámbula, 1977).

2.3. ACONDICIONAMIENTO DEL TAPIZ.

En el desarrollo de un mejoramiento de campo es importante planear con anticipación su siembra, de manera de adecuar el manejo del pastoreo que se practique desde meses previo al otoño, ya que el acondicionamiento del tapiz juega un importante papel (Dowling et al., cit. por Risso et al., 1996).

La disminución del efecto competitivo de la vegetación preexistente sobre la especie que se va a introducir puede alcanzarse a través de diferentes tratamientos, entre los que puede citarse al pastoreo, la quema y la aplicación de herbicidas entre otros (Carámbula, 1977; Risso, 1998; Millot et al., 1987; Santiñaque, 1994; Carámbula 1996).

El acondicionamiento del tapiz deberá regular la densidad de la cubierta vegetal, favorecer el contacto semilla suelo y disminuir la capacidad de competencia de la pastura nativa, mediante un agotamiento progresivo de las reservas de los componentes del tapiz (Risso et al., 1996), de forma que el rebrote a comienzos de primavera no sea agresivo y acompañe el crecimiento de las leguminosas introducidas (Arias et al., 2001; Risso, 1994).

El tapiz debe ser acondicionado en forma correcta para recibir a las semillas. A tales efectos deben efectuarse tratamientos intensos de debilitamiento (pastoreos, maquinaria, etc.), los tratamientos a utilizar dependerán de las características de las pasturas (tapices abiertos hasta densos y agresivos). Con esto no se pretende eliminar la pastura natural sino que se trata de crear “nichos ecológicos” o “sitios seguros”. En si se genera un ambiente heterogéneo a nivel del ecosistema a ser utilizado por las especies introducidas (Carámbula 1994; La Paz et al., 1996; Clemente et al., 2000; Arias et al., 2001).

Existen numerosos métodos para efectuar la preparación del tapiz previo a la siembra y la aplicación de unos u otros depende del tipo y cantidad de vegetación presente, de la pedregosidad, de la accesibilidad del potrero, del nivel de fertilidad, de la susceptibilidad de erosión y del costo de las operaciones (Carámbula, 1996).

2.3.1. Pastoreo.

En el Uruguay, el pastoreo es el método más usado para la preparación del tapiz previo a la siembra. En general se deben realizar pastoreos periódicos con dotaciones altas de vacunos y lanares desde la primavera (Millot et al., 1987; Risso, cit. por Gutiérrez et al., 2003) o verano (Carámbula, 1996; Olmos, 2001a), alternando con períodos de alivio hasta previo a la siembra de otoño (Millot et al., 1987; Risso, 1994; Carámbula, 1996; Berretta et al., cit. por Cianciarullo et al., 2000; Olmos, 2001a).

En campos naturales bajo pastoreo intenso el porcentaje del total de raíces en los primeros 30 centímetros fue mayor que el obtenido en pastoreos moderados. Esto estaría indicando que un manejo previo de acondicionamiento por un tiempo muy largo e intenso provocaría una situación de alta competencia por los factores de crecimiento para las raíces de las especies sembradas, lo cual conduciría a un menor porcentaje de implantación y consecuentemente menor productividad (Lorentz et al., 1973).

El control de la vegetación nativa mediante pastoreos aparece como una alternativa adecuada en zonas sin infraestructura agrícola, siendo una técnica relativamente barata que no implica riesgos de erosión asociados al uso de alternativas con remoción parcial del tapiz (Millot et al., 1987; Carámbula, 1996).

La forma más eficiente de realizar un acondicionamiento del tapiz mediante pastoreo sería iniciar los pastoreos con vacunos, una vez que la pastura ofrezca menores cantidades de forraje serían reemplazados por ovinos (Carámbula, 1977, 1996).

Las defoliaciones de las gramíneas perennes, previas a la siembra, mejoran el establecimiento de *Trifolium repens* L. y *Trifolium pratense* L. En cambio, el efecto

benéfico de la defoliación se debería a que ésta aumenta la intensidad lumínica para el establecimiento de las plantas (Curll et al., 1987).

El principal objetivo del manejo previo mediante pastoreos es provocar una reducción de las sustancias de reserva de las especies integrantes del tapiz que provocara que los rebrotes sean débiles y de bajo poder competitivo (Carámbula, 1996).

No es imprescindible ni conveniente arrasar totalmente el tapiz, ya que la presencia de cierta altura de forraje y algunos restos secos protegen la germinación y las pequeñas plántulas en desarrollo (Risso, 1994).

2.3.2. Quema.

El acondicionamiento del tapiz mediante la quema se torna efectiva cuando con pastoreos no se pueden controlar excesivas cantidades de forraje duro y seco. La misma deberá realizarse con suelo húmedo, con una velocidad y dirección del viento tales de que el fuego corra rápido de manera de impedir que temperaturas altas por tiempo inadecuado afecten la base de la vegetación existente y el banco de semillas del suelo (Carámbula, 1996).

2.3.3. Herbicida.

El uso de herbicidas para reducir la competencia del tapiz vegetal y facilitar el establecimiento de nuevas especies forrajeras ha sido practicado por diversos investigadores (Carámbula, 1977).

Con el uso de herbicidas se puede obtener una cubierta vegetal que proteja la semilla del proceso de pérdida de agua y que a su vez no compita por nutrientes con la especie que se desea instalar. El uso de herbicidas como forma de control del tapiz, ha demostrado no ser esencial para promover el establecimiento de leguminosas debido a que no se observó un efecto del herbicida en esta fase crítica en la instalación de un mejoramiento de campo (Chapman, et al., cit. por Clemente, et al., 2000; Wedderburn et al., 1996).

2.3.4. Laboreo reducido.

Cuando el control del tapiz se hace muy difícil, el laboreo superficial realizado antes de la siembra puede constituirse en un método efectivo para reducir la competencia que ejerce el tapiz natural (Milot, et al., 1987; Santiñaque, 1991; Carámbula, 1996).

Por lo general las herramientas más usadas se las puede dividir en dos grupos: i) las herramientas con sistema operativo de corte y desplazamiento de suelo, las cuales producen porcentajes variables de control del tapiz dependiendo del implemento, peso, ángulo de los cuerpos en relación a la dirección de avance y de la velocidad de trabajo siendo las más usadas las excéntricas, rastras de discos y disqueras e ii) las herramientas que poseen un sistema operativo que trabaja por impacto (labranza vertical), siendo el tipo de preparación del suelo dependiente del peso, velocidad de avance y del tipo de reja usado, siendo las herramientas más usadas el vibro y el cincel (C.I.A.A.B., 1974; Carámbula, 1977).

2.4. MÉTODOS DE SIEMBRA EN EL TAPIZ.

El tipo de tapiz natural, ya sea desde ralo de matas aisladas a denso de gramillar, así como el ciclo de las especies que lo componen, se trate de invernal o estival, tienen una gran incidencia en la efectividad del método de implantación utilizado (Carámbula, 1996).

La siembra en el tapiz debe realizarse siempre que existan en el suelo condiciones de humedad adecuadas que favorezcan una rápida germinación y el establecimiento inmediato de las plántulas. El método de siembra que se elija de acuerdo a las condiciones particulares del potrero a mejorar, debe asegurar que exista un íntimo contacto entre las semillas y el suelo (Campbell, cit. por Carámbula, 1996).

Las leguminosas debido a su modo de germinación (epigeo) y a las fuerzas de crecimiento de la radícula que tienden a alargarla hacia su extremo, así como por la extensión del hipocotilo que eleva los cotiledones, se combinan para empujar la semilla lejos del lugar de entrada de la radícula en el suelo. Esta situación provoca que si no

existiera un contacto directo de la semilla con el suelo, sus irregularidades le brindarían cierta barrera física, las cuales restringen su movimiento al germinar. En la medida que la radícula penetre rápidamente en el suelo, se reduce la posibilidad de fallas en el establecimientos de las plántulas (Carámbula, 1996).

La siembra de mejoramientos de campo, ha demostrado ser una tecnología válida y confiable para complementar la producción de forraje de las pasturas naturales. Esta técnica consiste en la introducción de especies en la pastura por diversos métodos siendo los más usados en nuestras condiciones:

Siembra en Cobertura, Siembra Directa y Siembra con sembradora de zapata. (Olmos, 2001a, b).

El uso de cualquier método de siembra no origina diferencias significativas en los resultados finales, siempre y cuando se aplique en forma correcta. El éxito obtenido pasa en la mayoría de los casos por la ocurrencia de condiciones climáticas favorables post-siembra. Cada método ofrece ventajas y desventajas, la elección de cuál utilizar va a depender del tipo de suelo, especies predominantes, tipo de tapiz, condiciones de humedad a la siembra, aspectos económicos y disponibilidad de maquinaria (Millot et al., cit. por Clemente, et al., 2000; Olmos, 2001a, b).

2.4.1. Siembra en Cobertura.

La siembra en cobertura constituye el método más común de instalación de mejoramientos extensivos y se utiliza principalmente en campos donde existe la seguridad de que la competencia por parte de la vegetación nativa es baja o puede ser reducida a niveles aceptables mediante el empleo de distintas estrategias de manejo como puede ser el pastoreo de vacunos y lanares, el pasaje de implementos mecánicos como una pastera, o bien el uso de implementos que disturbán una parte del suelo como rastras de discos livianas, vibro y cinceles (Carámbula, 1977, 1996).

Las evaluaciones de adaptación de las distintas especies realizadas con siembras en cobertura presentan resultados diferentes a los obtenidos con el sistema de siembra convencional (Olmos, 2001a).

Este tipo de siembra se adapta a especies que toleran dicho sistema de siembra extensiva, topografías abruptas, suelos pedregosos, suelos mal drenados o anegados y tapices no muy cerrados (Clemente et al., 2000).

Una de las principales razones en las fallas de las siembras en cobertura es la pérdida de plántulas por la falta de una buena penetración de las raíces primarias en el suelo (Carámbula, 1996).

En tal sentido, Santiñaque (1984) sostiene las condiciones físicas del suelo para la penetración de la radícula y crecimiento posterior del sistema radicular en un suelo indisturbado no ofrece dificultades para el crecimiento inicial y penetración de la radícula. El desarrollo radicular posterior a la germinación no tendría limitaciones dado el sistema de macroporos continuos, determinado por los agregados naturales del suelo. Esto permitiría a las raíces explorar el perfil sin dificultades, aumentando la eficiencia de uso de agua y nutrientes, siendo esta condición natural de la estructura del suelo la determinante de mayores posibilidades de crecimiento en situaciones de estrés.

2.4.2. Siembra Directa.

La siembra directa es un sistema que permite producir forraje, sembrando directamente en el suelo sin la roturación previa del mismo. La semilla es colocada en una pequeña banda de suelo perturbada por el tren de siembra de la máquina, ubicando a la semilla a una profundidad uniforme en contacto con el suelo, favoreciendo el crecimiento inicial de las plántulas (Martino, 1994; Carámbula, 1996).

Para lograr siembras adecuadas las máquinas de siembra directa deben trabajar en forma correcta, lo cual depende de la cantidad de residuos vegetales al momento del pasaje de la máquina (densidad del tapiz), de la textura y humedad del suelo, haciéndose

más difícil un buen trabajo de éstas cuanto más entramado es el tapiz, más seco, arcilloso y compactado es el suelo (Berretta 1983; Carámbula, 1996).

2.4.3. Siembra con sembradora a zapata.

Las sembradoras a zapatas han sido utilizadas en nuestro país para mejoramientos de campos y renovación de praderas cultivadas. Los elementos operativos de estas máquinas preparan un surco de 6-7 cm de ancho por 3-4 cm de profundidad, caracterizándose por no poseer elemento compactador, teniendo únicamente una cadena que corre en el surco que cubre las semillas y el fertilizante (Carámbula, 1977; Berretta, 1983).

Estas sembradoras se adaptan mejor en suelos pedregosos donde hay abundantes piedras sueltas en superficie, suelos superficiales, suelos con pendientes pronunciadas y en suelos con tapices muy cerrados. Su sistema operativo realiza todo grado posible de desagregación del suelo, dependiendo ello de la humedad y compactación del suelo (Carámbula, 1977; Berretta, 1983).

2.5. FERTILIZACIÓN FOSFATADA.

2.5.1. Generalidades.

Las semillas, los inoculantes y los fertilizantes deben ser considerados muy especialmente antes de instalar una pastura, ya que ellas contribuyen en forma definitiva al éxito o al fracaso de su implantación y, en consecuencia, en la persistencia productiva de la misma. El beneficio de su uso permite a las especies introducidas colonizar los nichos que existen en la pastura. El fósforo a aplicar puede ser suministrado con diferentes tipos de fertilizantes fosfatados (Wedderburn et al., 1996; Carámbula, 2002).

La investigación científica confirma la importancia de agregar por medio de fertilizantes los elementos minerales necesarios para alcanzar rendimientos adecuados de forraje en las pasturas (Carámbula, 2002). Coincidentemente, Wedderburn et al., (1996)

sostiene que el principal factor que afecta el establecimiento y la sobrevivencia de *Lolium perenne* y *Trifolium repens* sembrado en cobertura es la fertilidad del suelo.

El crecimiento de las pasturas y su capacidad de responder a la fertilización está influenciado por un complejo conjunto de factores que interaccionan entre sí. Entre los factores que afectan la respuesta a la fertilización fosfatada se pueden destacar las variaciones estacionales (luz, temperatura y agua), el tipo de suelo (pH, compactación), las enfermedades y plagas, el manejo previo, las especies (composición botánica), los fertilizantes aplicados anteriormente (cantidad y época) y su utilización (Morón, 1983).

2.5.2. Importancia del fósforo.

El fósforo es un nutriente esencial, debido a que es un componente de la estructura energética de todo ser vivo (Carámbula, 2002).

Existen una gran cantidad de reacciones de degradación (hidratos de carbono, lípidos, proteínas) que implican liberación de energía. Esa energía es almacenada en el adenosin trifosfato (ATP) mediante enlaces P-P ricos en energía. Esa energía almacenada en el ATP es utilizada en otros procesos que demanden energía como son los procesos de síntesis o de absorción activa de iones en la raíz de las plantas. Similares consideraciones sobre el fósforo pueden realizarse como integrante de los ácidos nucleicos, fosfolípidos y coenzimas (Puig et al., 1983; Morón, 1996; Hernández, 1999).

Otros procesos en donde el fósforo está involucrado incluyen la división celular, la estimulación del crecimiento celular, floración, fructificación y formación de semillas (Hernández, 1999).

El fósforo se clasifica como macronutriente, pese a que su contenido en las plantas es siempre menor que el de nitrógeno, potasio y calcio. Sin embargo, como factor limitante de la producción vegetal, el fósforo es más importante que el calcio, y quizás aún que el potasio. Es el primer factor limitante nutricional en los suelos del Uruguay, dados sus niveles naturalmente deficientes para la siembra de cultivos y

pasturas (Hernández, 1999). En condiciones de campo natural no fertilizado, los horizontes A de los suelos del Uruguay contienen menos de 10 ppm de fósforo asimilable evaluado por el método Bray I, mientras que los niveles críticos para la instalación de cultivos y pasturas superan este valor (Marchesi et al., 1993; Hernández et al., 1995; Zamalvide, 1998).

En las pasturas, donde las plantas son un producto intermedio, el déficit de fósforo disminuye la implantación, las tasas de crecimiento y afecta la concentración de fósforo en el forraje, y por lo tanto, su calidad nutritiva. De nada sirve realizar un acondicionamiento correcto del tapiz, elegir el método y la época correcta para la siembra, ni las densidades adecuadas, si no levantamos la restricción que hay en el suelo en cuanto a sus niveles inadecuados de nutrientes, en este caso el fósforo (Morón, 1996; Carámbula, 1996).

La capacidad de absorción de nutrientes depende, entre otros factores, del tipo de sistema radicular. Es así que las gramíneas poseen una ventaja competitiva sobre las leguminosas en la absorción de agua y nutrientes. Particularmente esta característica es importante en nutrientes poco móviles como el fósforo (Evans, cit. por Caram et al., 1996).

Las diferencias morfológicas de las raíces de gramíneas y leguminosas afectan la capacidad de absorción de fósforo del suelo. La mayoría de las gramíneas producen una red de raíces finas y fibrosas que se ramifican completamente dentro de los estratos del suelo a profundidades de 24 a 50 centímetros. Esta capacidad de exploración permite extraer suficiente fósforo, ocurriendo lo contrario con las leguminosas, las cuales poseen una raíz principal con ramificaciones que son de menor extensión y fibrosidad que las raíces de las gramíneas (Chilibroste et al., 1982; Marchesi et al., 1993; Englestad et al., cit. por Ferrés et al., 2003).

Los requerimientos de fósforo por parte de las leguminosas son básicos, debido a que con niveles adecuados de este nutriente se logra concretar un buen crecimiento y

desarrollo, a su vez se favorece una buena nodulación la cual permitirá una buena fijación biológica de nitrógeno.

Las raíces de las leguminosas poseen una mayor capacidad de intercambio (20 meq/100g) catiónico que las gramíneas (13,3 meq/100g). El género *Lotus* spp. posee un sistema radicular que le permite explorar mejor el suelo que otros géneros como *Trifolium* spp., por lo tanto presenta una mayor eficiencia de absorción y transporte de fósforo hacia los sitios de activo crecimiento. Sumado a esto, las células de las raíces son generalmente de mayor tamaño, marcando esto una capacidad mayor de acumulación de este nutriente en la raíz (Marchesi et al., 1993; Bermúdez et al., 2000).

Las especies de las leguminosas son muy dependientes en la disponibilidad de fósforo en el suelo para establecerse y crecer. La cantidad de fósforo en el suelo y la magnitud de la respuesta a la fertilización de fósforo determinan los niveles de fertilizante a agregar (Ayala, 2000).

2.5.3. Síntomas de deficiencia.

Una deficiencia de fósforo tiene como resultado escaso crecimiento vegetal, determinando plantas pequeñas con reducido sistema radicular, tallos delgados, reducción del área foliar y expansión de las hojas así como el número de hojas (Puig et al., 1983; Hernández, 1999; Fredeen et al., Lynch et al., cit. por Ferrés et al., 2003).

El crecimiento de raíces es menos inhibido por deficiencias de fósforo, observándose el típico aumento de la relación raíz /parte aérea en peso seco. En general el aumento de dicha relación en plantas con deficiencias de fósforo está correlacionado con un incremento en el flujo de carbohidratos hacia las raíces (Marascher, 1995; Santiñaque, 1997; Kamis et al., cit. por Ferrés et al. 2003).

Al ser este nutriente muy móvil en la planta, al ocurrir deficiencias es transferido de los tejidos más viejos a las partes de más activo crecimiento, que son los meristemas.

Como resultado, los síntomas de deficiencia se observan generalmente en las hojas más viejas, que frecuentemente se presentan de color verde oscuro (Hernández, 1999).

En general, los síntomas de deficiencia de fósforo es difícil de diagnosticar por examen visual de las plantas, se requieren análisis químicos o ensayos con fertilizantes fosfatados (Puig et al., 1983; Hernández, 1999).

2.5.4. Requerimientos de las plantas.

Con niveles muy bajos de un nutriente esencial, la planta presenta síntomas de deficiencia. Al aplicar fertilizantes para corregir los síntomas de deficiencia, y hasta alcanzar el nivel crítico a nivel tisular, existe una respuesta adicional en rendimiento por cada unidad adicional de fertilizante aplicado (Scott, 1981).

Carámbula, (1977) sostiene que para las leguminosas los niveles de fósforo que poseen los suelos del Uruguay no son los adecuados para la implantación y crecimiento de estas especies. Es por este motivo que se vuelve condición indispensable aumentar los niveles de fósforo en el suelo para que las leguminosas puedan establecerse y a su vez lograr alcanzar su potencial de rendimiento.

Al aumentar los niveles de fertilización fosfatada la proporción de leguminosas en la producción total de forraje de una pastura mezcla aumenta. Esto significa que la habilidad competitiva de las leguminosas es menor en condiciones de baja disponibilidad de fósforo en el suelo (Rabuffetti et al., 1999). Este comportamiento es atribuible a las diferencias morfológicas de la raíz ya expuestas. En el Cuadro 1 se indican las diferencias en niveles críticos de fósforo para la implantación de diferentes especies de leguminosas.

Cuadro N° 1: Clasificación por grado de exigencia de fósforo, nivel de requerimientos en el suelo a la siembra según la especie de leguminosa considerada.

Especie Leguminosa	Grado de exigencia	Fósforo necesario para óptimo rendimiento
<i>Lotus corniculatus</i>	Poco exigente	12-13 ppm
<i>Lotus glaber</i>		
<i>Lotus pedunculatus</i>		
<i>Lotus subbiflorus</i>		
<i>Lotus subterráneo</i>		
<i>Trifolium repens</i>	Intermedio	14-16 ppm
<i>Trifolium pratense</i>		
<i>Trifolium spp.</i>		
Medicago sativa	Muy exigente	18-20 ppm

(Adaptado de Hernández, 1999; Zanoniani et al, 2004).

Trifolium repens es una especie de alto valor nutritivo y por su hábito postrado está bien adaptada al pastoreo. Esto la hace una opción a ser considerada al momento de elegir las especies a sembrar. También son conocidos sus importantes requerimientos en fósforo en el suelo para producir altos rendimientos (García, 1996; Morón, 1999).

El género *Lotus* posee muy buenas características respecto a que se adapta a suelos con amplio rango de valores de pH, escasa disponibilidad de fósforo y niveles extremos de humedad, particularidades estas que permiten tener una opción para la siembra en la mayoría del país (Olmos, 1997, 2001b; Carámbula 2002; Zanoniani et al., 2004).

2.5.5. Disponibilidad de fósforo en el suelo.

El contenido total de fósforo en el suelo es bajo, encontrándose para diferentes suelos un rango entre 0,013 y 0,089%, siendo explicada dicha variación por el material de origen de los suelos y las condiciones de meteorización. El contenido total de fósforo

en los suelos no es un índice de disponibilidad para las plantas. Para la mayoría de las plantas, la concentración óptima de fósforo en la solución del suelo se encuentra entre 0,05 y 0,4 mg.ml⁻¹ (Hernández, 1995; Barber, cit. por Arias, 1998; Hernández, 1999).

El fósforo se libera en forma soluble en los suelos por descomposición de los minerales primarios que lo contienen (fluorapatita, apatita), así como el proveniente de la descomposición de los residuos vegetales. En general, a medida que la textura del suelo es más fina, el porcentaje de fósforo es mayor (Hernández, 1999).

El fósforo es relativamente estable en los suelos. Su alta estabilidad es consecuencia de la baja solubilidad de los compuestos fosfatados, lo cual constituye la causa inmediata de deficiencias de este nutriente para las plantas. A su vez, los niveles alcanzados por fertilización ira disminuyendo con el tiempo, lo cual esta relacionado al grado de reacción del fósforo con las diferentes fracciones del suelo, para formar compuestos insolubles (Puig et al., 1983; Hernández, 1999).

La baja solubilidad de los compuestos fosfatados en los suelos trae como consecuencia niveles residuales de fosfatos en la solución del suelo, los cuales oscilan en el entorno de 0,05 ppm de fósforo en suelos sin agregado reciente de fertilizantes.

Desde el punto de vista de la disponibilidad para las plantas, en lo referente a las formas del fósforo en el suelo y sus relaciones, se desarrollo un esquema que es un planteo de equilibrios químicos inorgánicos en un sistema Suelo- Planta:

P solución ↔ P lábil ↔ P no lábil

(Larsen, cit. por Arias, 1998; Hernández, 1999).

En un ecosistema natural las distintas fracciones de fósforo se encuentran en un equilibrio dinámico. A partir del momento que se aplican fertilizantes fosfatados este equilibrio es alterado, con lo cual son alteradas las cantidades totales así como las distintas fracciones y la relación entre ellas.

El P lábil es la fracción del fósforo inorgánico presente en la fase sólida del suelo capaz de reponer rápidamente el fósforo presente en la solución del suelo en la medida que disminuya su valor de equilibrio. La reposición de ese fósforo a la solución se produce hasta un nivel que sería el correspondiente a la constante del producto de la solubilidad de los compuestos que lo forman (Puig et al., 1983; Arias, 1998; Hernández, 1999).

2.5.6. Efectos de la aplicación de fertilizantes en cobertura sobre las plantas.

El fósforo llega a la raíz mayormente por difusión, este mecanismo opera por diferencias de concentración a pequeñas distancias (0,1 a 15 mm), explicando el aporte por este mecanismo más del 80 % del total absorbido. Por este motivo, la forma de obtención de este nutriente depende en gran parte de la capacidad de exploración del suelo por las raíces o de su capacidad de absorber fósforo por unidad de superficie, peso y largo de la raíz (Puig et al., 1983; Evans et al., cit. por González et al., 1999; Hernández, 1999).

La práctica de aplicar el fertilizante granulado en superficie determina un menor contacto entre éste y el suelo, con lo cual se va a producir una liberación más lenta del fósforo, lo que redundará en una mayor eficiencia en el uso de este nutriente ya que estará menos expuesto a reacciones de retención que se dan en el suelo (González et al., 1999; Hernández, 1999; Casanova et al., cit. por Ferrés et al., 2003).

Al estar el fertilizante aplicado en superficie provoca una mayor concentración de raíces en esta zona del suelo, éste es un aspecto no deseable ya que es en esta porción de suelo donde mas rápidamente se pierde humedad por evaporación efecto que se agrava por la mayor concentración de raíces en esta zona del perfil, determinando esto que las plantas sean más susceptibles a déficit hídrico en las primeras etapas del establecimiento de las especies sembradas (González et al., 1999; Baethgen et al., cit. por Ferrés et al., 2003).

2.5.7. Factores que afectan la disponibilidad de fósforo en el suelo.

2.5.7.1. Efecto del tapiz vegetal.

La siembra de leguminosas sobre tapiz nativo, usualmente determina un aumento en el nivel de equilibrio de la materia orgánica, con lo cual aumenta el contenido de fósforo orgánico, aunque las relaciones carbono/fósforo y nitrógeno/fósforo en los suelos son más variables que las relaciones carbono/nitrógeno (Morón, 1994; Hernández, 1999).

Los suelos bajo pasturas tienen promedialmente tres veces más fósforo en biomasa microbiana que suelos bajo agricultura. Esta biomasa microbiana en general se concentra en los primeros 7,5 cm. (Perrott et al., Brookes et al., cit. por Morón, 1994).

2.5.7.2. La remoción de fósforo a través de los productos.

En los mejoramientos de campo cuando se hace referencia al fósforo exportado en productos animales se hace referencia a básicamente carne y lana, siendo los niveles de extracción de este nutriente dependiente de la cantidad retirada y de su concentración. A medida que se intensifica la producción se torna más relevante la consideración de este factor (Morón, 1994).

La extracción de fósforo en la remoción de forraje puede llegar a ser del 0,4 % del contenido medio de este nutriente en la capa arable (Lipman et al., cit. por Rabuffetti et al., 1999).

2.5.7.3. Pérdidas de fósforo por erosión.

El fósforo biológicamente disponible se concentra en las fracciones más finas y materia orgánica y la erosión es un proceso selectivo por la pérdida del sedimento enriquecido en estas (Morón, 1994).

Las fertilizaciones fosfatadas en cobertura generan una gran acumulación de fósforo en los primeros centímetros del perfil, por lo que la erosión laminar ocasiona pérdidas de fósforo significativamente importantes.

2.5.7.4. Efecto de la acidez del suelo.

La acidez del suelo para las plantas tiene dos tipos de efectos: directos e indirectos. Los primeros son aquellos que el pH afecta a través de diferentes mecanismos como puede ser la retención de fósforo, afectando formas químicas en solución, la tasa de mineralización de fósforo orgánico y la solubilización de compuestos fosfatados. Los efectos indirectos son aquellos que involucran tanto al suelo como a la planta donde se producen cambios en las formas iónicas en la solución del suelo relacionadas al proceso de absorción de este nutrientes por las raíces, determinando cambios en el pH del suelo y en la velocidad de absorción de fósforo (Hernández, 1999).

En suelos ácidos predominan compuestos fosfatados que son de mayor velocidad de absorción por las raíces de las plantas (Hernández, 1999).

Suelos ácidos con alto grado de retención de fosfatos se asocian a la presencia de altos contenidos de aluminio intercambiable (Tisdale et al., cit. por Hernández, 1999).

2.5.7.5. Efecto de condiciones de anaerobiosis temporal en el suelo.

La dinámica del fósforo en suelos donde se produce alternancia de saturación y secado difiere marcadamente de los suelos normales. La inundación incrementa la disponibilidad de fósforo nativo y del fósforo agregado (Patrick et al., Sanyal et al., cit. por Morón, 1994).

Condiciones de anaerobiosis provocadas por excesos de agua determinan que los microorganismos del suelo deban hacer un cambio en los aceptores de electrones, pudiendo ser uno de ellos el hierro el cual pasa de su forma oxidada (Fe^{+3}) a la forma reducida (Fe^{+2}). Los compuestos que se forman por la reacción del hierro con el fósforo son altamente insolubles, pero esta reducción del hierro trae como efecto colateral la liberación del fosfato a la solución. Esto determina que al establecerse las condiciones de anaerobiosis aumente la disponibilidad de fósforo (Hernández, 1999)

La disponibilidad de fósforo en suelos inundados puede aumentar debido a otros mecanismos como lo son el consumo de iones hidrogeno, aumentando el pH del suelo lo

cual provoca un aumento de la solubilidad de compuestos fosfatados con aluminio y mineralización de la materia orgánica (Hernández, 1999).

Se han encontrado altos incrementos de fósforo disponible luego de picos de lluvias los que pueden asociarse a períodos de alta mineralización, pudiendo existir una liberación de fósforo causada por condiciones de reducción en el suelo (Garbouchev, Saunders et al., cit. por Ferrando et al, 1997).

2.5.8. Retención de Fósforo por los suelos.

En general la disponibilidad de fósforo nativo es menor en suelos ácidos, debido a la conversión hacia formas inorgánicas no disponibles o formas orgánicas de disponibilidad lenta, lo cual es consecuencia de un proceso de desarrollo de suelo, más que causado por la acidez del mismo (Scott, 1981).

El fósforo aplicado sobre el suelo o incorporado no permanece totalmente efectivo a través del tiempo debido a una disminución de su disponibilidad para las plantas, como consecuencia de las reacciones entre el fósforo y el suelo a lo largo del tiempo. Parte del fósforo agregado con el fertilizante puede ser absorbido por la fase sólida del suelo y parte puede precipitar como fosfato de aluminio, hierro y/o calcio; fenómeno denominado retención o fijación, dependiendo de la cantidad de fósforo incorporado y el tipo de suelo (Chilibroste et al., 1982, Hernández, 1999).

La aplicación de fertilizantes conteniendo fósforo soluble al suelo altera el equilibrio del fósforo en el suelo incrementando el fósforo de la solución del suelo temporariamente hasta altas concentraciones. Con el transcurso del tiempo dicha disponibilidad se reduce debido a los dos tipos de reacciones que se diferencian en la velocidad con que se producen (Morón, 1994; Ferrando et al., 1997; Mendoza et al., cit. por Arias, 1998).

Existe una reacción rápida en la cual el fósforo es adsorbido por los coloides del suelo desde la solución, conservando alta reactividad. Este proceso puede variar según el tipo de suelo (Morón, 1994; Zamalvide, 1998; Hernández, 1999).

La reacción lenta ocurre cuando el fósforo inicialmente adsorbido, es retenido en una forma más estable, con lo cual la proporción del fertilizante que permanece disponible disminuye exponencialmente con el tiempo. El factor que más explica la capacidad fijadora de los suelos del Uruguay es el contenido de Fe_2O_3 , constituyendo los contenidos de arcilla y de aluminio intercambiable otras variables importantes a tener en cuenta. Estas reacciones varían según el tipo de suelo, lo cual posee gran importancia agronómica ya que se puede determinar el tiempo que el fósforo aportado por el fertilizante permanecerá en forma asimilable, lo cual puede determinar diferentes estrategias de fertilización (Chilibroste et al., 1982; Morón, 1994, Hernández, 1999).

2.6. FACTORES QUE AFECTAN LA IMPLANTACIÓN.

2.6.1. Manejo previo.

Las consecuencias de las condiciones ambientales que se presentan en la implantación de mejoramientos de campo son muy diferentes a las que se registran cuando la siembra se realiza mediante laboreos convencionales (Bermúdez, cit. por Carámbula, 1996).

El manejo previo del tapiz vegetal va a afectar diversos factores que inciden en el adecuado establecimiento de las especies sembradas de los cuales se pueden destacar:

- a. Contacto semilla – suelo;
- b. Compactación del suelo;
- c. Competencia por luz, agua y nutrientes (Carámbula, 1996).

Durante los primeros estadios de crecimiento de las leguminosas los cotiledones movilizan y transfieren sus reservas. Si estos son epigeos como en el caso de *Trifolium repens* L. y *Lotus glaber* Mill., además de aportar sus reservas luego de la emergencia,

sintetizan fotoasimilados; por lo que, la modalidad funcional de los cotiledones condicionaría la importancia de la altura del tapiz en el vigor de las plántulas (Mujica, 1998).

El sombreado de los cotiledones en el estadio “cotiledones desplegados” tiene un efecto negativo sobre el peso seco (total, aéreo y radical), área foliar, longitud del eje principal y raíz, número de tallos en la corona, número de hojas desplegadas y la relación área foliar/longitud de la raíz (Mujica, 1998).

2.6.2. Época de siembra.

2.6.2.1. Generalidades.

Para la mayor parte del Uruguay la fecha de siembra óptima según muchos autores sería el período comprendido desde abril y hasta mediados de mayo, debido a que sería la época del año que tiene mayor probabilidad de ocurrencia de condiciones favorables para una siembra exitosa, teniendo en cuenta especialmente los factores climáticos como lo son lluvias y temperaturas adecuadas. Al variar la época de siembra se afecta en sí el microambiente en el cual se desarrollaran las plantas (Millot et al., 1987; Byers et al., 1988; Bemhaja et al., 1997; Risso, 1997; Clemente et al., 2000).

Siembras demasiado tempranas tienen el inconveniente que se encuentran con el tapiz estival en activo crecimiento, ocurrencia de altas temperaturas y mayores riesgos de deficiencias hídricas. Las poblaciones de plantas que germinen en estas circunstancias estarán expuestas a escasez de agua en los primeros centímetros de suelo por la alta evapotranspiración que se produce, con lo cual están condenadas a desaparecer. Por el contrario un atraso en la siembra produce un enlentecimiento de la germinación y del crecimiento inicial de las especies sembradas, así como un retraso en el proceso de nodulación (Félix et al., 1994; Carámbula et al., 1994, 1996).

Siembra sobre suelos tibios y húmedos logran una pronta germinación de la semilla y rápida penetración de la radícula, lo que va a determinar la obtención de un buen stand de plantas, y por ende una mayor respuesta a la fertilización a la siembra. De

esta manera, se obtiene la mayor producción de forraje en el primer año y los sistemas radiculares tienen el tiempo necesario para desarrollarse y lograr la sobrevivencia al primer verano. Además el tapiz natural disminuye su crecimiento, como consecuencia de que la mayoría de las especies que lo integran están en el fin de su ciclo productivo. A medida que se atrasa la época de siembra la implantación se hace más dificultosa siendo las leguminosas muy sensibles y además un atraso en la siembra disminuye en forma evidente las ventajas por manejos adecuados de acondicionamiento del tapiz (Campbell, cit. por Félix et al., 1998; Carámbula et al., 1994).

2.6.2.2. La fecha de siembra como determinante de algunos factores ambientales.

La elección de la fecha de siembra condicionará a las especies sembradas frente a distintos factores ambientales, los cuales afectarán de distinta forma la germinación, implantación, el establecimiento y la persistencia productiva de éstas. El peso seco de tallos y estolones de *Trifolium repens* L. es mayormente afectado por los factores climáticos que por el sistema de pastoreo de la pastura (Hay et al., cit. por Brink et al., 1993).

2.6.2.2.1. Temperatura.

Los vegetales son base de infinidad de procesos biológicos de tipo bioquímico (respiración), físico (transpiración) o morfogénico (formación y alargamiento de órganos). La velocidad de esos procesos depende de múltiples factores, como la nutrición mineral o el estado hídrico del vegetal. Sin embargo, la temperatura es la señal ambiental primaria que gradúa la demanda del evento morfogenético y la oferta del sistema de asimilación (Gillet, cit. por Morales, 1998).

La temperatura ejerce una influencia en el rompimiento de la dureza y germinación de las semillas y sobre el desarrollo y actividad simbiótica de los nódulos (Carámbula, 1977; Risso, 1994; Coll, cit. por Gutiérrez et al., 2003).

Al estado adulto las temperaturas mínimas para el crecimiento de las gramíneas templadas es de cero grado, en tanto que las leguminosas producen muy poco por debajo de cinco grados centígrados (Escuder, cit. por Debellis et al., 1995).

Las especies del género *Lotus* spp. presentan en general una gran tolerancia a un rango muy amplio de temperaturas, lo cual permite la utilización de estas diferente especies para formar pasturas productivas bajo ambientes muy distintos. Este comportamiento depende del grado de alejamiento de las temperaturas del rango óptimo, del rango del período en que éste se produce y el estado fisiológico de la planta (Estol et al., 2001).

Rango de temperatura entre 5 y 30 grados centígrados no son factores limitantes para la germinación de leguminosas perennes, observándose óptimos entre 15 y 20 grados (McWilliam et al., 1970).

2.6.2.2.2. Intensidad lumínica.

El ambiente lumínico de una cubierta vegetal es normalmente heterogéneo. La parte superior del mismo recibe la totalidad de la luz incidente, disminuyendo esta exponencialmente con la profundidad dentro de los estratos foliares (Debellis et al., 1995), esta modificación en la composición que va sufriendo la luz puede ser uno de los factores críticos que impiden el desarrollo de plántulas bajo una vegetación, con lo cual la germinación de algunas semillas puede verse promovida por determinada longitud de onda e inhibida por otras (Koller, Harper, cit. por Debellis et al., 1995).

El efecto general de una reducción de la cantidad de luz interceptada por las plántulas de *T. repens* y *L. glaber* se traduce en un cambio en la distribución de la materia seca en la planta y en el desarrollo, aumenta la distancia internodal, se reduce el peso de la planta, el tamaño de las raíces, los vástagos en general y la ramificación de leguminosas (Ludlow, cit. por Debellis et al., 1995).

El éxito o el fracaso de una siembra es explicado por el efecto de la competencia por luz que se da entre las especies residentes y las introducidas, afectando el

crecimiento y el establecimiento de las especies introducidas (Evans et al., cit. por La Paz et al., 1994).

La competencia por luz es particularmente importante cuando se trata de las plántulas de las especies del género *Lotus*, ya que estas sufren de manera considerable los efectos negativos de una baja intensidad de luz (Estol et al., 2001).

2.6.2.2.3. Precipitación.

La humedad disponible es el factor dominante en todo el proceso de germinación y emergencia, ya que la semilla deberá embeberse, germinar, introducir la radícula en el suelo, para comenzar luego el crecimiento radicular y aéreo, en un ambiente poco favorable (Risso, 1997).

El suelo es la principal fuente de agua para las semillas y plántulas, siendo las características físicas del mismo las que inciden sobre la cantidad de agua disponible para las plántulas, sumado al régimen de precipitaciones. Las relaciones hídricas en el microambiente que rodea a la semilla es el factor más importante en regular el proceso de establecimiento de siembras en cobertura y dentro de este proceso, más concretamente el período que transcurre entre la germinación y la penetración radicular es el más dependiente de la humedad. En definitiva, esta etapa es la determinante de los requerimientos de agua para el establecimiento (Debellis et al., 1995).

Para que la germinación se produzca debe haber una ganancia neta de agua por parte de la semilla, siendo que las condiciones de humedad son fluctuantes a nivel de la superficie del suelo esta situación es fundamental para asegurar una germinación rápida y uniforme (Castrillón et al, 1987).

2.6.3. Densidad de siembra.

Las densidades de siembra de los mejoramientos de campo deben proveer cantidades adecuadas de semillas que aseguren poblaciones apropiadas de plantas,

adquiriendo mayor importancia principalmente en el año de instalación (Carámbula, 1996).

Las recomendaciones sobre densidades de siembra no deben ser rígidas, ya que deberán adaptarse a situaciones actuales como son las condiciones ambientales del suelo, clima y manejo al que será expuesta cada especie y cultivar y a las condiciones particulares de los distintos potreros (Carámbula, 2002).

Densidades de siembra adecuadas en mejoramientos de campo permitirá alcanzar una buena distribución de la semilla, lo que conduciría a mejoramientos uniformes que permitirán a su vez realizar pastoreos homogéneos (Carámbula, 1996).

El ajuste de la densidad de siembra deberá ser realizado de acuerdo a las condiciones de la sementera, con lo cual las densidades de siembra deberán ser mayores en suelos pobres, tapices densos y coberturas al voleo. También es necesario considerar en la determinación de este parámetro los relacionados a la época de siembra, especie considerada, fertilización inicial, así como composición y estructura del tapiz (Blaser, et al., 1956; Carámbula, 1996).

La intersiembra de especies en el tapiz natural, puede resultar conveniente emplear densidades mayores que en siembras convencionales, debido a condiciones menos favorables. Otro aspecto a considerar es que las densidades de plántulas establecidas están en relación directa con la dosis de siembra y ésta característica es particular según la especie considerada (Risso, 1990).

2.6.4. Peso de las semillas y vigor inicial de las plántulas.

El tamaño y/o peso individual de las semillas tiene efectos muy importantes sobre el comportamiento de las plántulas. En numerosas especies forrajeras existen evidencias de la existencia de correlaciones positivas y altamente significativas en el vigor de las plántulas y el peso de las semillas (Beuselinck et al., 1983; Stanton, cit. por Carámbula, 1996).

El género *Lotus* presenta problemas de implantación debido al bajo vigor inicial de sus plántulas. En este sentido se han realizados estudios sobre la fisiología del vigor inicial de las plántulas de *Lotus* spp., donde se sugieren cuatro factores como los responsables de dicho comportamiento que son el tamaño de la semilla, la velocidad de expansión de los cotiledones, la velocidad de expansión de las primeras hojas y la tasa de fotosíntesis.

En *Lotus corniculatus* el tamaño de las semillas es determinado por el número y/o tamaño de las células de los cotiledones (Fonseca, 1990). Esta particularidad determina un mayor tamaño de la semilla, incidiendo positivamente en el vigor de las plántulas. Sin embargo otros autores indican que es más importante el tamaño del embrión que el tamaño y/o peso de la semilla (Fenner cit. por Carámbula, 1996).

El vigor de la plántula depende básicamente de la velocidad con que solubilizan las reservas hacia los puntos de crecimiento (Askin cit. por Carámbula, 1996).

2.6.5. Manejo de la semilla.

El tratamiento previo de la semilla hace referencia a los procesos necesarios previos a la siembra y que consisten en: a) Inoculación, y b) Peleteado.

2.6.5.1. Inoculación.

Su objetivo es la aplicación de microorganismos (rhizobium, bacterias, micorrizas, etc.) sobre las semillas previo a la siembra, obteniéndose una rápida nodulación próxima al cuello de las plantas, capaz de lograr una mayor fijación de nitrógeno atmosférico para lograr una mejor implantación y rendimiento productivo (Frioni, 1990).

La introducción exitosa de leguminosas en los sistemas pastoriles depende del normal establecimiento de la simbiosis, con componentes adaptados y altamente dependientes de la FBN (Russell, 1996).

Para obtener respuestas favorables a la inoculación deben tenerse en cuenta varios aspectos (Russell, 1996):

- a. La especificidad y eficiencia de las bacterias presentes en los inoculantes.
- b. La habilidad competitiva de las cepas introducidas frente a poblaciones nativas.
- c. La amplitud de las leguminosas para depender de la simbiosis y para nutrir a los bacteroides nodulares.
- d. Las limitantes edáficas que influyen a ambos componentes simbióticos.
- e. Los factores de manejo agronómico que atenúen o superen las limitantes preexistentes.

En el Uruguay la inoculación de leguminosas es una práctica generalizada, ya que la fijación biológica de nitrógeno es un proceso de muy alto impacto en la producción de los sistemas agropecuarios (Dutto, 2002).

Los factores medioambientales como el pH del suelo, luz, defoliación, temperatura, la disponibilidad de nutrientes y agua pueden influir en la infección de rhizobium, la nodulación, y el proceso de la fijación de nitrógeno, así como el crecimiento de la planta hospedera (Crush, 1987).

Las estrategias de manejo a los efectos de realizar una inoculación eficiente y efectiva son la elección de la especie a sembrar y el potrero, así como un adecuado manejo de la técnica de inoculación (Plan Agropecuario, 1987).

Tradicionalmente en el Uruguay se han utilizado dos métodos de inoculación diferentes que son la inoculación simple y la peletización. En la inoculación simple se usa agua azucarada como adherente y en la peletización se usan adherentes más potentes y se utiliza además polvo de recubrimiento que en general es carbonato de calcio o fosforita molida (Plan Agropecuario, 1987).

2.6.5.2. Peleteado.

Consiste en la aplicación de materiales sólidos o líquidos con sólidos disueltos o suspendidos, en cantidades suficientes como para formar una capa continua que cubra a la semilla haciendo que ésta sea más grande y más pesada (Scott, cit. por Clemente et al., 2000).

El peleteado se realiza una vez inoculada la semilla. Con la superficie de las mismas aún húmeda, se agrega el producto con el cual se quiere peletear.

La función que cumplirían los materiales de recubrimiento no es clara, pero en diversos trabajos de investigación se obtienen implantaciones de 20 a 60 % superiores cuando la semilla es peleteada.

Es importante peletear la semilla debido a que no sólo contribuye a la incorporación de inoculante, sino que provee -según el tipo de polvo secante- un pequeño aporte de fósforo, y aumenta la absorción de agua favoreciendo la germinación de la misma. Este efecto es particularmente importante en suelos con poca humedad (Dowling et al., 1971; Risso, 1997). Además crea un ambiente en torno a la semilla más adecuado, permitiendo por varias semanas la sobrevivencia del rhizobium, asegurando una nodulación efectiva (Carámbula, 1977).

2.6.6. Fertilización fosfatada a la siembra.

En general se observa un diferente comportamiento frente al agregado de fósforo entre gramíneas y leguminosas. Las leguminosas al tener requerimientos de fósforo elevados, se hace imprescindible el agregado de este nutriente si se quiere lograr una buena implantación (Carámbula et al., 1994).

El objetivo de la fertilización fosfatada a la siembra es un mejoramiento de campo es posibilitar el establecimiento de las leguminosas introducidas y acelerar su crecimiento para obtener una pastura vigorosa. La importancia de realizar fertilización fosfatada a la siembra radica en que las gramíneas del tapiz poseen una mayor tasa de crecimiento con niveles deficitarios de este nutriente, lo cual provocaría un

desplazamiento de las leguminosas introducidas. A su vez la respuesta a la fertilización fosfatada inicial son mayores en siembras tempranas, por lo que altas dosis en siembras tardías no revierten la situación y resultan ineficientes (Carámbula, 1977; Millot et al., 1987; Carámbula et al., 1994; Mas, cit. por Fernández et al., 1994; Risso, 1994; Carámbula, 1996; Díaz, cit. por Quintero, 1997; Bemhaja, 1998b Berretta et al., 2001).

En siembras realizadas en el tapiz, la fertilización se realiza en cobertura. Esto determina que exista una gran disponibilidad de fósforo en los primeros centímetros del suelo, en tanto que en posiciones más profundas del suelo, la disponibilidad corresponde a los valores naturales del mismo (Santiñaque, 1984).

El patrón de distribución que se genera a partir de la fertilización al voleo del fósforo puede inducir a un modelo de crecimiento del sistema radicular de las plantas que implica una gran susceptibilidad a condiciones de déficit hídrico, debido a que existe una mayor concentración de raíces en la superficie del perfil del suelo. A su vez este método presenta sus ventajas, como la de minimizar los efectos de los procesos de fijación e inmovilización del fósforo en el suelo, favorece a las plántulas en sus primeros estadios de crecimiento, ya que este nutriente se concentra en los primeros centímetros del suelo (Jaso et al., 1986).

El ajuste de la fertilización fosfatada a la siembra depende de los requerimientos de las especies a sembrar, el tipo de suelo y la disponibilidad de fósforo en el mismo.

Siembras en cobertura de *Lotus glaber* Mill. y *Trifolium repens* L. tienen respuestas positivas en el establecimiento y producción de materia seca en el primer año, frente a la fertilización fosfatada aplicada a la siembra, aunque se destacó *Lotus glaber* Mill., debido a que mostró mayor adaptación en diferentes tipos de suelos y a condiciones climáticas adversas, en particular las deficiencias hídricas del verano (Colabelli et al., 1993).

Las especies del género *Lotus* spp. requieren menores niveles de fósforo en el suelo que las especies del género *Trifolium* spp., por lo que al realizar una siembra

conjunta de estos géneros se debe ajustar la fertilización por la especie que más lo requiera.

2.7. LOS NUTRIENTES Y SU CONCENTRACIÓN EN LAS LEGUMINOSAS.

2.7.1. Distribución de los nutrientes y rangos de concentración de nutrientes en las leguminosas.

Para algunos nutrientes minerales, hay marcadas diferencias en la concentración entre la parte aérea y la raíz de las plantas forrajeras. Las diferencias dependen en parte de las funciones del elemento, y en parte en si el elemento es susceptible a estar limitado por el tejido de la raíz. Algunos elementos generalmente están en una concentración más alta en la parte aérea que en la raíz, algunos son generalmente más altos en la raíz y otros no muestran ninguna diferencia consistente entre la parte aérea y las raíces (Whitehead, 2000).

En las leguminosas, a veces existe una concentración más alta de nitrógeno en la raíz que en la parte aérea, debido a la concentración alta de este nutriente en los nódulos de la raíz. Dicho comportamiento lo poseen también el fósforo y el azufre (Whitehead, 2000).

La concentración de nitrógeno en las gramíneas y leguminosas oscila normalmente entre 1,0 y 5,0%. La concentración real está afectada por tres factores: (i) el suministro del nitrógeno disponible en el suelo (resultante de la mineralización de la materia orgánica o a la aplicación de fertilizante); (ii) las diferencias entre las gramíneas y leguminosas; y (iii) el estado fisiológico de las plantas (Whitehead, 2000).

Las concentraciones de todos los nutrientes minerales en una muestra de pastura poseen amplias variaciones, incluso dentro de la misma especie y dentro de áreas geográficas limitadas (Whitehead, 2000).

En *T. repens*, la concentración crítica de nitrógeno en hoja + pecíolo después de las 4 semanas post-pastoreo es aproximadamente 3,5% (Whitehead, 2000) y en las

plantas enteras (incluso las raíces) 15 semanas post siembra es aproximadamente 3,2% (Haydock et al., cit. por Whitehead, 2000).

2.7.2. “Concentración Crítica”.

La “**concentración crítica**” se toma a menudo por ser la concentración asociada con un rendimiento de 5% o 10% debajo del máximo, aunque a veces con el mismo rendimiento que el máximo (100 %). Esta diferencia en la definición es indudablemente responsable de las variaciones en las concentraciones críticas informadas por varios autores (Scott, 1981; Kelling et al., cit. por Whitehead, 2000).

Evaluando la utilidad de una concentración crítica particular, es importante tener en cuenta los factores tales como las diferencias entre las especies de plantas forrajeras, los cambios que ocurren con la madurez y las diferencias en la concentración entre las diferentes partes de la planta (Chilibroste et al., 1982; Loneragan et al., Ozzane et al., cit. por Del Pino, 1998; Whitehead, 2000).

Una complicación adicional es que la concentración crítica de un nutriente en particular puede estar afectada por el suministro de otros. La evidencia de interacciones entre los nutrientes ha llevado a sugerir que las proporciones entre las concentraciones de ciertos elementos, así como su concentración real, puede ser importante (Rabuffetti et al., 1999; Whitehead, 2000).

2.7.3. La influencia de la especie de planta y la variedad en la concentración de los nutrientes.

Aunque hay diferencias consistentes entre las especies que componen una pastura en las concentraciones de algunos nutrientes, las diferencias entre especies que se desarrollan bajo condiciones uniformes normalmente son más pequeñas que las diferencias dentro de especies individuales crecidas bajo un rango de condiciones diferentes.

Aunque las gramíneas y las especies de leguminosas difieren en el desarrollo de la raíz y otros aspectos morfológicos, ellos muestran a menudo una pequeña diferencia en su concentración para la mayoría de los nutrientes minerales.

Entre las especies de leguminosas, *T. repens* tiene generalmente concentraciones relativamente más altas en la mayoría de los nutrientes minerales, comparado con *T. pratense* y *M. sativa*. La concentración más alta en *T. repens* es probablemente debida, por lo menos en parte, a su proporción más alta de hojas. Las diferencias varietales dentro de *T. repens* y *T. pratense*, aunque a veces significativa, es a menudo pequeño (Davies et al., cit. por Whitehead, 2000).

2.7.4. La influencia de fase de madurez de las plantas forrajeras en las concentraciones de los elementos minerales.

La concentración de elementos cambia a menudo con el avance de la madurez, pero el modelo de cambio varía con el elemento mineral considerado y con las especies. Para la mayoría de los nutrientes, pero no todos, la concentración tiende a ser más alta en los tejidos jóvenes que en los maduros.

En las especies de leguminosas, los declives en las concentraciones de nitrógeno, fósforo y azufre con el avance de la madurez son menores que en las gramíneas. *Trifolium repens*, en particular, muestra el cambio pequeño en las concentraciones de nitrógeno, fósforo y azufre, mientras *Trifolium pratense* y *Medicago sativa* están en una posición intermedia entre el *T. repens* y las gramíneas. (Del Pino, 1998; Whitehead, 2000).

2.7.5. La influencia de los factores estacionales en la concentración de los nutrientes minerales en las plantas forrajeras.

Cuando los efectos del avance de la madurez son evitados por la defoliación en intervalos regulares durante la estación de crecimiento, los cambios en la concentración de muchos nutrientes son a menudo pequeños o inconsistentes (Whitehead, 2000).

Las diferencias en el suministro de agua parecen afectar al fósforo más que a otros nutrientes. Varios trabajos reportan que la concentración de fósforo en las gramíneas y las leguminosas se reducen en condiciones de déficit hídrico, sin embargo, en una investigación, se reportó que la falta de agua aumenta el contenido de fósforo en *Medicago sativa*. Sin embargo, los efectos del suministro de agua en otros elementos, incluso N, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu y B, son menos consistentes (Kilmer et al., 1960; Chilbroste et al., 1982; Rahman et al., Kidambi et al., cit. por Whitehead, 2000).

2.8. EL NITRÓGENO Y EL FÓSFORO EN LAS LEGUMINOSAS.

2.8.1. El nitrógeno en las plantas forrajeras.

Las leguminosas que están fijando nitrógeno atmosférico (N₂) activamente tienen una concentración alta de este nutriente en los nódulos de la raíz (4,5 - 9% N), y la concentración global de la raíz es por consiguiente más alta en las leguminosas que en las gramíneas (Whitehead, 2000).

La concentración de nitrógeno en la raíz de *Trifolium repens* generalmente está entre 2 y 4%, mientras la concentración en *Medicago sativa* y *Trifolium pratense* es bastante más baja. En las raíces de *M. sativa* y en menor grado en *T. pratense*, hay una variación estacional en la concentración de nitrógeno, tendiendo a aumentar el nitrógeno hacia fines de otoño e invierno y reduciéndose como consecuencia del crecimiento al inicio de la primavera. La defoliación también causa una remobilización de nitrógeno de la raíz a las zonas en activo crecimiento de las hojas en gramíneas y leguminosas (Volenc et al., cit. por Whitehead, 2000).

Dentro de la parte aérea de las leguminosas, la concentración de nitrógeno es más alta en la lámina de la hoja. Los valores medios para el *T. repens* de una pastura pastoreada la concentración de nitrógeno era de 5,6% en la lámina, 2,9% en los pecíolos y 2,7% en los estolones (Parsons et al., cit. por Whitehead, 2000).

En el caso del fósforo, en un estudio realizado en Nueva Zelanda, la aplicación de fertilizante fosfatado no provocó un efecto apreciable en la respuesta en concentración de nitrógeno tisular en *T. repens*, mientras la aplicación de fertilizante azufrado causó un aumento pequeño, siendo la respuesta inicial mayor a 4% N (Sinclair et al., 1996b).

2.8.2. El fósforo en las plantas forrajeras.

El rango usual para la concentración de fósforo en las gramíneas y en la parte aérea de las leguminosas oscila entre 0,1 - 0,6%. Las concentraciones críticas para el fósforo en varias gramíneas y especies de las leguminosas, ha sido informado por varios autores. Las necesidades de las pasturas con leguminosas son generalmente mayores que en los cultivos, debido a que los contenidos en la materia seca del forraje con un suministro adecuado de fósforo oscilan entre un 0,3 y 0,4 %. La concentración crítica para fósforo disminuye con la madurez, y si la fase de madurez no se define bien, este efecto puede tenerse en cuenta relacionando la concentración de fósforo con el contenido de nitrógeno o contenido de fibra (Scott, 1981; Hernández, 1999 Whitehead, 2000).

En *T. repens* creciendo a campo, las concentraciones de fósforo son más altas en las raíces que en la parte aérea, sobre todo cuando a las plantas se les proporciona una dosis alta de fertilizante fosfatado. En los estudios con *M. sativa*, las concentraciones de fósforo son similares en las raíces y en la parte aérea o es más bajo en las raíces que los retoños (Whitehead, 2000).

Un factor que contribuye a la variación en la proporción en el contenido de fósforo en la raíz / parte aérea en las leguminosas puede ser el número de nódulos que estén presentes en la raíz. Esto ha sido estudiado en *T. repens* creciendo en un cultivo, enriqueciendo con fósforo (Hart, 1989).

Entre las especies de leguminosas, *T. repens* tiene generalmente una concentración más alta de fósforo que el *T. pratense* y *M. sativa*, lo cual es debido a su mayor proporción de hojas. Sin embargo, en un estudio realizado en EE.UU., la

concentración de fósforo era más alta en *M. sativa*, la cual llegaba a 0,41%, en tanto el *L. corniculatus* llegaba a 0,40%, mientras que *T. repens* y *T. pratense* la concentración de fósforo era de aproximadamente 0,30%. En ese mismo estudio se detectaron sólo diferencias pequeñas en la concentración de fósforo entre variedades diferentes dentro de las especies individuales, tanto para gramíneas como para leguminosas (Cace et al., Forbes et al., Gross et al., cit. por Whitehead, 2000).

Entre las leguminosas hay generalmente un descenso bastante marcado en la concentración de fósforo en la parte aérea a medida que avanza la madurez en *T. pratense* y *M. sativa*, sin embargo este descenso es menos marcado en *T. repens* (Whitehead, 2000).

Existe un descenso de aproximadamente 0,38 a aproximadamente 0,20% en el contenido de fósforo durante el período primaveral para *T. pratense*, mientras que el declive correspondiente en *T. repens* era de 0,47 a 0,32% (Whitehead, 2000).

La concentración de fósforo en las hojas de *T. repens* es generalmente más baja en verano que en las otras estaciones del año y en hojas de *T. pratense* existe una marcada variación estacional con los niveles más bajos después de mediados del verano (Reay et al., 1983).

Las diferencias en el suministro de agua parecen tener un efecto mayor y más consistente que las diferencias en la temperatura. Hay varios informes que son consistentes en afirmar que la concentración de fósforo en la pastura disminuye por deficiencias hídricas o aumentó por un incremento de la humedad (Chilibroste et al., 1982; Whitehead, 2000). Sin embargo, en contraste con estos resultados, una investigación mostró que la concentración de fósforo en *M. sativa* es más baja en un año húmedo que en un año seco, y este comportamiento se atribuyó al efecto de la dilución del fósforo debido a una mayor producción de materia seca (Kilmer et al., 1960; Markus et al, 1965).

2.9. CARACTERÍSTICAS DE LOS GENEROS SEMBRADOS.

Los géneros *Lotus* spp. y *Trifolium* spp. aparecen como los más adaptados a la siembra en cobertura sobre pasturas naturales de la región noreste (Olmos, 2001b).

A su vez las especies *Lotus glaber* y *Trifolium repens* presentan un importante potencial en las posiciones topográficas mas bajas y húmedas.

2.9.1. Género *Lotus*.

2.9.1.1. Generalidades.

Las especies de este género pertenecen a la familia de las Leguminosas, subfamilia Papilinoidea y tribu Loteae (Pinto et al., cit. por Barreto, 2001).

El género *Lotus* comprende leguminosas con crecimiento a partir de corona, (Zanoniani et al., 2004) y a diferencia del resto de las leguminosas forrajeras, poseen un par de estípulas en la base de los pecíolos de forma bastante similar a los folíolos. Esta particularidad les da la apariencia de ser pentafoliadas. Los folíolos por lo general asimétricos terminan en forma más o menos puntiaguda.

Otra diferencia del género con el resto de las leguminosas forrajeras es que la primera hoja que emerge del punto de crecimiento entre los cotiledones es trifoliada, característica que permite diferenciar tempranamente *Lotus* de *Medicago* y *Trifolium* (Carámbula et al., 1998).

Los tallos de las plantas adultas pueden presentar porte erecto, decumbente o postrado, pudiendo ser desde glabros a pubescentes y macizos o huecos según la especie, formando matas densas.

El cáliz esta compuesto por cinco sépalos unidos, dentados, glabros o pubescentes. La corola esta formada por cinco pétalos, un estandarte superior, dos laterales y la quilla formada por pétalos unidos que encierran los órganos sexuales. La inflorescencia del género *Lotus* es una umbela compuesta en general por entre 1 y 12 flores. Las flores son de color amarillo con tonalidades pálidas o intensas casi

anaranjadas y muchas veces con matices rojizos en las nervaduras. Estas variaciones de color dependen de la especie y del grado de madurez de la flor (Carámbula et al., 1998).

La fecundación es cruzada entomófila, los frutos o vainas son alargadas y estrechas, agudas en diferente número dispuestas en racimo formando una pata de pájaro ubicada en ángulo recto con el pedúnculo floral. Las vainas son altamente dehiscentes, dividiéndose longitudinalmente en dos a lo largo de las suturas centrales, las que retorciéndose en forma de espiral liberan las semillas. (Carámbula et al., 1998; Zanoniani et al., 2004).

Las especies constituyentes de este género se caracterizan por persistir en condiciones de baja fertilidad y disponibilidad de fósforo, siendo capaces de competir mejor en estas condiciones que los géneros *Trifolium* y *Medicago*, a pesar de ello presentan la particularidad de incrementar significativamente su producción de biomasa ante el agregado de fósforo (Mouat, cit. por Smethan, 1981; Ayala et al., cit. por Zanoniani et al., 2004).

El género *Lotus* se encuentra distribuido por todo el mundo, y está constituido por diversas especies perennes y anuales, siendo el número de especies estimadas entre 100 – 120 (Blumenthal et al., cit. por Frame et al., 1998), y 176 (Grant, cit. por Frame et al., 1998). La mayor diversidad de especies fue encontrada en el mediterráneo, lo que estaría indicando que probablemente éste sería su centro de origen (Frame, et al., 1998; Seaney et al., cit. por Barreto, 2001).

En este género se destacan en el mundo cinco especies con importancia agronómica, ellas son: Anuales: *Lotus angustissimus* y *Lotus subbiflorus*, y Perennes *Lotus corniculatus*, *Lotus glaber* (ex *tenuis*), y *Lotus pedunculatus* (MacDonald, 1946).

2.9.1.2. Características de la especie *Lotus glaber*.

Esta es una especie leguminosa perenne de ciclo primavero-estivo-otoñal, diploide ($2n = 2x = 12$), de origen mediterráneo. Presenta un sistema radicular pivotante

más superficial que *Lotus corniculatus*, por lo que es de menor resistencia a la sequía que éste (Smethan, 1981, Kade et al., 2003) y su hábito es más postrado.

Esta leguminosa presenta características valiosas, como su capacidad para soportar condiciones de anegamiento y salinidad por la suberización de la raíz, la producción de raíces adventicias, el espesamiento de los tallos sumergidos, y el transporte de cantidades más altas de agua, pudiendo desarrollarse en suelos con pH que oscilan entre 4.8 y 8 (Smethan, 1981; Montes, 1988; Shiferaw et al., cit. por Frame et al., 1998).

Esta leguminosa prospera en suelos deficientes de fósforo y produce incrementos significativos de la pastura cuando está fertilizada con cantidades pequeñas de este nutriente. En estudios comparativos entre *L. corniculatus* y *L. glaber*, se encontró que la relación raíz /parte aérea (RRPA) es más bajo en *L. glaber* que en *L. corniculatus* en condiciones de anegamiento. Ambas especies asignaron la misma biomasa a los vástagos pero el *L. corniculatus* produjo pocos vástagos reproductivos de un peso específico más alto. La biomasa reproductiva en *L. glaber* fue distribuida en un número más alto de vainas y de semillas que tenían un peso más bajo que las de *L. corniculatus* (Ayala Torales et al., 2000; Vignolio et al., 2002).

Comparaciones realizadas entre cinco poblaciones de *L. glaber*, se destaca la tolerancia a la inundación de esta especie lo cual esta relacionado con una mayor proporción de plantas con raíces adventicias en vástagos. Estos resultados subrayan la importancia de las adaptaciones morfológicas relacionadas con el mantenimiento de la funcionalidad de la planta bajo condiciones de excesos hídricos. Los primeros síntomas son: reducida absorción de agua, cierre estomático, cambios en el balance hormonal, acumulación de compuestos tóxicos y clorosis, seguida luego por abscisión foliar (Vignolio et al., 1994; Vignolio et al., 1999).

Al igual que todas las especies del género *Lotus*, no produce meteorismo, ofreciendo un forraje de excelente calidad (digestibilidad promedio 75%), con una

menor caída de la digestibilidad en el verano que el *Lotus corniculatus* y con un contenido de proteína que puede llegar hasta el 24% (Wernili et al., cit. por Montes, 1988).

2.9.1.3. Comportamiento de *Lotus glaber* en siembras en cobertura.

El *Lotus glaber* presenta un interesante potencial forrajero, comparable al *Lotus corniculatus*, además posee un aporte invernal mayor que esta última especie (Montes et al., 1985).

En los campos naturales ubicados en zonas bajas de la topografía, los anegamientos temporales actúan como una fuerza opuesta al pastoreo en la organización de la comunidad vegetal, eliminando temporariamente gran número de especies exóticas y favoreciendo el incremento relativo de los componentes nativos. En estas condiciones de anegamiento el crecimiento disminuye y dependiendo del estado fenológico de las plantas, puede verse comprometida la reproducción (Vignolio et al., 1994).

La incorporación de estas especies con particularidades morfológicas y fisiológicas para adaptarse a esas condiciones particulares representa una alternativa para incrementar la productividad primaria y la calidad forrajera de los pastizales naturales, debido a la escasa presencia de leguminosas naturales.

2.9.1.4. Composición química.

Las estimaciones de concentración crítica de fósforo para las especies de *Lotus* spp varían. Por ejemplo, para *Lotus corniculatus*, oscila entre 2,3 g P kg⁻¹ M.S. (Davis, cit. por Frame et al., 1998) y 3,5 g kg⁻¹ M.S. (Russelle et al., cit. por Frame et al., 1998).

2.9.2. Genero *Trifolium*.

2.9.2.1. Generalidades.

Los tréboles son en su mayoría originarios de la zona húmeda y templada del hemisferio norte, pero hay algunas especies autóctonas en América del Sur y África.

El género comprende aproximadamente unas 250 - 300 especies, de las cuales sólo 25 tienen importancia agrícola, y de éstas las 10 más importantes son originarias del viejo mundo (Lane et al., 1997; González et al., 1997).

El género *Trifolium* pertenece a la tribu Trifolieae a la subfamilia Papilionoideae (también conocido como Faboideae), familia Fabaceae. Las distintas especies pertenecientes a este género presentan hábitos de crecimiento muy diferentes y mecanismos de rebrote distintos, por lo que muestran respuestas contrastantes a la defoliación (Williams 1987; Carámbula, 1996).

Semilla de radícula dirigida hacia la placenta, con germinación epigea y primera hoja unifoliada (Izaguirre, 1995).

Son plantas herbáceas, anuales o perennes, glabras o pubescentes, erectas o rastreras, hojas trifoliadas consistentes en tres folíolos iguales que a su vez, tienen peciolulos de igual longitud (excepto *T. dubium*). Los folíolos son denticulados y con estípulas membranáceas soldadas al pecíolo (Smethan, 1981; Izaguirre, 1995).

Flores blancas, amarillas, rosadas o violáceas reunidas en inflorescencias axilares capituliformes pedunculadas con o sin brácteas. Cáliz campanulado o tubuloso 5 - 10 multinervado, persistente, corola marcescente, los cuatro pétalos superiores unguiculados, alargados, algo soldados al tubo seminal, el estandarte generalmente sin uña; estambres diadelfos con anteras iguales; ovario 1 - 4 seminado, estilo glabro recto o incurvo; fruto utrículo que encierra una vaina pequeña 1 - 4 seminada de cáliz persistente y a veces también la corola, casi indehisciente (Izaguirre, 1995).

El género *Trifolium* presenta una adaptación muy amplia a diferentes ambientes, destacándose en los mejoramientos extensivos de la región especies anuales, bienales y perennes de vida corta, caracterizándose por su gran habilidad para introducir nitrógeno en el ecosistema (Carámbula, 1996).

2.9.2.2. Características de la especie *Trifolium repens*.

El *Trifolium repens* L. es una de las más importantes leguminosas forrajeras de clima templado. Su centro de origen es Europa, principalmente la región mediterránea, siendo domesticada en el siglo XVI en Holanda y posteriormente fue introducido en otras regiones templadas y es en la actualidad una especie que se encuentra presente desde el ártico, zonas frías, templadas y montañas tropicales (García, 1996; Lane et al., 1997).

Trifolium repens L. ha tendido a naturalizarse en las regiones templadas del mundo con una precipitación anual mayor que 750 milímetros (Jahufer et al., cit. por Office of the Gene Technology Regulator, 2004).

Es una especie tetraploide natural con un número del cromosoma de $2n=4x=32$ (Voisey et al., 1994), de polinización cruzada, su autoesterilidad impide la formación de semilla sin la ayuda de vectores, es altamente variable, es una planta perenne, de ciclo invernal, glabra y que por su hábito postrado esta muy bien adaptada al pastoreo (Carlson et al., 1985; Thomas, 1987a; Izaguirre, 1995; García, 1996; Forde et al., cit. por Gutiérrez et al., 2003). A su vez, posee un elevado valor nutritivo.

Las plántulas desarrollan inicialmente una raíz recta pivotante (raíz primaria), y a veces con rizoma vertical ramificado y tallos estoloníferos radicales. Estos estolones secundarios pueden crecer formando una red rastrera de tallos que es radial en relación a la planta que le dio origen. Los ápices pueden ascender hasta 25 – 30 cm de alto en suelos fértiles (Thomas, 1987b; Izaguirre, 1995; García, 1996; Hollowell, cit. por Gutiérrez et al., 2003; Frame, 2003).

Hojas de pecíolos largos de hasta 7 – 35 cm de largo, en forma de roseta en un tallo principal y una corona desde la que se desarrollan tallos estoloníferos (Izaguirre, 1995; García, 1996; Hollowell, cit. por Gutiérrez et al., 2003).

El componente estructural básico de una planta de *Trifolium repens* L. madura es el estolón. El estolón consiste en una serie de internodos separada por los nudos. Cada

nudo lleva una hoja trifoliolada, dos yemas (meristemas) axilares, el primordio de la raíz y un brote axilar que es capaz de originar un estolón lateral. Estos estolones se desarrollan radialmente, emiten en sus nudos raíces adventicias (raíces secundarias), de las cuales depende la sobrevivencia de los estolones después de la muerte de la raíz primaria que ocurre entre el primer y segundo año. Los estolones independizados fisiológicamente de la planta madre, permite formar en poco tiempo una vegetación densa a partir de un reducido stand de plantas iniciales (Thomas 1987b; García, 1996; Carámbula, 1996).

Las inflorescencias son globulares y contienen un alto número de flores (50 a 200), de color blanco a blanco-rosadas, pediceladas. Cáliz tubuloso, corola blanca durante la antesis, volviéndose algo rosada al marchitarse. Fruto vaina linear comprimida ligeramente constricta entre las semillas. Las legumbres generalmente contienen tres o cuatro semillas (Carámbula, 1977; Langer, 1981; Izaguirre, 1995; Frame, 2003).

Los cultivares de *Trifolium repens* L. son arbitrariamente clasificados por el tamaño de las hojas, como pequeño, intermedio y grande. Hay un gran número de cultivares o variedades con muchas adaptaciones diferentes e incluso los cultivares individuales están compuestos de una mezcla altamente heterogénea de individuos. Muchos cultivares han sido introducidos en nuestra región como un componente esencial de mezclas forrajeras para pasturas cultivadas permanentes. Estos muchas veces se naturalizan adaptándose a las diversas condiciones ecológicas (Voisey et al., 1994; Izaguirre, 1995; Carámbula, 1996, 2002).

2.9.2.3. Comportamiento de *Trifolium repens* en siembras en cobertura.

Las poblaciones de *T. repens* están compuestas de una mezcla heterogénea de individuos altamente heterocigotos, lo cual da lugar a altos niveles de variación genética ambos en y entre poblaciones, por lo tanto el *T. repens* es adaptable a los microambientes competitivos (Voisey et al., 1994).

Las plántulas de *T. repens* son de lento crecimiento inicial y lento establecimiento quedan expuestas a un período más largo en el que están afectadas por la competencia del tapiz y las condiciones ambientales, como la falta de agua, sombreado, lo cual limitaría su utilización a un rango de condiciones no muy amplio. No obstante es muy frecuente el uso de *Trifolium repens* en mejoramientos de campo natural, tanto en nuestro país como en otras regiones, lográndose en muchos casos resultados absolutamente satisfactorios, siendo éste uno de los más fuertes productores de volumen de forraje y aporte proteico (Carámbula, 1977; Smethan, 1981; Izaguirre, 1995; Carámbula, 1996).

Posee un consumo voluntario alto por los animales en pastoreo, por lo que hace una contribución importante al suministro de alimento a lo largo del año. A su vez, se adapta con muchos tipos de pasturas. Adicionalmente, tiene la capacidad regeneradora dual vía los estolones y banco de la semilla características que le permite ocupar nichos vacíos en los mejoramientos extensivos (Carámbula, 1996; Frame, 2003).

El *Trifolium repens* se desarrolla bien en suelos de texturas medias a pesadas con pH se 6 a 7, de buena fertilidad, contenido de materia orgánica y capacidad de almacenaje de agua. Es muy susceptible a la sequía y a las altas temperaturas estivales, aunque tolera condiciones temporarias de anegamiento. Los suelos más apropiados son los bajos húmedos y frescos. En nuestro país requiere el agregado de fertilizantes fosfatados por presentar altos requerimientos de este nutriente, al que responde en muy buena forma (Millot et al., 1987; Fernández et al., 1994).

En primavera es cuando realiza el mayor aporte de forraje, haciendo una oferta media en invierno. Su calidad es excelente, manteniendo su valor nutritivo y palatabilidad a lo largo de todo su ciclo de vida (Carámbula, 1977).

Su hábito de crecimiento prostrado le confiere tolerancia a pastoreos intensos y frecuentes, debido a que luego de las defoliaciones mantiene buenos niveles de área

foliar remanente que le posibilitan rebrotar rápidamente. Las prácticas de manejo más acertadas es una buena fertilización fosfatada a la siembra y refertilizaciones anuales, así como un acertado manejo del pastoreo previo a la siembra, durante el período de establecimiento, en la época de semillazón y en el período anterior a la resiembra (otoño). (Berretta et al., 1990; Hutchinson et al. 1995).

En Uruguay el *Trifolium repens* ha demostrado adaptación, habilidad competitiva, productividad y persistencia en los ensayos regionales realizados en diferentes áreas (Berretta et al., cit. por Bemhaja, 1998a; Berretta et al., 1998).

2.9.2.4. Composición química.

La concentración de N en *Trifolium repens* normalmente es mayor a 2,5%, y en ocasiones excede 5% (Whitehead et al., Wilman et al., cit. por Whitehead, 2000).

La concentración crítica de nitrógeno en el forraje es muy dependiente en la fase de madurez, y cualquier propuesta de concentración crítica debe relacionarse a una porción específica de la planta y su edad en el momento de realizar los análisis (Whitehead, 2000).

Cuando las leguminosas son dependientes de la fijación de nitrógeno atmosférico, su crecimiento puede limitarse, porque la fijación es insuficiente para acompañar la fotosíntesis potencial, o porque la fotosíntesis es insuficiente para cubrir los requerimientos de la fijación potencial. Cuando la fijación de nitrógeno se restringe, es probable que la concentración de nitrógeno en el tejido de la planta esté por debajo del valor crítico, considerando que, cuando la fotosíntesis se restringe (por luz o el suministro nutrientes), es probable que la concentración de nitrógeno sea más alta que el valor crítico (Whitehead, 2000).

La aplicación de fertilizante fosfatado tiende a aumentar concentración de fósforo en las plantas, aunque puede tener un efecto pequeño si el suelo contiene un elevado nivel de este nutriente (Whitehead, 2000).

El nivel crítico de concentración de fósforo en planta para *T. repens* es de 3,5 mg g⁻¹, para hojas más pecíolos en plantas en estado de activo crecimiento, en tanto que en plantas enteras (parte aérea + raíces) 15 semanas post - siembra es aproximadamente 3,2 mg g⁻¹. En Nueva Zelanda, la aplicación anual de 100 kg P ha⁻¹ durante 3 años seguidos resultó en un aumento en la concentración de la pastura de 0,30% a aproximadamente 0,45% de fósforo (Chilibroste et al., 1982; Morón, 1999; Rowarth et al., Haydock et al., cit. por Whitehead, 2000).

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO.

El experimento se realizó en la Estación Experimental de Bañado de Medina (Longitud 54° 15' W, Latitud 32° 25' S) de la Facultad de Agronomía (departamento de Cerro Largo).

3.2. PERÍODO EXPERIMENTAL.

El período experimental se divide en dos etapas. La primera consistió en la delimitación de los bloques y las parcelas, el muestreo de suelo de cada bloque, y la descripción y caracterización del suelo. En la segunda etapa se realizó la siembra, fertilización y los conteos de plántulas correspondientes a la implantación de las especies introducidas.

3.3. DESCRIPCIÓN DEL POTRERO.

A continuación se describe el área experimental.

3.3.1. Topografía.

El área elegida para llevar a cabo el experimento fue el potrero 8, cuya superficie útil es de 95 ha. El potrero presenta en general una topografía mixta, donde alternan colinas y lomadas fuertes con laderas medias y suaves, con zonas bajas y húmedas. Es en estas últimas donde se desarrolló el experimento.

3.3.2. Suelos dominantes del potrero y características del suelo del experimento.

Los suelos dominantes se encuentran ubicados según el siguiente patrón topográfico. Las zonas de colinas y lomadas fuertes corresponden a la unidad Zapallar con Luvisoles Melánicos Albicos Ar y Luvisoles Ocrícos Albicos Ar. Las zonas de laderas medias y suaves corresponden a la unidad Los Mimbres, con Brunosoles Eutrícos Lúvicos y Típicos AcAr y Vertisoles Háplicos LAc. La zona baja corresponde a la unidad Río

Tacuarembó con Gleysoles Lúvicos Melánicos Típicos Fr pa y Planosoles Dístricos Umbricos Ar pa.

El experimento se instaló sobre un Gleysol de la Unidad de Suelos Río Tacuarembó (escala 1:1.000.000, D.S.F., M.G.A.P., 1976.).

Con el objetivo de realizar la caracterización del perfil de suelo se realizó una calicata, observándose una secuencia de horizontes A – Bt – Cg. Los resultados de la caracterización se presentan en el Anexo 1, Cuadro N° 1.

3.3.3. Estructura del Tapiz.

La zona donde se estableció el experimento presenta un tapiz netamente estival predominando *Andropogon lateralis*, *Axonopus affinis*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum* y con baja participación de especies perennes invernales, destacándose *Carex* spp., y como anuales invernales *Gaudinia fragilis*, *Lolium multiflorum* y *Vulpia australis*. La oferta de forraje presenta una marcada estivalidad.

3.4. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO.

3.4.1. Dimensiones y arreglo del experimento.

La dimensión del área experimental tiene una longitud de 120 metros por 60 metros de ancho (0.72 ha). A su vez, a ésta se la dividió en ocho bloques, de 30 por 30 metros. Dentro de cada bloque se ubicaron 4 parcelas de 15 por 11 metros correspondientes a los tratamientos, y también se incluyó una parcela de campo natural de 15 por 8 metros.

Con este arreglo espacial de los bloques se cruzan los efectos de gradiente de humedad e historia previa del área experimental, como lo muestra el Anexo 2, Figura N° 1.

La historia previa del área experimental se inicia en el año 1989, en el marco de la Red Experimental del Proyecto de Manejo de Pasturas Naturales con pastoreos

intermitentes, dirigido por el Ing. Agr. J. C. Millot. A partir de ese momento, y hasta diciembre de 1994, se manejan los tiempos de descanso de 20, 40, 60 y 80 días. Luego de finalizado el ensayo, en 1994, se levantaron los alambrados internos y se pastoreó cada 45 días con las mismas categorías que se habían empleado desde el inicio del experimento (recría vacuna y ovina).

3.4.2. Tratamientos.

El experimento fue instalado en otoño de 2003, para evaluar la respuesta de *Trifolium repens L.* y *Lotus glaber Mill.* sometidos a cuatro niveles de fertilización fosfatada.

Los tratamientos aplicados fueron: testigo sin fertilizar, 50, 100 y 150 kg P₂O₅ ha⁻¹. La fuente de fósforo fue superfosfato triple (0-46-46-0), la cual fue aplicado al voleo en cobertura.

3.4.3. Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar, con ocho bloques, compuestos cada uno por 4 parcelas de 15 x 11 m (165 m²) que se corresponden con los niveles de P₂O₅ evaluados.

El Modelo propuesto es:

$$y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

y_{ij} es la variable dependiente a estudio (kg de M.S/ha, % de Nitrógeno y Fósforo, etc.).

μ es la media general del experimento (media poblacional).

β_i es el efecto del i - esimo bloque.

τ_j es el efecto del j - esimo nivel de fósforo agregado a la siembra (tratamiento).

\mathcal{E}_{ij} es el error experimental.

3.4.4. Análisis estadístico.

Las variables medidas fueron: i) implantación medida como el número de plantas por m² a los 60 y 120 días, peso seco de la parte aérea, raíz en gramos, relación raíz / parte aérea, producción de materia seca por especie y en su conjunto en kg/ha, porcentaje de materia seca en parte aérea y raíz, concentración de nitrógeno, fósforo medido en términos de porcentaje de la materia seca y la relación fósforo / nitrógeno en plantas a los 120 días post-siembra (dps).

Las variables fueron analizadas mediante análisis de varianza ajustándose regresiones lineales, cuadráticas y polinomios segmentados cuadrático – plateau entre las variables descriptas mas arriba y los niveles de fertilización fosfatada. En los casos en que no existió un ajuste significativo de las regresiones, las variables fueron analizadas considerando los niveles de P₂O₅ agregados como tratamientos diferentes. En ese caso se realizaron comparaciones de medias mediante el test de Tukey al 5%.

La variable implantación, que fue medida a los 60 y 120 días, fue analizada también en forma conjunta considerando un modelo de mediciones repetidas en el tiempo. En este caso se modelo la autocorrelación temporal según el modelo AR (1). El modelo ajustado fue:

$$y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \gamma_k + (\tau\gamma)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

y_{ijk} es la variable dependiente a estudio.

μ es la media general del experimento (media poblacional).

β_i es el efecto del i - esimo bloque.

τ_j es el efecto del j - esimo nivel de fósforo agregado a la siembra (tratamiento).

γ_k es el efecto del k - esimo día de conteo.

$(\tau\gamma)_{jk}$ es el efecto de la interacción tratamiento (kg de P_2O_5 /ha) por día de conteo.

\mathcal{E}_{ijk} es el error experimental.

La herramienta informática utilizada en el análisis estadístico fue S.A.S. v. 8.1.

3.5. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.

3.5.1. Manejo previo del tapiz natural.

A partir de fines de 1994 se levantan los alambrados internos del área y se pasa a pastorear la misma en un régimen rotativo. Debido a los veranos con precipitaciones superiores al promedio normal del año 2002 y 2003, y a la tendencia a engrosarse la pastura, se pasó rotativa en la primavera del 2002.

El acondicionamiento previo a la siembra consistió en un pastoreo con vaquillonas entre 200 y 250 kg de peso vivo, hasta una altura entre 3 y 5 centímetros en el mes de febrero. Luego se pasó una rotativa con el fin de eliminar los restos y emparejar la pastura, y posteriormente se pastorea hasta alcanzar una altura de remanente entre 3 - 5 cm, la que se realizó en el mes de mayo, para luego realizar la siembra.

3.5.2. Muestreo de suelos.

Luego de la delimitación de los bloques y las parcelas se procedió a la extracción de muestras de suelo. Por cada bloque se extrajeron muestras compuestas a una profundidad de 15 centímetros.

Las muestras se secaron en estufa de aire forzado, posteriormente se molieron y tamizaron con malla de 2 mm.

3.5.3. Fertilización y siembra.

La fertilización de las parcelas se asignó según sorteo dentro de cada bloque, aplicándose manualmente el fertilizante al voleo en cobertura el día 9 de junio de 2003.

Cada una de las especies de leguminosas sembradas fue inoculada individualmente con su respectiva cepa de rhizobium (adherente + inoculante + semilla), y peleteada con hiperfosfato fino.

En el Cuadro N° 2 se presentan las características de las especies sembradas.

Cuadro N° 2: Caracterización de las semillas de las especies sembradas.

Género	Especie	Peso 1000 semillas	% Germinación		% Pureza	% sem.		I.S.
			D	B		D	B	
<i>Trifolium</i>	<i>T. repens</i>	0,65	80,00		98,00	***	***	78,40
<i>Lotus</i>	<i>L. glaber</i>	0,92	D: 7,5	B: 44	87,50	D: 15	B: 44	45,06

Referencias: Peso en gramos; D: sem. duras; B: sem. blandas; I.S.: índice de siembra o valor cultural.

La siembra fue realizada al voleo y a mano, intentando que la distribución de semilla fuera lo más homogénea posible. La fecha de siembra fue el día 10 de junio de 2003.

Las densidades de siembra utilizadas se presentan en el siguiente cuadro, conjuntamente con la procedencia de la semilla y zafra.

Cuadro N° 3: Densidad de siembra, número de semillas viables por m² y por parcela según especie.

Género	Especie	Kg sem./P.	N° sem.Viab./m ²	Kg/ha	Origen	Zafra
<i>Trifolium</i>	<i>T. repens</i>	0,184 (*)	1373	11,14	Zapicán	01-02
<i>Lotus</i>	<i>L. glaber</i>	0,137 (*)	465	8,29	Larrañaga	02-03

(*) Corrigenda por 100% de pureza.

3.5.4. Determinaciones en el campo.

3.5.4.1. Implantación.

Se realizaron los conteos de plántulas a los efectos de determinar el porcentaje de implantación a los 60 y 120 días post-siembra.

Para esta determinación se utilizó como unidad de muestreo un cuadro de 30 por 30 centímetros, el cual se distribuyó en forma sistemática en un número de 15 por parcela como lo muestra el Anexo 2, Figura N° 2 y Figura N° 3. El porcentaje de implantación así calculado estará en función del tiempo (días posteriores a la siembra) y de la dosis de fósforo agregado a la siembra.

3.5.4.2. Muestreo de plántulas.

A los efectos de determinar el aporte en materia seca de las especies introducidas, relación raíz / parte aérea, contenido de nitrógeno y fósforo se efectuó una recolección de 10 plántulas por especie y por parcela a los 120 días post-siembra. Luego se procedió al lavado, fraccionamiento en parte aérea y raíz, pesado (peso fresco) y posterior secado durante 48 horas a 60° C en estufa de aire forzado.

El material seco se pesó para determinar el porcentaje de materia seca por especie y por fracción (parte aérea y radicular).

3.5.5. Determinaciones efectuadas en el laboratorio.

3.5.5.1. Análisis foliar.

A partir de las muestras de plántulas secas (parte aérea y raíz) se realizó un análisis químico, evaluándose su contenido de nitrógeno y fósforo expresándolo como porcentaje de la materia seca. Para ello se procedió al molido con un molino Micro-Waley y tamizado a un tamaño menor a 0,5 milímetros de las 128 fracciones que se correspondían a los diferentes tratamientos.

Posteriormente a la molienda se procedió a la digestión por vía húmeda de 0,5 gramos del material vegetal con ácido sulfúrico a 350° C durante 60 minutos, y su posterior oxidación con perhidrol 130 Vol. durante 15 minutos a 350° C.

La determinación del porcentaje de nitrógeno se realizó a partir de la solución que se obtuvo de la digestión, la cual se realizó mediante una destilación por el Método de Kjeldahl.

El contenido de fósforo fue determinado a partir de la solución de la digestión, siendo evaluado su contenido mediante colorimetría (Murphy y Riley, 1964).

3.5.5.2. Análisis de suelo.

Las muestras de suelo fueron secadas a estufa por 48 horas y posteriormente se molieron y tamizaron a un tamaño de 2 mm.

El fósforo asimilable se determinó colorimétricamente mediante el método Bray I (Bray y Kurtz, 1975).

El pH se determinó al agua y KCl 1M por el método potenciométrico, con una relación suelo-solución de 1 a 2,5.

La materia orgánica se determinó por oxidación vía húmeda con dicromato de potasio en medio ácido sin aporte de calor exterior y posterior determinación colorimétrica.

Las bases fueron extraídas con acetato de amonio 1 molar a pH 7 y siendo determinado el Calcio y Magnesio con espectrofotometría de absorción atómica, mientras que para el Potasio y el Sodio se determinó por espectrofotometría de emisión.

En el Cuadro N° 4 se presentan los resultados promedio del análisis de suelo realizado a las muestras compuestas.

Cuadro N° 4: Resultados del análisis químico del suelo del área experimental.

	P Bray I mg kg ⁻¹	M.O. %	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Ca	Mg	K	Na
					cmol kg ⁻¹			
Prom.	8	6,11	5,39	4,62	9,33	2,60	0.40	0.40

3.6. CONDICIONES CLIMÁTICAS.

Las condiciones de temperatura, registro de heladas, evapotranspiración potencial y precipitaciones fueron registradas en la Estación Meteorológica de Melo (Latitud Sur 32° 22' 01'' y Longitud Oeste 54° 11' 06'') ubicada a 28 Km del sitio experimental.

En el cuadro N° 5 se presentan los registros mensuales de temperaturas mínimas, máximas, las heladas acumuladas por mes, los niveles de evapotranspiración y precipitación.

Cuadro N° 5: Registros mensuales de temperatura máxima, mínima, promedio, registro de heladas, precipitaciones y evapotranspiración potencial según el mes de ocurrencia.

FECHA DE CONTEOS	MES	TEMPERATURA			HELADAS		PP (mm)	ETP (mm)
		máxima	mínima	promedio	agromet.	meteorol.		
	Ene	30,7	16,8	23,8	0	0	53,3	220
	Feb	29,6	17,7	23,7	0	0	219,6	153,1
	Mar	27,2	16,4	21,8	0	0	91,1	131
	Abr	22,4	10,8	16,6	0	0	188	83,3
	May	20,5	9,8	15,2	1	0	151,8	73,7
	Jun	17,1	9	13,1	2	1	91,8	36,8
1) 21/7	Jul	17,4	6,1	11,8	9	5	21,8	55,1
2) 11 y 3) 21/8	Ago	17,9	5,7	11,8	9	2	129,7	76,3
4) 25/9	Sep	20,0	7,7	13,9	4	0	126,9	102,2
5) 07/10	Oct	24,8	11,2	18,0	0	0	60,8	183,8
	Nov	25,8	13,1	19,5	0	0	130,7	188,7
	Dic	27,3	14,1	20,7	0	0	118,9	210,1
6) 2/1/04	Ene	29,6	17,8	23,7	0	0	90,6	227,9

Fuente: D.N.M. Estación Meteorológica de Melo (2004).

A partir de los datos presentados en el cuadro N° 5, se presentan en la Figura N° 1 las gráficas de las precipitaciones promedio y evapotranspiración potencial para el período experimental con el objetivo de visualizar el comportamiento de estos factores en el período considerado.

Se relacionaron los datos del período experimental con la serie histórica para la zona la que abarca el período 1971 - 2000.

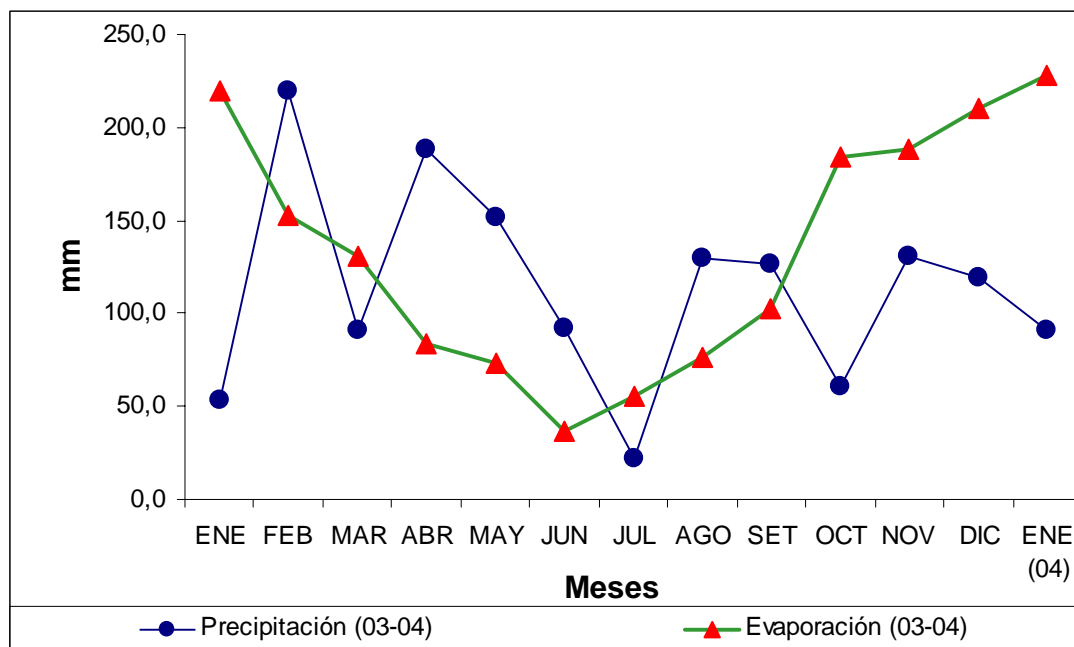


Figura N° 1: Precipitaciones y ETP (Tanque A) en mm registradas para el período experimental según el mes de ocurrencia. Fuente: D.N.M. Estación Meteorológica de Melo (2004).

Se realizó un balance hídrico seriado desde enero de 2003 hasta enero de 2004, para cuantificar las pérdidas y las ganancias de agua que se produjeron en el sistema y las posibles consecuencias sobre la cubierta vegetal en el período experimental, empleando a tales efectos la metodología de Thonhwaite y Mather (1955).

La capacidad de almacenamiento de agua del suelo se calculó para los primeros 26 cm correspondientes al horizonte A, por tratarse del establecimiento de un mejoramiento de campo. Se emplearon las ecuaciones de regresión múltiple de Silva et al., (1988), y los datos de la composición granulométrica del Compendio Actualizado de Información de Suelos del Uruguay (escala 1:1.000.000). El valor obtenido fue de 21,78 mm.

Para el cálculo de la densidad aparente del suelo se utilizó la fórmula de regresión múltiple extraída de Fernández (1979) y para el cálculo de agua disponible en el horizonte se empleó la fórmula utilizada por Califra y Molino, (2001).

En la Figura N° 2 se presentan los datos de temperatura máxima, media y mínima del aire, siendo el registro de temperaturas máxima y media similar al esperado, en cambio las temperaturas mínimas fueron superiores desde mediados de abril hasta el mes de julio.

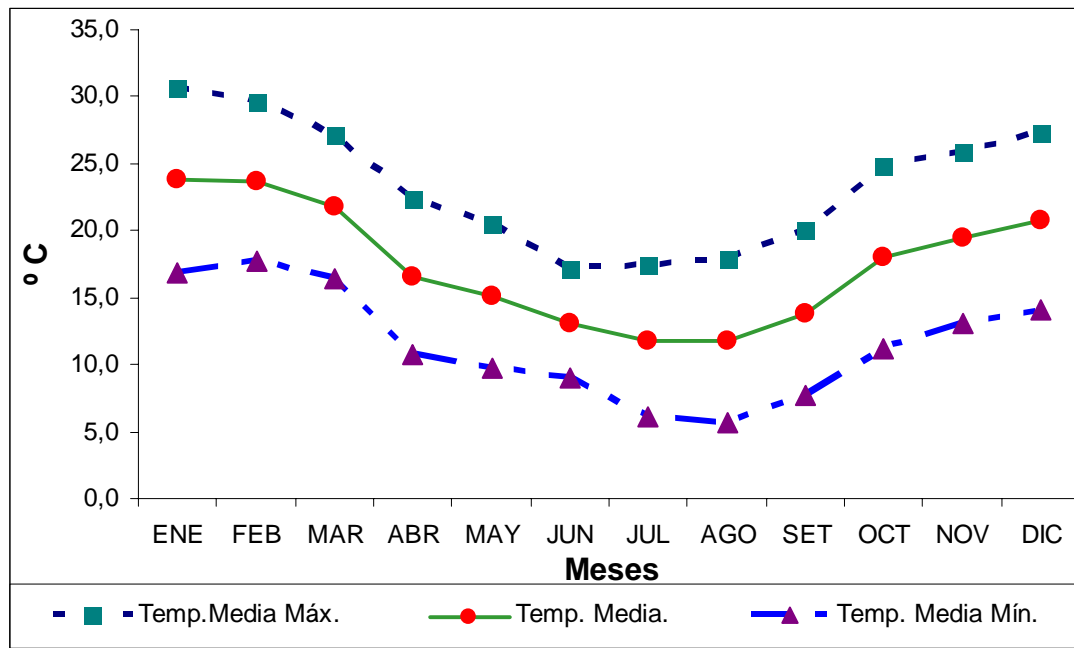


Figura N° 2: Temperaturas máximas, medias y mínimas mensuales para el año 2003. Fuente: D.N.M. Estación Meteorológica de Melo (2004).

En este marco climático, el cual se analiza a posteriori, se desprende que los factores climáticos son impredecibles, que no tienen en general un comportamiento normal y se debe ajustar mas a la clasificación “efecto año” para explicar los resultados experimentales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS EN EL PERÍODO EXPERIMENTAL.

A partir de los datos climáticos de las tablas aportadas por la D.N.M. (Cuadro N° 5) se construyó la Figura N° 3, de la cual se desprende que desde el mes de febrero y hasta el mes de mayo las precipitaciones fueron mayores que para el registro histórico (1971-2000). No obstante, es de destacar que la evapotranspiración que se registró a su vez fue mayor que para la serie histórica desde el mes de enero hasta noviembre del año 2003.

Las precipitaciones registradas en el año 2003 se ubicaron por encima de las esperadas teniendo en cuenta el período normal 1971 - 2000, produciéndose 1384,4 mm en el año 2003 y siendo 1312,2 mm las registradas en el promedio para el período de comparación.

Analizando los valores de evapotranspiración registrados, se observa que éste fue superior al esperado, para el año 2003 tuvo un valor de 1514,1 mm y para el período normal 1971 - 2000 este fue de 1179 mm. Este desbalance trajo aparejado déficit hídrico en ciertos momentos del año.

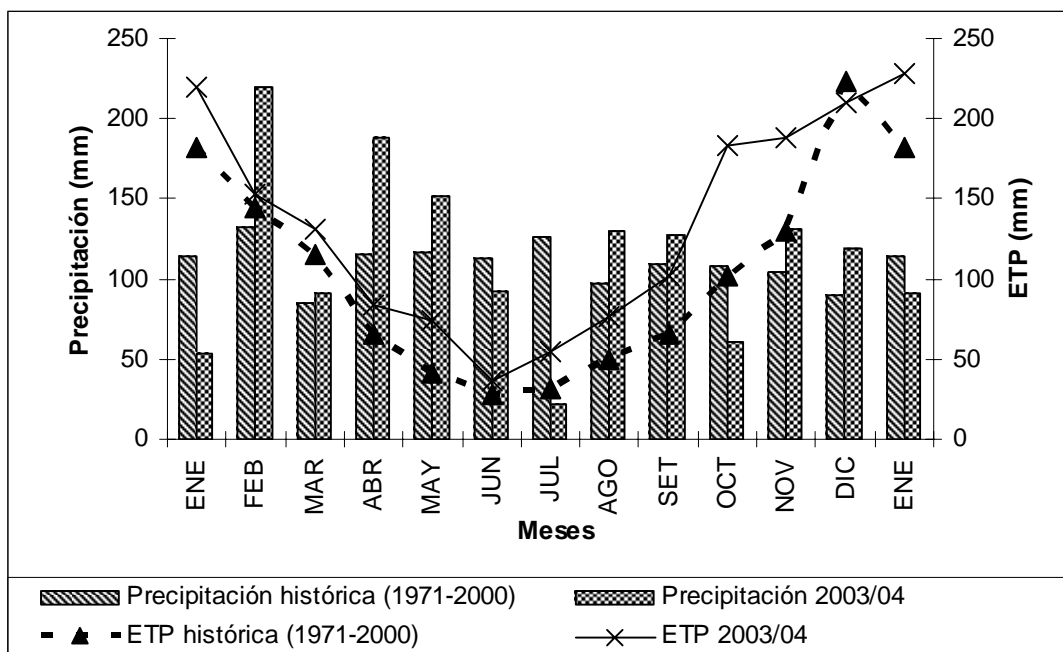


Figura N° 3: Precipitaciones y ETP en milímetros en el período 1971 - 2000y en el período experimental (2003 - 2004).

En marzo se registró una evapotranspiración superior a la media histórica la cual ocasiona una deficiencia hídrica en el horizonte A del suelo, detectada por el Balance Hídrico Seriado (BHS) (Figura N° 4). En los Cuadro N° 2 y 3 del Anexo 3 se indica la base de datos. A los efectos del BHS no se considera los aportes de agua al horizonte A provenientes de horizontes subsuperficiales.

En los meses de junio, julio y octubre las precipitaciones fueron menores que la registrada en la serie histórica, lo cual sumado a la mayor evapotranspiración registrada provocó un balance hídrico negativo para el mes de julio.

En este contexto en el período experimental se destaca que al siguiente mes de la siembra del experimento existió un balance hídrico negativo en el horizonte A del suelo, provocado por la combinación entre la escasez de precipitaciones registradas en junio y una mayor demanda atmosférica que se venía registrando desde comienzos del año.

En agosto, y hasta fines de setiembre, se restablece un balance hídrico positivo, siendo éste negativo desde ese momento hasta el mes de enero del 2004, momento hasta

el cual se dispone de información. A su vez se registró una mayor brecha entre la evapotranspiración histórica y la registrada a partir de la primavera.

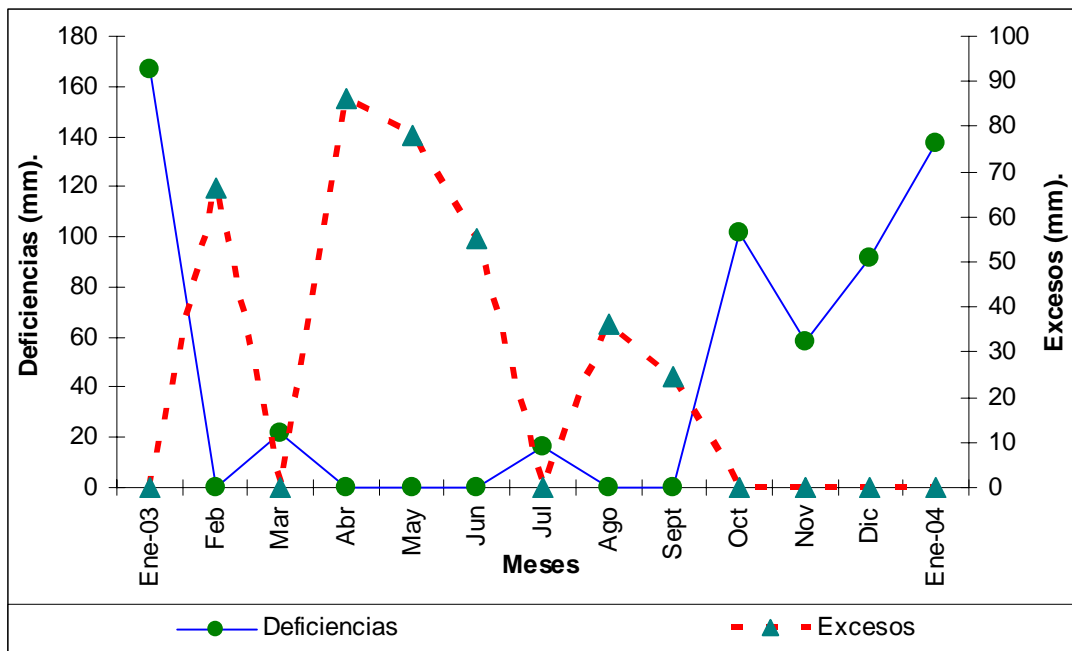


Figura N° 4: Balance Hídrico Seriado para el horizonte A. Deficiencias y excesos hídricos registrados en el período experimental (2003 - 2004).

En este marco ambiental y en particular haciendo referencia a las precipitaciones que se produjeron en el otoño se puede asegurar que al momento de la siembra el suelo poseía un status adecuado de agua disponible, por lo tanto esto no fue un impedimento para la normal germinación de las semillas y el crecimiento inicial de las plántulas.

Posteriormente y hasta los 60 días post-siembra (11-08-03), momento en el cual se determinó la implantación del mejoramiento de campo, el déficit hídrico registrado no afectó a las plantas ya germinadas, debido a la capacidad de suelo de aportar agua (ascenso capilar) y a la baja demanda atmosférica que se produce en esa estación del año.

El comportamiento de los componentes del clima, que fueron particulares para el año 2003, trajo como consecuencia un desbalance entre las precipitaciones y la demanda atmosférica que ocasiono un balance hídrico negativo y con un valor de 592,27 mm.

Con respecto a las temperaturas, comparando el año 2003 con la serie histórica (1971-2000), en general las temperaturas máximas y promedios mensuales no difirieron mayormente (Figura N° 5).

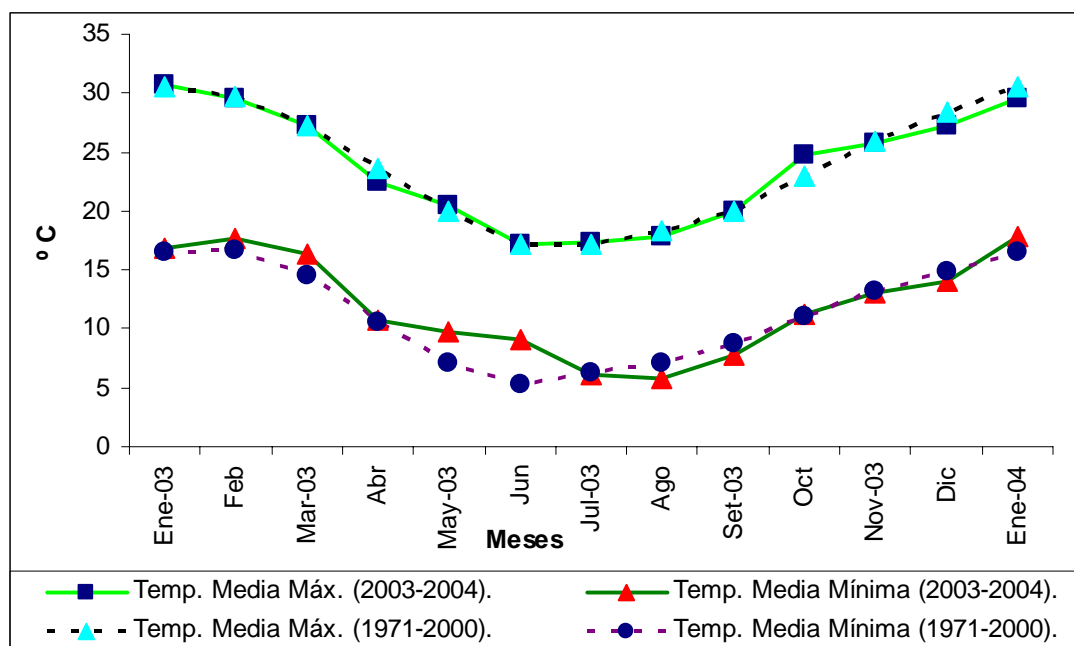


Figura N° 5: Temperaturas Máximas prom. mensuales y Temperaturas Mínimas prom. mensuales para el período 01/03 – 01/04 y para el período Normal (1971 – 2000).

Con relación a las temperaturas mínimas, éstas se caracterizaron por ser superiores a las del promedio del período normal desde el comienzo del año y hasta mediados del mes de julio, ocurriendo una mayor diferencia a partir de mediados de abril prolongándose éstas hasta la segunda quincena de julio.

A partir de mediados de julio y hasta el mes de octubre las temperaturas mínimas estuvieron por debajo de las temperaturas promedio para el período normal 1971 - 2000, determinando esto que desde el inicio y hasta mediados de la primavera esta fuera más fresca. Posteriormente las temperaturas mínimas promedio se comportaron en forma similar a las del promedio para el período 1971 - 2000.

Si bien las temperaturas que se registraron en el año experimental se ajustan a las esperadas para la zona, desde enero hasta junio se produjo un leve incremento en las

temperaturas mínimas con relación al período 1971 - 2000. Este comportamiento sumado a una evolución de la evapotranspiración siempre por encima de la registrada en el período normal tuvo como consecuencia un leve incremento en la demanda atmosférica para ese período y en el año.

Las condiciones térmicas, de bajas temperaturas promedio con heladas se acumularon en un número de tres hasta el momento de la siembra, lo que significó un 12 % del total de heladas producidas en el año.

Posteriormente en los meses de julio y agosto se registraron 18 heladas agrometeorológicas, que representa el 72 % de las ocurridas en el año. Esta situación fue favorable para un adecuado proceso de establecimiento de *Lotus glaber* Mill y *Trifolium repens* L. debido a la disminución de la competitividad del tapiz estival nativo.

No se produjeron heladas tardías ya que las últimas en registrarse se verificaron en setiembre, en un número de 4 lo que significó un 16 % del total (Figura N° 6).

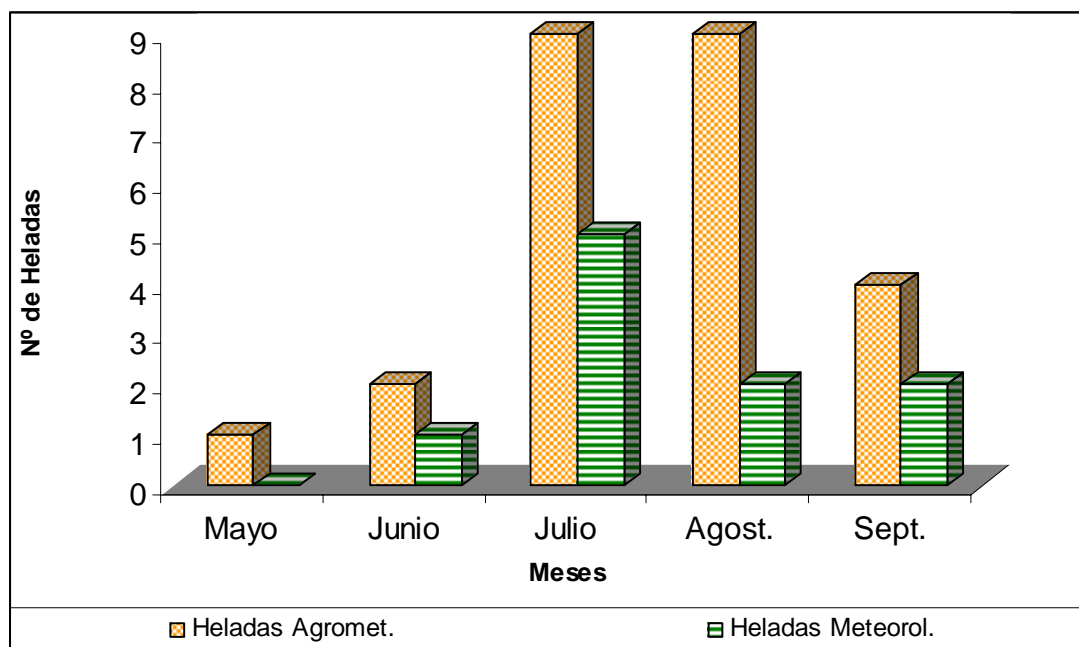


Figura N° 6: Heladas agrometeorológicas y meteorológicas acumuladas según el mes de ocurrencia durante el período experimental (2003).

Esta concentración en la ocurrencia de heladas en los meses de julio y agosto pudo tener a su vez un efecto sobre las tasas de crecimiento, las cuales serían menores a las esperadas para las especies sembradas.

4.2. EFECTO DEL NIVEL DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA SOBRE LA IMPLANTACIÓN DE *LOTUS GLABER* MILL. Y *TRIFOLIUM REPENS* L. A LOS 60 DIAS POST-SIEMBRA.

En este ítem se analiza el número de plantas de cada especie en función de los niveles de fertilización.

Dado que no fueron observadas diferencias significativas en el número de plantas instaladas de cada especie en función del nivel de fósforo, en el Cuadro N° 6 se presentan los promedios a través de niveles de fósforo para el número de plantas de *L. glaber* Mill. y *T. repens* L. a los 60 días post-siembra.

Cuadro N° 6: Número de plantas por m², desvío estándar (CME^{1/2}) y coeficiente de variación (CV) para *L. glaber* Mill. cv Larrañaga y *T. repens* L. cv Zapicán.

	Nº Prom. Pl/m ²	CME ^{1/2}	CV (%)
<i>L. glaber</i> Mill.	191	53	28
<i>T. repens</i> L.	347	114	33

Este resultado puede deberse a una relativa independencia de las plántulas del fósforo aportado por el fertilizante en esos estadios de desarrollo.

Resultados reportados por Caram et al., (1996) señalan que no detectaron diferencias significativas entre los niveles de fósforo agregado (34,5, 80,5 y 126,5 kg de P₂O₅/ha) sobre la población de las leguminosas a los 90 días post-siembra. Los autores concluyen que existen otras limitantes, como el contenido de nitrógeno y el déficit hídrico en los estadios iniciales de desarrollo que limitan la respuesta al agregado de fósforo. En este sentido, se confirma la “Ley del Mínimo” propuesta por Liebig (cit. por Rabuffetti et al., 1999).

Podría ser que el nivel más bajo de fósforo, o inclusive el nativo, que ascendía en este estudio a las 8 ppm promedio para el sitio experimental, el cual sería el suficiente,

para satisfacer los requerimientos de las plantas por dicho nutriente en esa etapa de desarrollo. Otro factor que podría estar interfiriendo sería el aporte realizado por el hiperfosfato fino utilizado en el peleteado de las semillas, el cual ya asegura un aporte de fósforo al lado de la radícula lo cual puede explicar en parte la falta de respuesta a la instalación de plantas pequeñas (Caram et al., 1996).

Podrían a su vez existir otras limitantes, el fósforo agregado en estos primeros estadios de desarrollo las leguminosas solamente estarían en un proceso de captación de este nutriente y concentración a nivel radicular debido a la alta demanda que provocan los nódulos en formación (45 % de aumento de los requerimientos en fósforo en relación al contenido de este nutriente en los tejidos de la raíz, el cual es destinado a la formación de ATP utilizado en el proceso de fijación de nitrógeno) sin manifestar en diferencias en la población de plantas la disponibilidad que existe en la solución del suelo (Hart, cit. por Ayala Torales et al., 1998; Whitehead, 2000).

Las especies perennes en sus primeros estadios de desarrollos no se encuentran en la mejor condición fisiológica para responder a los niveles de fertilidad alcanzados. Lo cual estaría explicado por el menor potencial de crecimiento inicial de las especies perennes con relación a las anuales lo cual determinara menores exigencias de fósforo en esta etapa (Montes et al., 1986).

4.2.1. Comportamiento de *Lotus glaber* Mill.

La Figura N° 7 ilustra el comportamiento poblacional de *Lotus glaber* y el porcentaje de implantación frente a niveles crecientes de fertilización fosfatada aplicado a la siembra.

Resultados obtenidos por De Battista et al., (2001) en esta misma especie para el número de plantas por m² fueron de 269 a 130 determinados a los 71 dps y para dos tipos contrastantes de suelo, un Albaqualf (Planosol), y un Peludert (Vertisol), catalogando estos stand de plantas como adecuados para un establecimiento exitoso.

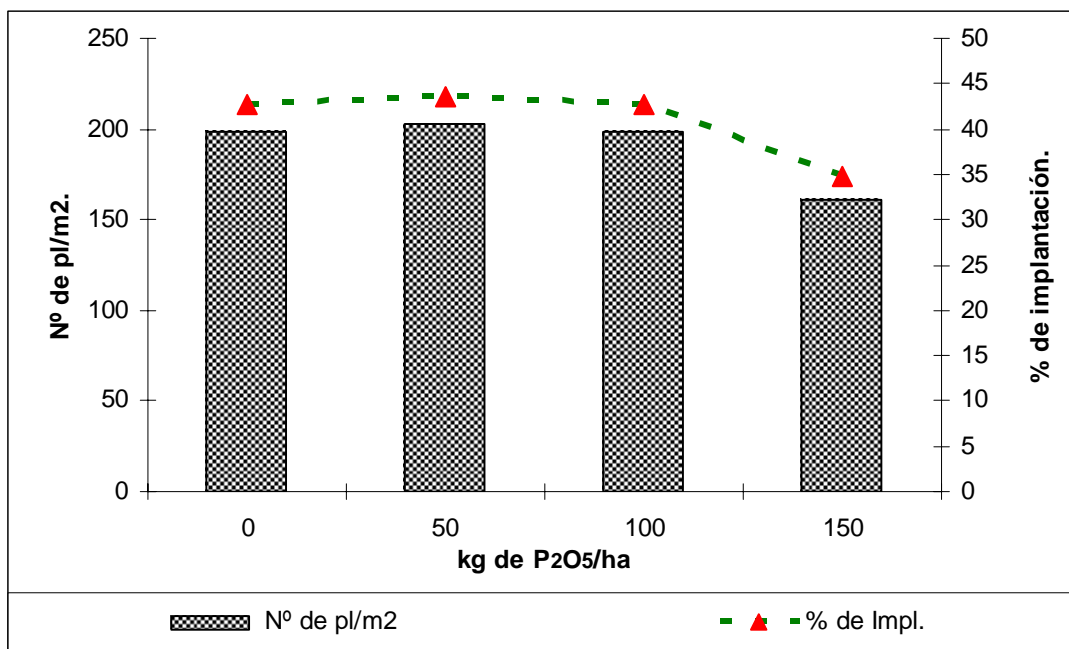


Figura N° 7: Efecto del nivel de fertilización fosfatada sobre el número de plantas por m² y el porcentaje de implantación de *Lotus glaber* a los 60 días post-siembra (dps).

Siembras en cobertura sobre suelos de basalto profundo y en dos condiciones de pasturas (campo natural con historia de mejoramiento, y campo natural virgen), se contabilizaron los 60 dps un número de plantas que osciló entre 133 y 258 plantas/m² de *Lotus glaber* cv Larrañaga, respectivamente. Las diferencias en el número de plantas encontradas se explican por una mayor competencia del tapiz que tiene historia de mejoramiento de campo (Arias et al., 2001).

En nuestras condiciones con relación al porcentaje de implantación para el *Lotus glaber* Mill. existe una diferencia de 8,89 % entre el tratamiento de 50 kg de P₂O₅/ha y el de 150 kg de P₂O₅/ha siendo esta a favor del primero, existiendo en promedio un porcentaje de implantación (para todos los tratamientos) de 41%. La población promedio obtenida para todos los tratamientos evaluados fue de 191 ± 53 plantas/m², la cual está entre los niveles adecuados para lograr un buen stand de plantas que garantice una adecuada producción de materia seca en el primer año (De Battista et al., 2001).

De acuerdo a los antecedentes de porcentajes de implantación revisados por Arias et al., (2001) para varios años, a los 120 dps y para siembras en cobertura en nuestro país los valores oscilaban en el rango de 0,5 a 21,8 %.

La población de plántulas da una idea de la salud del mejoramiento extensivo, ya que un número suficiente de individuos por unidad de superficie determinará las posibilidades de éxito, no sólo para lograr una adecuada producción de materia seca, sino para asegurar a la vez la persistencia productiva (Carámbula, 1996).

4.2.2. Comportamiento de *Trifolium repens* L.

En nuestro estudio el porcentaje de implantación que obtuvo *Trifolium repens* L. en promedio fue de 25 %, siendo la diferencia en el porcentaje de implantación entre los valores extremos de 1,86 %. En la Figura N° 8 se observa el comportamiento poblacional de *Trifolium repens* y el porcentaje de implantación según el nivel de fertilización fosfatada aplicado a la siembra. El valor promedio obtenido fue inferior a los revisados por Arias et al., (2001) de la bibliografía nacional, los cuales oscilaban en un rango de 28 a 38 %. Para *Trifolium repens* L. estos autores encontraron a los 60 dps para cuatro cultivares un número mínimo de 627 y 424 plantas/m², correspondiendo la menor población a la siembra sobre un campo natural con historia de mejoramiento de campo, siendo la explicación de dicho efecto similar a la vertida para el *Lotus glaber* Mill..

Resultados reportados por Félix et al., (1998) al comparar distintos niveles de remoción del tapiz sobre la implantación de leguminosas sobre suelos de la Unidad San Manuel, siendo el testigo una siembra en cobertura, señalan para los 40 dps una implantación de 24,9 %, atribuyendo dicho resultado a la excesiva cantidad de cubierta vegetal, la cual impidió lograr mayores porcentajes de implantación.

Métodos de siembra evaluados con diferentes preparaciones de la sementera, sobre suelos profundos de cristalino (Brunosol Subeútrico Típico) se obtuvieron para

Trifolium repens L. en siembra en cobertura a los 40 dps una implantación de 22,8 % (Ferenczi, et al., 1997).

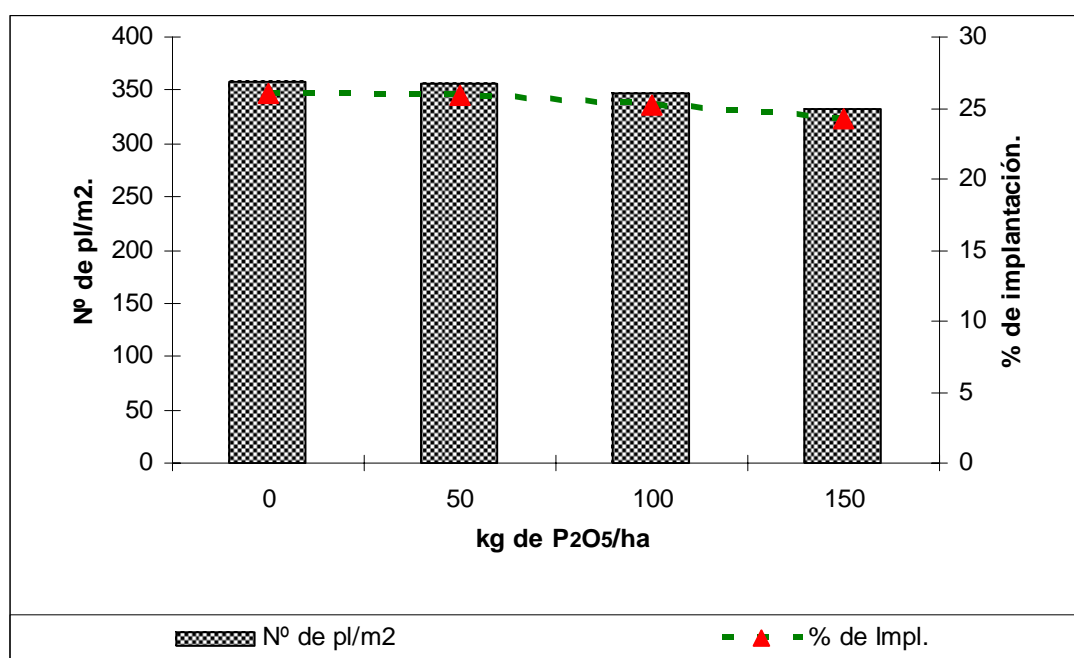


Figura N° 8: Efecto del nivel de fertilización fosfatada sobre el número de plantas por m² y el porcentaje de implantación de *Trifolium repens* a los 60 días post-siembra (dps).

El bajo valor obtenido en la implantación en *Trifolium repens* L. se puede deber a problemas de viabilidad de las semillas las cuales procedían de un lote de la zafra 2001-2002, lo cual provocó una falla en la germinación, y posteriormente en la implantación de esta especie y a su lento crecimiento inicial que las hace más vulnerable frente a factores bióticos y abióticos del ambiente que las rodea. Otro aspecto que no se puede obviar es la presencia de una alta población de *Trifolium polymorphum* en el sitio experimental, y concomitantemente existiría una alta población de su rhizobium que competiría por la formación de nódulos en las raíces con las cepas específicas de *Trifolium repens* L. produciendo una falla en la nodulación y posteriormente en el establecimiento de esta especie.

De todas formas la población promedio obtenida para todos los tratamientos evaluados fue de 347 ± 114 plantas/m² densidad poblacional que está entre los niveles

adecuados para lograr un buen stand de plantas que garantice una producción de materia seca que sea aceptable en términos productivos y económicos (Risso et al., 1990).

4.3. EFECTO DEL NIVEL DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA SOBRE LA IMPLANTACIÓN DE *LOTUS GLABER* MILL. A LOS 120 DÍAS POST-SIEMBRA.

En el Cuadro N° 7 se presentan el número de plantas obtenidas a los 120 días post-siembra para *L. glaber*. Las poblaciones extremas se obtuvieron en los tratamientos 0 y 150 kg de P₂O₅/ha, siendo esas diferencias significativas (p<0,05), en tanto que poblaciones de plantas intermedias se lograron a dosis de 50 y 100 kg de P₂O₅/ha.

Según Santiñaque (1997), la fertilización fosfatada afecta más al crecimiento inicial (peso de las plantas), que las poblaciones a los 90 días, obteniendo para *Lotus corniculatus* 200 plantas/m² independientemente del nivel de fósforo, leguminosa acompañante o tipo de suelo.

Cuadro N° 7: Número de plantas por m² a los 120 días post siembra de *L. glaber* según niveles de fertilización fosfatada.

	0 (kg P ₂ O ₅ /ha)	50 (kg P ₂ O ₅ /ha)	100 (kg P ₂ O ₅ /ha)	150 (kg P ₂ O ₅ /ha)
<i>L. glaber.</i>	208a	183ab	184ab	178c

MDS (*L. glaber*): 53,49. Valores seguidos de igual letra en la fila no difieren al 5%.

Los resultados obtenidos en este experimento muestran para *L. glaber* una relación inversa entre la dosis de fósforo y el número de plantas por metro cuadrado. Esta relación inversa está asociada al peso seco de las plántulas que aumenta con las dosis de fósforo (Silveira et al., 2004a). Es decir que al aumentar las dosis de fósforo aumentó del peso seco de las plantas, pero la población (pl/m²) fue menor.

Un aumento de la competencia entre *L. glaber* y *T. repens* estarían explicando una reducción en la población de *L. glaber* a medida que aumentan los niveles de fósforo agregado.

La población de *L. glaber* obtenida en este estudio a los 120 dps fue en promedio de 188 ± 20 pl/m², la cual se considera apropiada pues supera los valores necesarios para

un adecuado establecimiento, según Montes et al., (1985), que proponen como adecuada una población entre 25 - 30 plantas/m².

Resultados reportados por Arias et al., (2001) indican que para los 115 dps se obtuvieron 227 plantas/m² de *Lotus glaber* cv Larrañaga, con un único nivel de fertilización inicial de 60 kg de P₂O₅/ha.

Indican a su vez que la dinámica de *L. glaber* durante el período experimental confirma lo reportado para esta especie con germinaciones escalonadas durante el año, afirmando que este comportamiento es debido a la rotura progresiva de la dormición en semillas duras por mayores temperaturas y fluctuaciones en el régimen hídrico.

En un estudio realizado para evaluar el comportamiento de diferentes especies y variedades en siembra en cobertura, en un suelo de Basalto profundo (Vertisol Rúptico), con una fertilización inicial de 69 Kg de P₂O₅, se obtuvo una población de 318 plantas/m² de *L. glaber* cv Chajarí a los 122 dps (Clemente et al., 2000).

Para las condiciones del experimento del presente trabajo, el bajo crecimiento hasta mediados de la primavera que presentó el tapiz nativo permitió la penetración de la luz hasta los estratos inferiores del canopeo favoreciendo la aparición paulatina de nuevas plántulas (Sevilla et al., 1996) siendo este efecto evidente en el nivel superior de fertilización (150 kg de P₂O₅/ha) 161 plantas/m² a los 60 dps vs 179 plantas/m² a los 120 dps.

Por lo tanto, manejos del pastoreo que permitan reducir el efecto del sombreado en los estratos inferiores del tapiz podrían favorecer un incremento en la población de plantas dada la germinación escalonada que presenta esta especie.

Esta reducción de la competencia ejercida por el tapiz nativo favorecería a las plantas ya desarrolladas, principalmente modificaría el balance rojo/rojo lejano y consecuentemente induciría la aparición de brotes axilares (tallos secundarios) (Morales, 1998; Deregibus, cit. por Morales, 1998).

En condiciones de alta competencia por luz, los carbohidratos producidos son empleados en el alargamiento del tallo principal, y concomitantemente se advertiría una reducción severa de la relación raíz/parte aérea, lo que traería aparejado una escasa exploración del suelo por las raíces y consecuentemente una escasa capacidad para sobrevivir en la estación estival (Corre, cit. por Morales, 1998).

La Figura N° 9 ilustra el comportamiento poblacional de *L. glaber* y el porcentaje de implantación a los 120 dps según el nivel de fertilización fosfatada aplicado a la siembra.

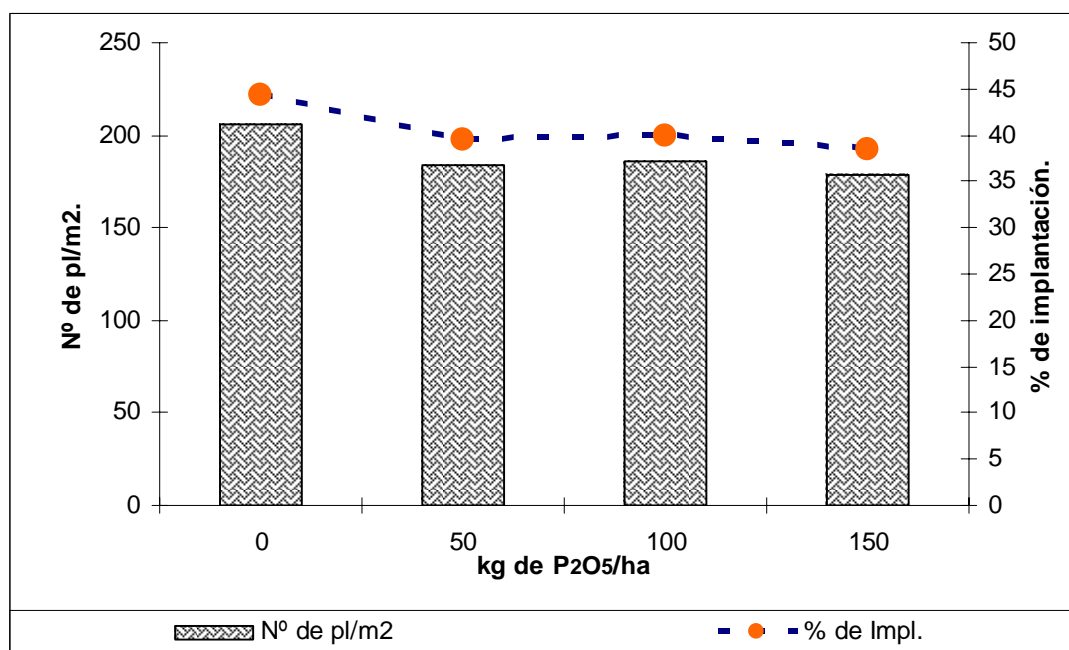


Figura N° 9: Efecto del nivel de fertilización fosfatada sobre el número de plantas por m² y el porcentaje de implantación de *L. glaber* a los 120 días post-siembra (dps).

El porcentaje de implantación obtenido en este estudio y para el nivel de fertilización superior (150 kg de P₂O₅/ha) fue de 38,39 %, estableciéndose la máxima diferencia con el tratamiento donde no se adicionó fertilizante (0 kg de P₂O₅/ha), en el cual se obtuvo un 44,23 % de implantación, esto puede deberse a una mayor competencia del *T. repens* con el *L. glaber*, al aumentar los niveles de fertilización.

En estudios realizados por González et al., (1999) en siembras en cobertura con *L. glaber* cv Larrañaga, obtuvieron a los 120 dps, sobre un campo restablecido de basalto profundo en dos posiciones topográficas (ladera alta y ladera baja) un número de 60 y 158 plantas/m², atribuyendo tales diferencias en el stand de plantas a que la ladera baja determinó mejores condiciones para la implantación, obteniendo en esta situación un 31,6 % de implantación.

4.4. EFECTO DEL NIVEL DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA SOBRE LA IMPLANTACIÓN DE *TRIFOLIUM REPENS* L. A LOS 120 DÍAS POST-SIEMBRA.

Para *T. repens* L. se observa una respuesta positiva y significativa en el número de plantas/m² entre los niveles de fósforo agregado. La respuesta obtenida presenta crecimiento lineal siendo el modelo ajustado: $P/m^2 = 0,923 P + 65,982$ ($p < 0,0001$) con un $R^2 = 0,50$. La Figura N° 10 ilustra el comportamiento poblacional de *T. repens* frente a niveles crecientes de fósforo agregado a la siembra.

Los resultados obtenidos en *T. repens* L. a los 120 dps en el número de plantas /m² y por lo tanto en el porcentaje de implantación (Figura N° 11), el cual dependió del nivel de fertilización fosfórica inicial, indicando la existencia de un efecto de la disponibilidad de este nutriente en el suelo sobre el porcentaje de establecimiento de esta especie.

Existen diferencias en los requerimientos de fósforo entre *T. repens* y *L. glaber* (Hernández, 1999; Zanoniani et al., 2004), lo cual explica las diferencia encontradas en las respuestas en el número de plantas/m² de estas especies frente al agregado de dosis crecientes de fósforo. *T. repens* muestra una mayor población como respuesta frente al aumento en los niveles de fósforo agregado. En cambio *L. glaber* no muestra el mismo comportamiento debido a su menor exigencia de este nutriente, cubriendo básicamente sus requerimientos iniciales con el fósforo aportado por el suelo.

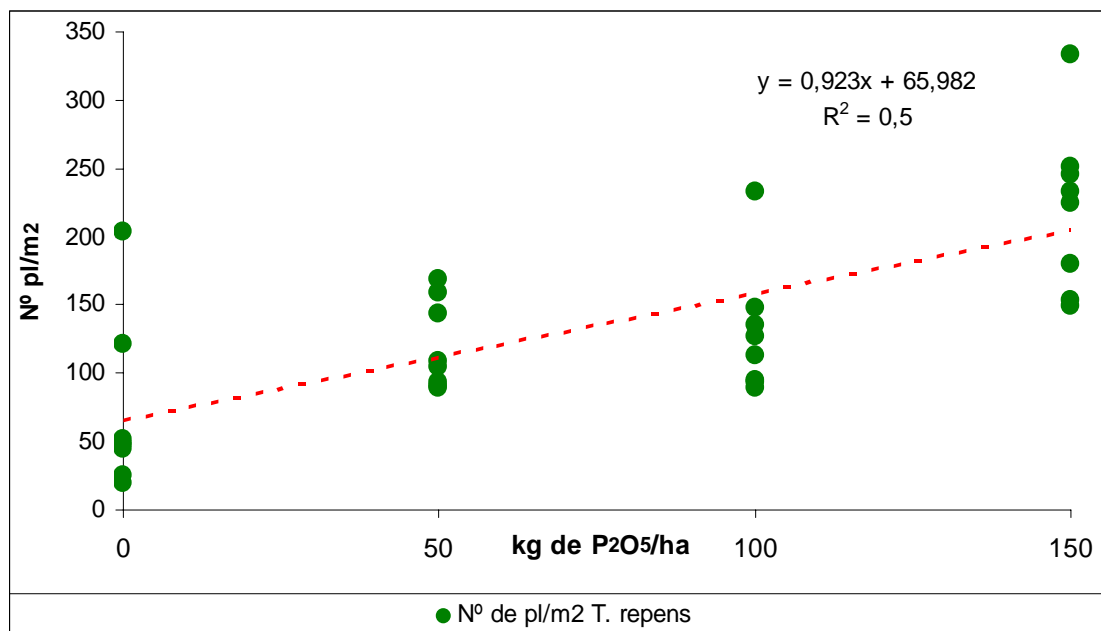


Figura N° 10: Número de plantas/m² de *T. repens* censadas a los 120 dps según el nivel de fertilización fosfatada.

Este efecto está relacionado a la mayor capacidad de sobrevivencia de las plántulas creciendo en un ambiente de alta competencia como lo es en un mejoramiento de campo.

La mayor capacidad de sobrevivencia está determinada por un mayor tamaño de las plantas debido a un mayor nivel nutricional de las mismas, lo cual redundará en una mayor acumulación de materia seca en la parte aérea, mayor partición de esta hacia las raíces, las cuales incrementan su longitud lo que le permite explorar el suelo a una mayor profundidad y le permite afrontar las condiciones de alta competencia con las especies del tapiz nativo.

El porcentaje de implantación obtenido para el nivel más alto de fertilización fosfatada fue de 16,06 %. Este valor es inferior al 35 % encontrados por Alvez et al., (1996), al obtenido por Clemente et al., (2000), que fue de un 23 %, y superiores al 13 y 9 % reportados respectivamente por Ferenczi et al., (1997) y Minutti et al., (1996).

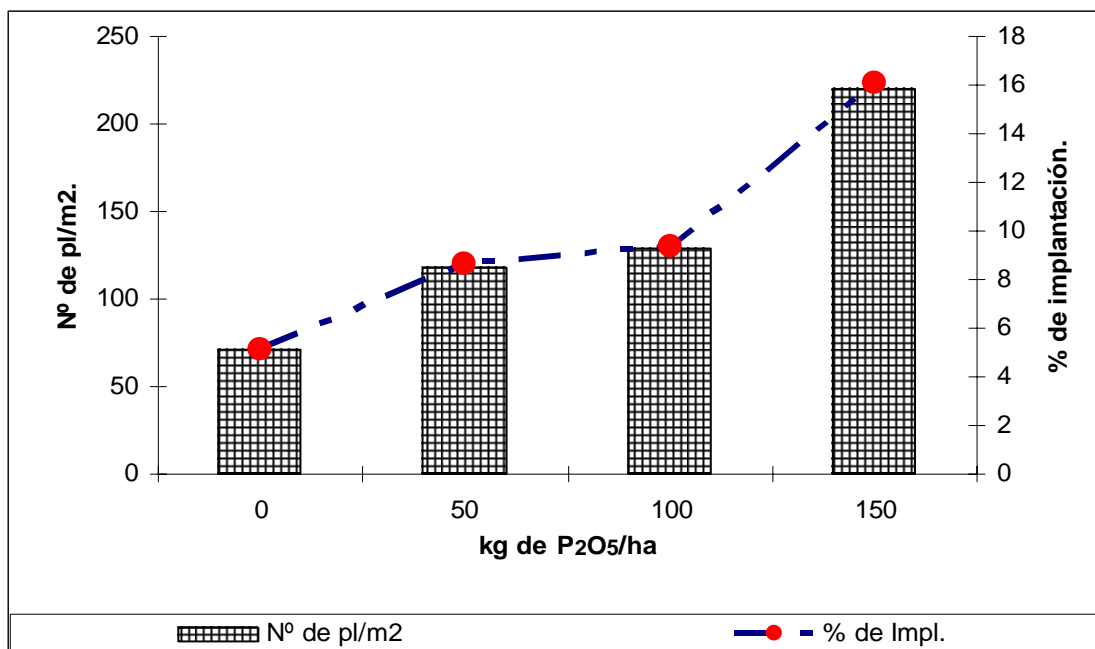


Figura N° 11: Efecto del nivel de fertilización fosfatada sobre el número de plantas (pl) por m² y el porcentaje de implantación de *T. repens* a los 120 días post-siembra (dps).

Es de suponer que una gran proporción de las plantas contabilizadas en esta estación del año (120 dps) ya están en una etapa autotrófica y dependen de la extracción de agua y nutrientes que pueden realizar del suelo. Por lo tanto aquellas plántulas que en etapas iniciales estuvieron expuestas a competencia por luz, espacio, agua y nutrientes, seguramente realizaron un mayor consumo de sus reservas y en términos generales son las que sufren un agotamiento de las mismas antes de que se establezca la fase autotrófica.

En estas situaciones de mayor competencia por los factores de crecimiento, determinaran elevadas pérdidas de plántulas, lo cual es observado en el tratamiento testigo sin fertilizar (0 kg de P₂O₅/ha), en el cual se detecta la menor población de plántulas de *Trifolium repens* L. (71 pl/m²).

En este sentido González et al., (1999) detectaron diferencias en la población de plántulas en disposiciones topográficas contrastantes (ladera alta y ladera baja), siendo de 3 y 100 plantas/m² respectivamente, atribuyendo tales resultados a las mejores

condiciones de humedad obtenidas en la zona baja, lo cual aparece como la principal razón para el comportamiento cuantificado en esta especie, la cual posee una baja tolerancia a las condiciones de estrés hídrico (Carámbula, 1996).

Distintos tratamientos de pastoreo en la preparación de la sementera y su influencia sobre la evolución poblacional de las especies introducidas se han evaluado, identificándose como un factor restrictivo para un adecuado establecimiento de leguminosas la competencia ejercida por el tapiz nativo. Detectándose las menores poblaciones para *Lotus* spp. y *T. repens* en aquellas situaciones donde el manejo del pastoreo en la preparación del potrero fue aliviado (Minutti et al., 1996).

Resultados obtenidos por Caram et al., (1996) al evaluar diferentes métodos de siembra sobre la implantación en *Lotus corniculatus* L. y *Trifolium repens* L. encontraron diferencias significativas solamente en el número de plantas por metro cuadrado, para *Trifolium repens* L..

Estos autores al analizar los factores disponibilidad de agua, compactación de la sementera, nivel de fósforo agregado y contenido de nitrógeno, identificaron en su estudio como único factor restrictivo sobre la implantación a los 90 dps al contenido de nitrógeno ($N-NO_3^-$) en el suelo.

Indican que el efecto inicial del nitrógeno sobre las plántulas podría determinar un mayor crecimiento de las raíces y esto le confiere a la planta una mayor capacidad de tolerar situaciones de estrés.

4.5. EVOLUCIÓN POBLACIONAL ENTRE LOS 60 Y 120 DÍAS POST-SIEMBRA EN *LOTUS GLABER* MILL. SEGÚN EL NIVEL DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA.

Mediante el modelo estadístico de parcelas divididas en el tiempo, con el cual se estudia la autocorrelación temporal entre las parcelas, no se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el número de plantas/m² según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

A su vez no se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el efecto número de días independientemente del nivel de fertilización aplicado sobre el número de plantas/m², obteniéndose un número promedio de 191 ± 53 y 188 ± 20 plantas/m² a los 60 y 120 dps respectivamente.

En la Figura N° 12 se presentan las curvas ajustadas de respuesta al fósforo para número de plantas/m², en la cual se puede apreciar como fue la dinámica demográfica de *L. glaber* entre los 60 y 120 dps.

Al estudiar la interacción días por nivel de fertilización no se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el número de plantas por m² contabilizadas a los 60 y 120 dps lo cual indica que no existió un efecto de interacción entre las variables analizadas.

Resultados similares fueron obtenidos por Arias et al., (2001) en lo concerniente al comportamiento relativamente estable de *L. glaber* en el número de plantas/m².

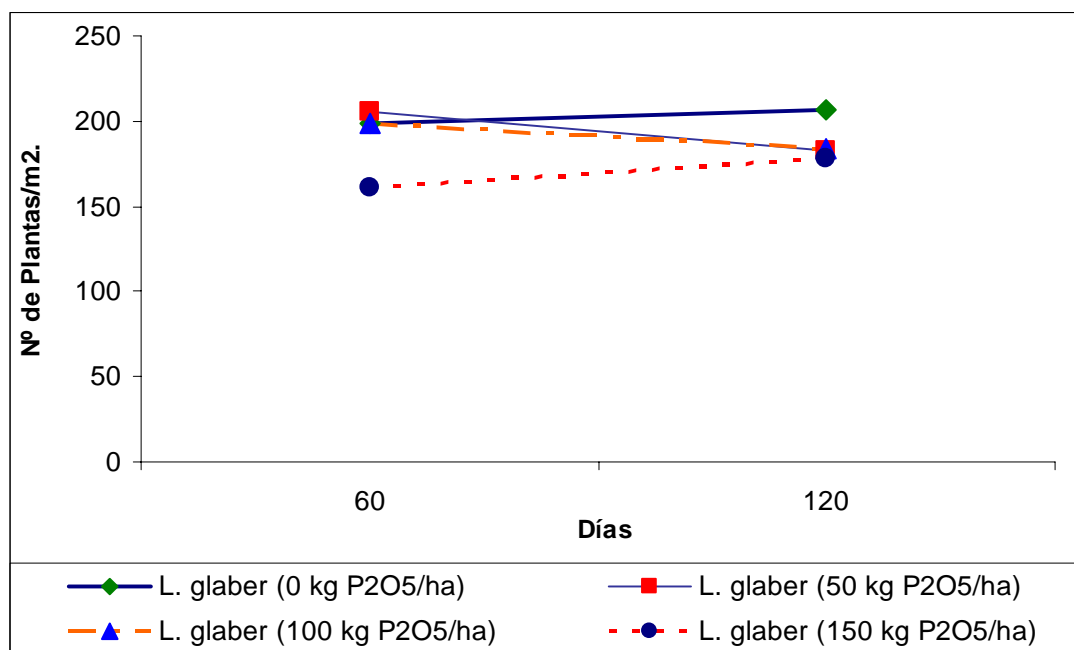


Figura N° 12: Densidad poblacional de *L. glaber* obtenida en cada conteo según el nivel de fertilización fosfatada.

4.6. EVOLUCIÓN POBLACIONAL ENTRE LOS 60 Y 120 DÍAS POST-SIEMBRA EN *TRIFOLIUM REPENS* L. SEGÚN EL NIVEL DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA.

Para el número de plantas/m² en *Trifolium repens* no se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre niveles de fósforo para el conteo a los 60 dps. A los 120 dps si se detectaron efectos de los niveles de fósforo sobre el número de plantas/m².

A su vez se detectaron diferencias significativas ($p < 0,001$) en el efecto número de días independientemente del nivel de fertilización aplicado sobre las medias del número de plantas/m², obteniéndose un número promedio de 347 ± 114 y 135 ± 54.89 plantas/m² a los 60 y 120 dps, respectivamente.

En la Figura N° 13 se presentan las curvas ajustadas de respuesta al fósforo para el número de plantas/m², se puede visualizar la dinámica demográfica producida entre los 60 y 120 dps para la especie *Trifolium repens*.

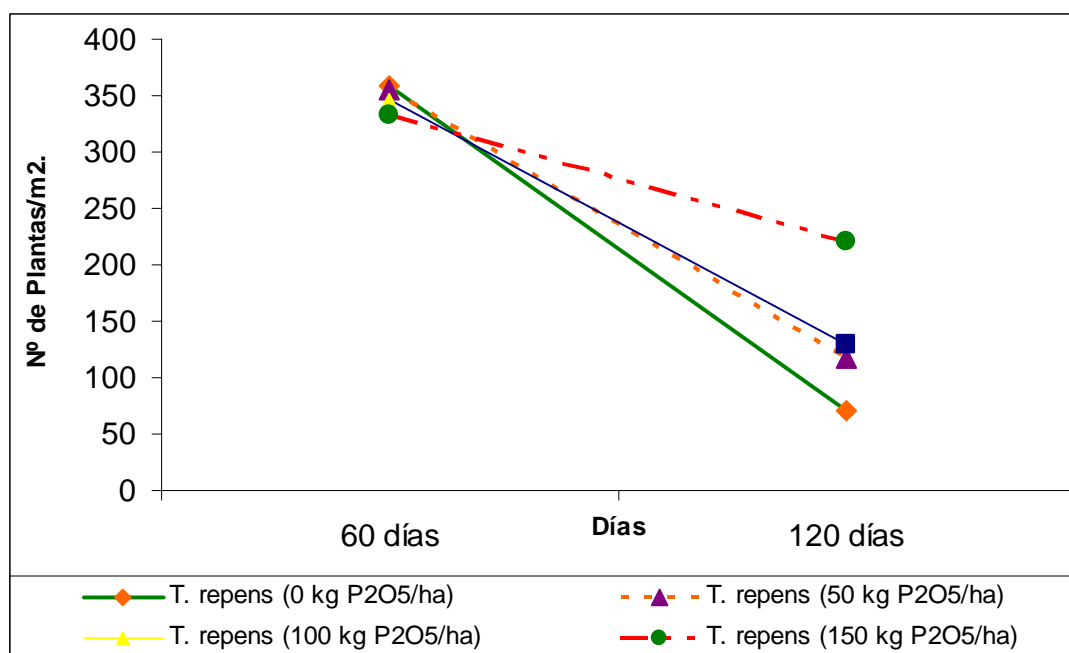


Figura N° 13: Densidad poblacional de *Trifolium repens* obtenida en cada conteo según el nivel de fertilización fosfatada.

Al estudiar la interacción días por nivel de fertilización se detectaron diferencias significativas ($p < 0,038$) entre el número de plantas/m² contabilizadas a los 60 y 120 dps lo cual indica que existió un efecto de interacción entre las variables analizadas.

En síntesis se puede afirmar que existió un comportamiento diferencial en el número de plantas / m² efecto producido por la interacción entre el factor días post-siembra y nivel de fósforo agregado a la siembra, que fue diferente a los 60 y a los 120 dps.

Teniendo en cuenta la presencia de interacción días vs nivel de fósforo agregado, en la Figura N° 14 se observa la evolución poblacional entre días de conteo para un nivel de fertilización particular.

Cuando se comparan ambas fechas, se observaron diferencias significativas ($p < 0,0001$) en el número de plantas para los niveles 0, 50 y 100 kg P₂O₅/ha. Con el nivel máximo de fertilización (150 kg de P₂O₅/ha) si bien hubo diferencias en el número de plantas, estas no fueron significativas ($p < 0,05$). Esto indica que mientras en el tratamiento sin agregado de fósforo hubo una pérdida importante de plantas, a medida que aumentó la dosis de fósforo esta pérdida se fue haciendo menor, esto se relaciona con el tamaño de las plantas y a su vez con la capacidad de sobrevivencia, no observándose diferencias significativas en el número de plantas en la dosis más alta de fósforo.

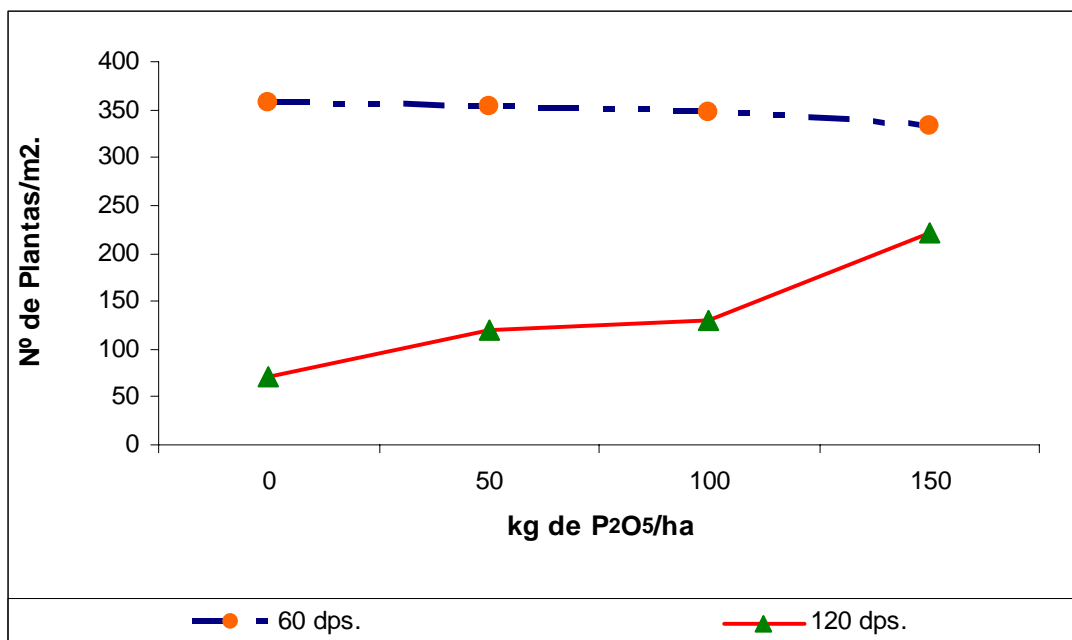


Figura N° 14: Número de plantas/m² de *T. repens* censadas a los 60 y 120 dps según el nivel de fertilización fosfatada agregada a la siembra.

El nivel de fertilización fosfatada aplicado a la siembra sobre la población de plantas/m² a los 120 dps produce un efecto en la tasa de mortalidad de plantas, detectándose las mayores pérdidas de éstas en el testigo sin fertilizar, en el cual se produce una reducción del 80,25 % en relación a la población detectada a los 60 dps.

Estos resultados estarían confirmando para esta especie en particular que un aumento de la disponibilidad de fósforo tendría un efecto sobre la tasa de sobrevivencia de las plantas, lo cual se traduce en una mayor capacidad para persistir en el tapiz debido a su mejor estado nutricional que le permitiría afrontar las condiciones de alta competencia.

Resultados distintos son los reportados por González et al., (1999) los cuales indican que *T. repens* cv Zapicán muestra un comportamiento diferente según la posición topográfica analizada. En la ladera baja, la cual se asemeja a las condiciones particulares de este estudio, la evolución demográfica de plantas mostró un aumento

paulatino de las mismas hasta los 120 dps, momento en el cual se registra la máxima población.

4.7. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA SOBRE EL PESO, % DE MATERIA SECA Y RELACIÓN RAÍZ/PARTE AÉREA DE LAS PLANTAS DE *LOTUS GLABER* MILL. A LOS 120 DPS.

4.7.1. Efecto de la fertilización fosfatada sobre el Peso Seco Total (PST), Peso Seco de la Parte Aérea (PSPA) y Peso Seco Radicular (PSR) de diez plántulas.

Se observó un incremento positivo y significativo del PST de diez plántulas ante un aumento en las dosis de fósforo agregado a la siembra. Ajustando un modelo lineal, el cual fue: **PST = 0,694 + 0.0069P** ($p < 0,0001$) con un $R^2=0,66$. El aumento del PST es resultado del aumento significativo que registran sus dos componentes frente al aumento en el nivel de fósforo: PSPA, el cual ajusta un modelo lineal **PSPA = 0,556 + 0,00595P** con un $R^2= 0,67$ ($p < 0,0001$) y PSR, que ajusta un modelo lineal **PSR = 0,138 + 0,00096P** con un $R^2= 0,52$ ($p < 0,0001$).

La Figura N° 15 ilustra las respuestas de las diferentes fracciones de las plantas de *Lotus glaber* frente al agregado de niveles crecientes de fósforo a la siembra.

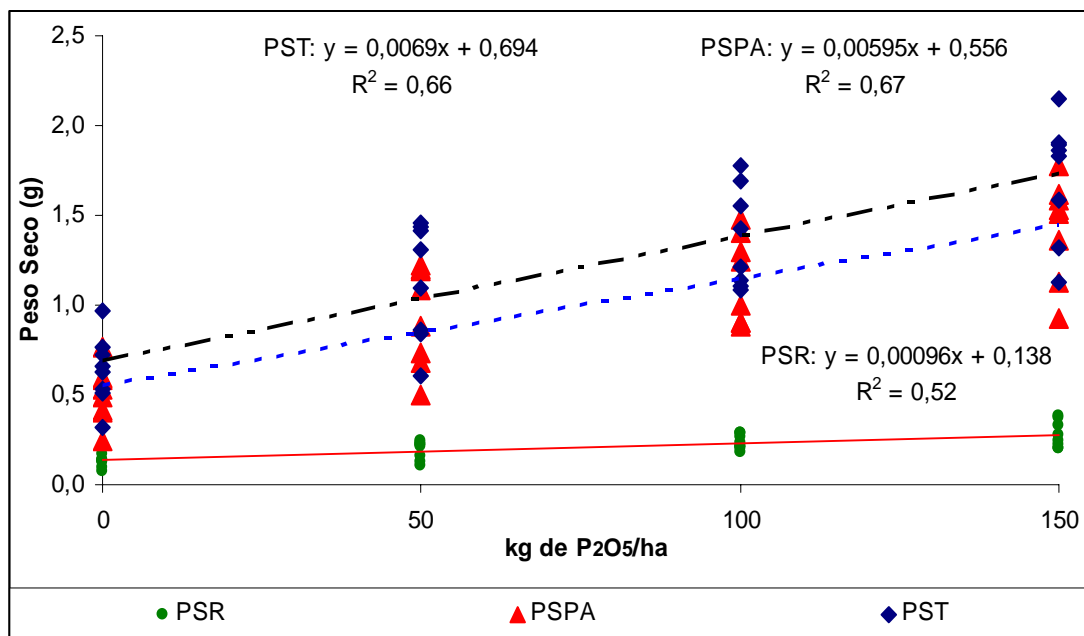


Figura N° 15: Peso seco Total (PST), Peso Seco de la Parte Aérea (PSPA) y Peso Seco Radicular (PSR) de *L. glaber* Mill. a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

Resultados similares fueron obtenidos por Santiñaque et al., (1997), en donde se detectó un efecto positivo del fósforo (en *L. corniculatus* L. y *Trifolium repens* L.) sobre el peso de las plantas. El autor sostiene que las necesidades de aplicación de fósforo son, entonces, dependientes de sus efectos sobre la producción de forraje en el primer año y años posteriores.

Resultados diferentes fueron obtenidos por Montes et al., (1986), estudiando el efecto de la fertilización fosfatada en el número y peso de plantas de *L. corniculatus* determinadas a los 90 días post-siembra. Estos autores, sin embargo reportan incrementos decrecientes en el peso de plantas, ajustando a tal comportamiento un modelo cuadrático de escaso poder predictivo para las dosis de fósforo evaluadas.

Estos resultados disímiles podrían deberse a que existen diferencias en el momento de evaluación de esta variable, al rango de dosis evaluadas en nuestro estudio y por tratarse de especies diferentes (Langer, 1981), que llevan a que existan diferencias en las exigencias y eficiencias de uso del fósforo nativo y agregado debido a que tienen distinta estructura del sistema radicular (Smethan, 1981).

Si bien las especies de este género se caracterizan por persistir en condiciones de baja fertilidad y disponibilidad de fósforo (comparado con otras leguminosas), a pesar de ello presentan la particularidad de incrementar significativamente su producción de biomasa ante el agregado de fósforo (Mouat, cit. por Smethan, 1981; Ayala et al., cit. por Zanoniani et al., 2004).

4.7.2. Efecto de la fertilización fosfatada sobre el contenido de Materia Seca Radicular (MSR) y Materia Seca de la Parte Aérea (MSPA).

El contenido de MSR presenta una respuesta cuadrática significativa, ajustando el modelo $MSR = 13,33 + 0,175P - 0,0011P^2$ ($p < 0,05$), con un $R^2 = 0,27$ frente al aumento en las dosis de fósforo. Este bajo coeficiente de determinación obtenido indica un bajo poder predictivo del modelo propuesto.

La Figura N° 16 ilustra la respuesta del contenido de MSR frente a niveles crecientes de fósforo agregado a la siembra.

Se analizó la variable porcentaje de materia seca de parte aérea (MSPA), no encontrándose diferencias significativas provocadas por el efecto de los diferentes niveles de fósforo agregado. En el Cuadro N° 8 se presentan los promedios para este parámetro.

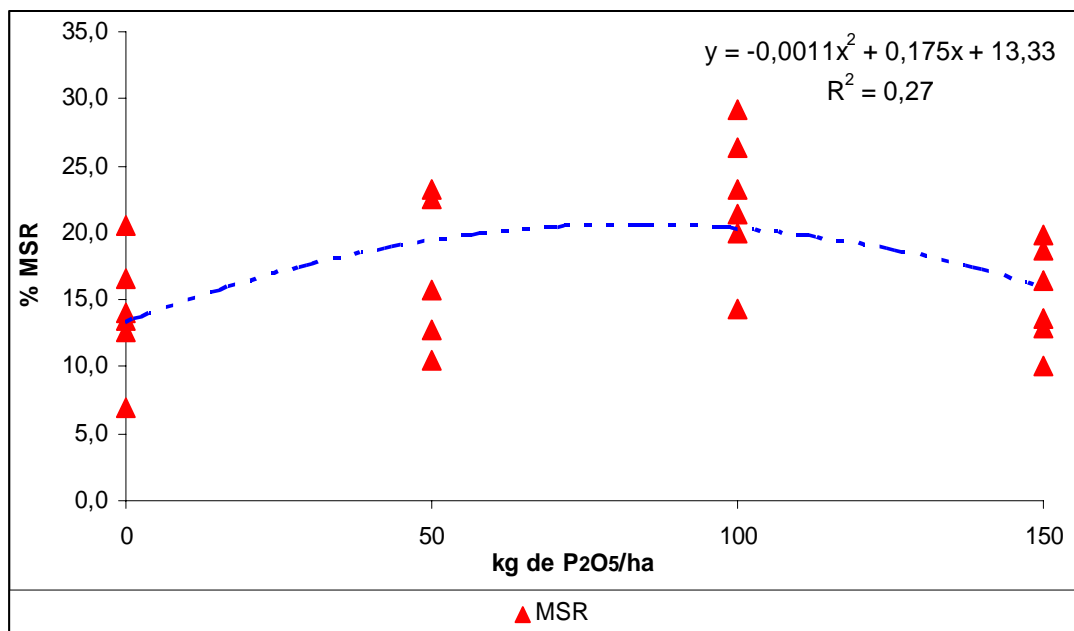


Figura N° 16: Porcentaje de Materia Seca Radicular (MSR) de *L. glaber* Mill. a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

Cuadro N° 8: Promedio, desvío estándar ($CME^{1/2}$) y coeficiente de variación (C.V.) del % de MSPA para *L. glaber*.

	Prom.	$CME^{1/2}$	C.V.(%)
MSPA	17,629	3,346	18,984

4.7.3. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la Relación Raíz/Parte Aérea (RRPA).

La relación entre la RRPA y las dosis de fósforo presenta una respuesta cuadrática – plateau significativa, ajustando el modelo $RRPA = 0,265 - 0,00183P + 0,000013P^2$ ($p < 0,0001$) si $P < 68,64$, y $RRPA = 0,2023$ si $P \geq 68,64$ con un $R^2 = 0,46$. La Figura N° 17 ilustra el comportamiento de esta variable con el incremento de las dosis de fósforo.

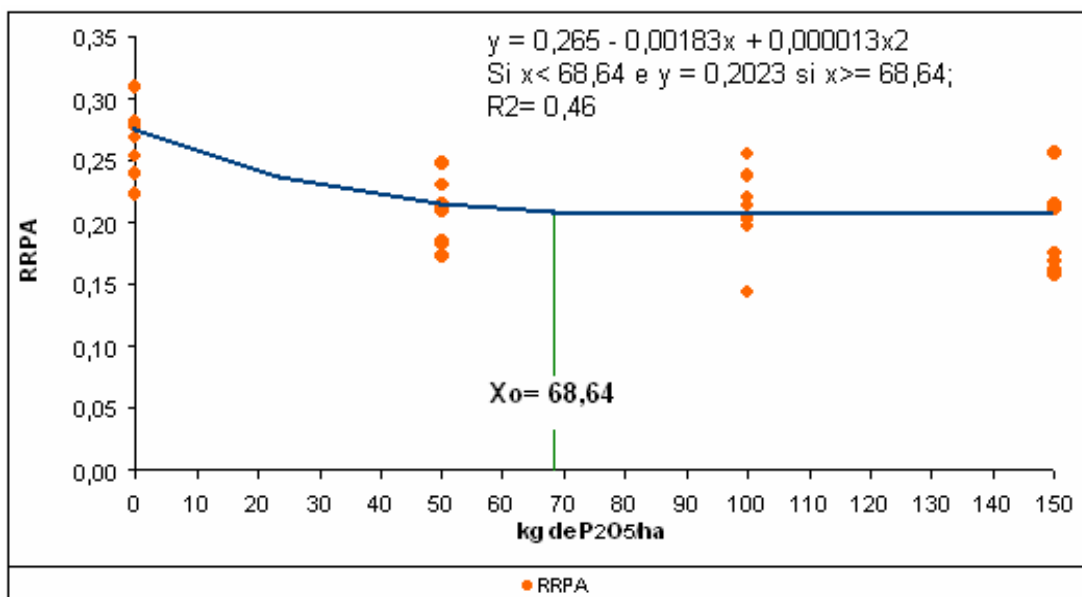


Figura N° 17: Relación Raíz / Parte Aérea (RRPA) de *L. glaber* a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

En la figura precedente se observa la curva de respuesta de la RRPA frente al agregado de dosis crecientes de fósforo, existen dos zonas separadas en la respuesta al nivel de fósforo agregado. En la primera zona la curva muestra una tendencia cuadrática con decrementos decrecientes hasta el valor de 68,64 kg de P₂O₅/ha, punto a partir del cual no se observa respuesta frente a incremento en las dosis de fósforo siendo la RRPA constante y con un valor de 0,2023.

La RRPA se presenta como un indicador valioso a los efectos de comprender la dinámica del flujo de carbohidratos dentro de las plantas, se puede predecir a partir de que valor de esta relación deja de existir una competencia entre la parte aérea y las raíces por fotoasimilados.

Esto indicaría una partición diferencial de la materia seca a niveles bajos de disponibilidad de fósforo, priorizando la formación de raíces para una mayor exploración del suelo. Respuestas similares fueron reportadas por Ayala Torales et al., (2000).

Cuando las plantas sufren una restricción en el suministro de agua y/o nutrientes, tienden a aumentar su RRPA, como resultado de una restricción en el crecimiento aéreo en las plantas creciendo en competencia (Santiñaque et al., 1997).

Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Marschner (1995), que observó que a diferencia de lo que ocurre con el crecimiento de los tallos, el crecimiento radicular es menos inhibido por las deficiencias de fósforo, observándose un aumento de la relación raíz / parte aérea. En general, el aumento de dicha relación en plantas con diferencias de fósforo, está correlacionado con un incremento en el flujo de carbohidratos hacia las raíces (Wilson, cit. por Gourley et al., 1993). El desarrollo radicular, en términos generales, depende del suministro de carbohidratos desde la parte aérea. Por tanto, la intensidad de luz, altas temperaturas, defoliación, etc. reducen marcadamente el crecimiento radicular. Por otra parte, déficit de agua o nutrientes afectan relativamente más la parte aérea que las raíces (Brouwer, 1966; Garwood, 1967; Troughton, cit. por García, 1977).

4.8. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA SOBRE EL PESO, % DE MATERIA SECA Y RELACIÓN RAÍZ/PARTE AÉREA DE LAS PLANTAS DE *TRIFOLIUM REPENS* L.

4.8.1. Efecto de la fertilización fosfatada sobre el Peso Seco Total (PST), Peso Seco de la Parte Aérea (PSPA) y Peso Seco Radicular (PSR) de diez plántulas.

Se observó una respuesta positiva y significativa del PST de 10 plántulas ante un aumento en las dosis de fósforo agregado, ajustándose un modelo lineal $PST = 0,679 + 0,0159P$ ($p < 0,0001$), con un $R^2 = 0,78$. El aumento del PST es resultado de una respuesta positiva y significativa que registra principalmente el PSPA en función de la dosis, ajustando un modelo lineal $PSPA = 0,508 + 0,0141P$ ($p < 0,0001$) con un $R^2 = 0,75$.

Para el PSR se observa una respuesta significativa frente al aumento en las dosis de fósforo, ajustándose un modelo de polinomios segmentados cuadrático - plateau

$PSR = 0,1167 + 0,00567P - 0,00003P^2$ ($p < 0,0001$), si $P < 97,63$, y $PSR = 0,3935$ si $P \geq 97,63$ con un $R^2 = 0,50$.

En las Figuras N° 18 y 19 se ilustran el comportamiento de las variables PST, PSPA y PSR frente al agregado de niveles crecientes de fósforo.

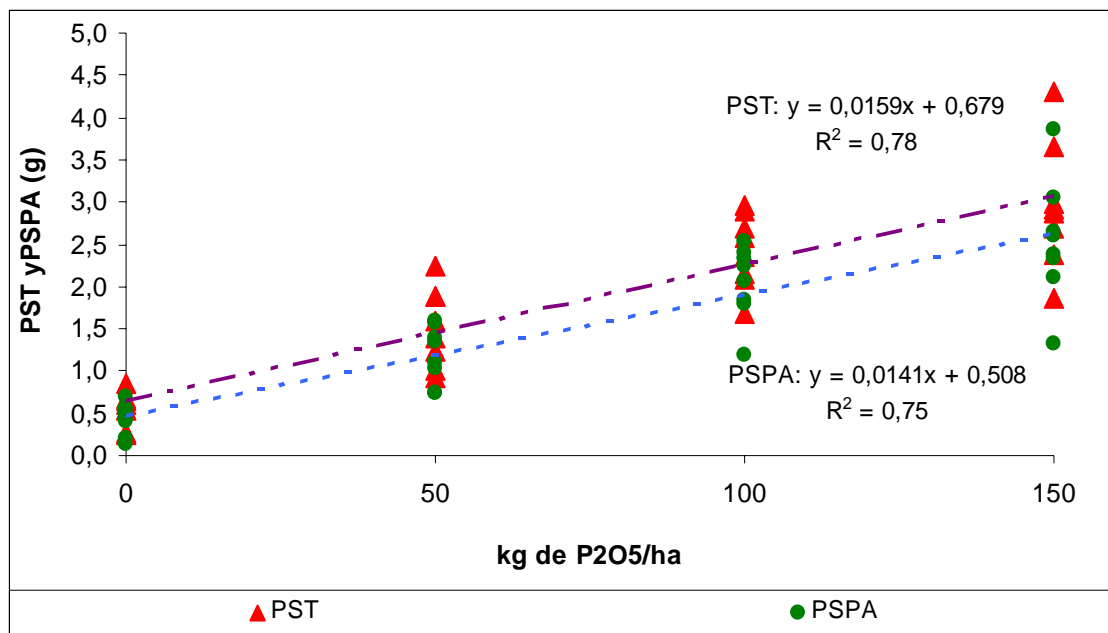


Figura N° 18: Peso Seco Total (PST) y Peso Seco de la Parte Aérea (PSPA) de diez plantas de *T. repens* a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

Distintos cultivares de *T. repens* L. aumentan el peso de tallos al incrementarse las dosis de fósforo aplicado (Gourley, et al., 1993). En tanto resultados obtenidos por Morón et al., (1985), estudiando la respuesta de *T. repens* frente al agregado de fósforo reportan una respuesta lineal en producción de materia seca, hasta niveles de 160 kg P₂O₅/ha aplicados a la siembra.

Argelaguet et al., (1985) reportan que las especies de leguminosas evaluadas respondieron a la fertilización incrementando el peso de las plántulas a los 90 dps. *Trifolium repens* fue la especie que mostró una mayor asociación entre los incrementos del peso de las plántulas y la fertilización.

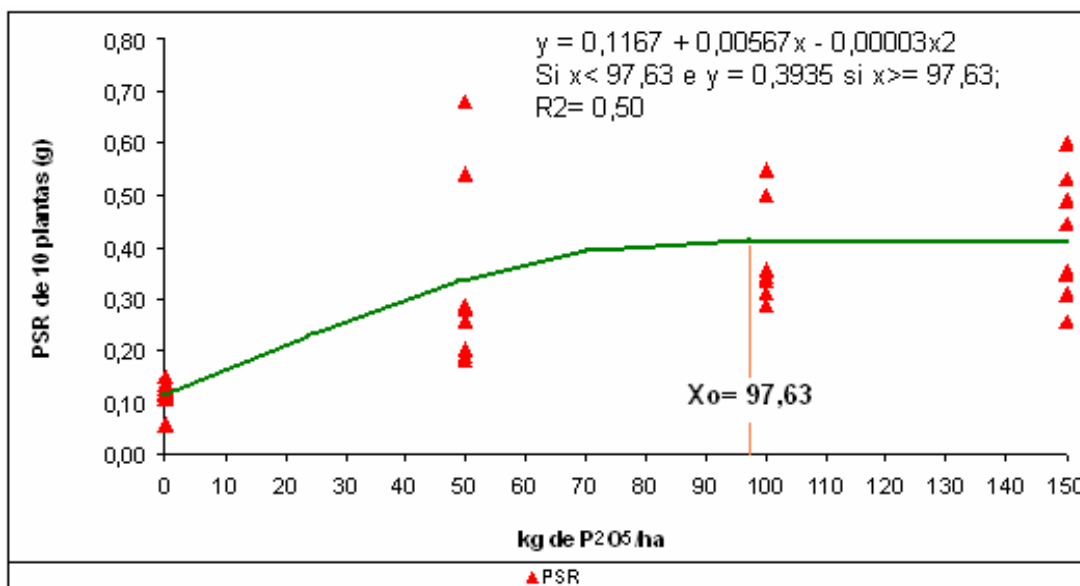


Figura N° 19: Peso Seco Radicular (PSR) de diez plantas de *T. repens* a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

La Figura N° 19 ilustra la curva de respuesta del PSR frente al agregado de dosis crecientes de fósforo, existen dos zonas separadas en la respuesta al nivel de fósforo agregado. En la primera zona la curva muestra una tendencia cuadrática con incrementos decrecientes hasta el valor de 97,63 kg de P₂O₅/ha, punto a partir del cual no se observa respuesta frente a incrementos en las dosis de fósforo siendo constante el PSR de diez plántulas y con un valor de 0,3935 g.

4.8.2. Efecto de la fertilización fosfatada sobre el contenido de Materia Seca de la Parte Aérea (MSPA) y Materia seca Radicular (MSR).

El contenido de MSPA presenta una respuesta negativa y significativa frente al aumento en las dosis de fósforo, ajustando un modelo lineal **MSPA = 18,821 - 0,025P** ($p < 0,0088$), con un $R^2 = 0,41$. La Figura N° 20 ilustra el comportamiento de esta variable frente al agregado de fósforo a la siembra.

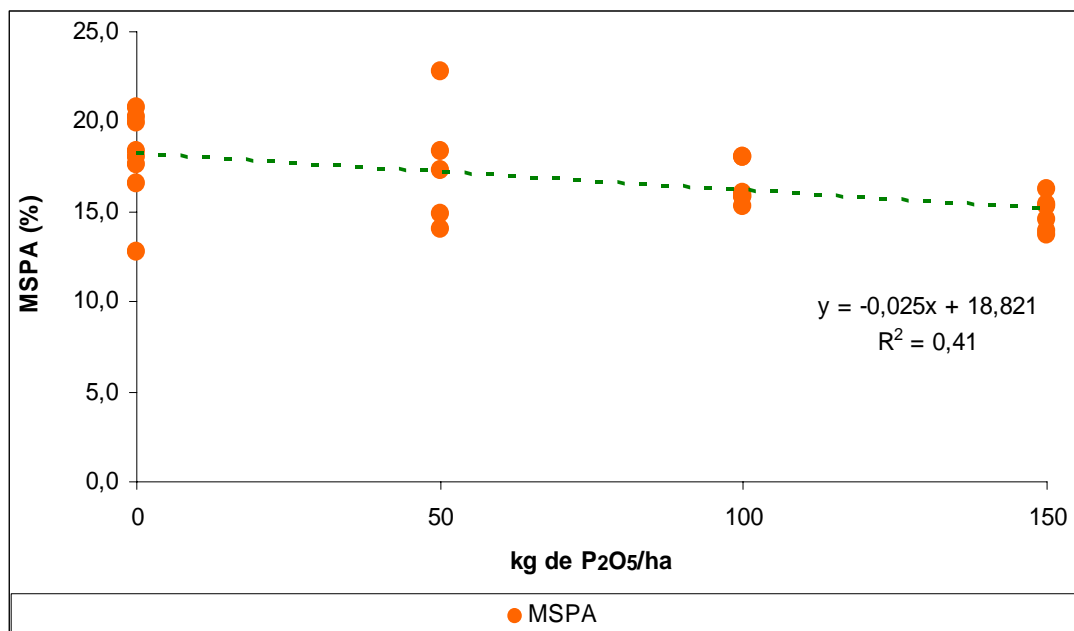


Figura N° 20: Porcentaje de Materia Seca en la Parte Aérea (MSPA) de *T. repens* a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

El contenido de MSR presentó una respuesta cuadrática significativa, ajustando el modelo $MSR = 13,832 + 0,189P - 0,0012P^2$ ($p < 0,0134$) con un $R^2 = 0,23$ frente al aumento en las dosis de fósforo, indicando este valor del coeficiente de determinación un bajo poder predictivo del modelo propuesto.

La Figura N° 21 ilustra el comportamiento de esta variable frente al agregado de fósforo a la siembra.

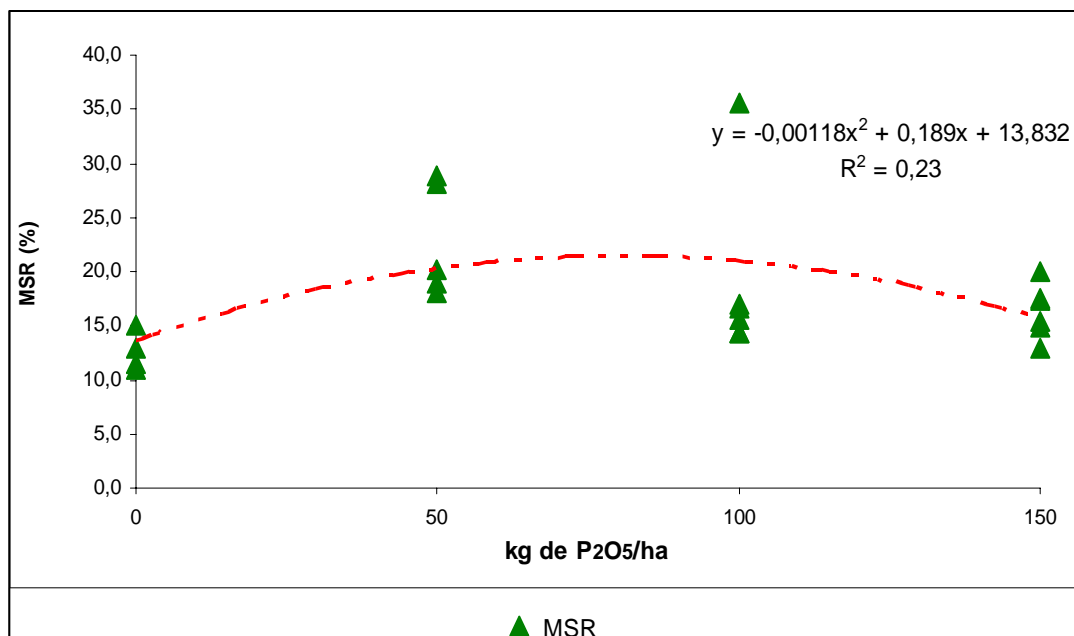


Figura N° 21: Porcentaje de Materia Seca Radicular (MSR) de *T. repens* a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

Se analizó la variable RRPA la cual no presentó diferencias significativas ($p < 0.10$) ante un aumento en los niveles de fósforo evaluados. En el Cuadro N° 9 se presentan los indicadores más relevantes para esta variable.

Cuadro N° 9: Promedio, desvío estándar ($CME^{1/2}$) y coeficiente de variación (C.V.) de la RRPA para *T. repens*.

	Prom.	$CME^{1/2}$	C.V. (%)
RRPA	0,224	0,086	38,48

4.9. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE *LOTUS GLABER*, *TRIFOLIUM REPENS* Y EN CONJUNTO A LOS 120 DIAS POST-SIEMBRA.

4.9.1. Producción de materia seca de *Lotus glaber*.

A los efectos de determinar la contribución en materia seca del componente *L. glaber* a los 120 dps al mejoramiento, se realizó una estimación del aporte considerando el PSPA de 10 plantas ponderando por el número promedio de plantas por m^2 según el nivel de fertilización fosfatada.

La producción de Materia Seca/ha (kg M.S. /ha) presenta una respuesta lineal significativa frente al aumento en las dosis de fósforo, ajustando el modelo **kg M.S. / ha = 112,203 + 0,9773P** ($p < 0,0002$) con un $R^2 = 0,37$.

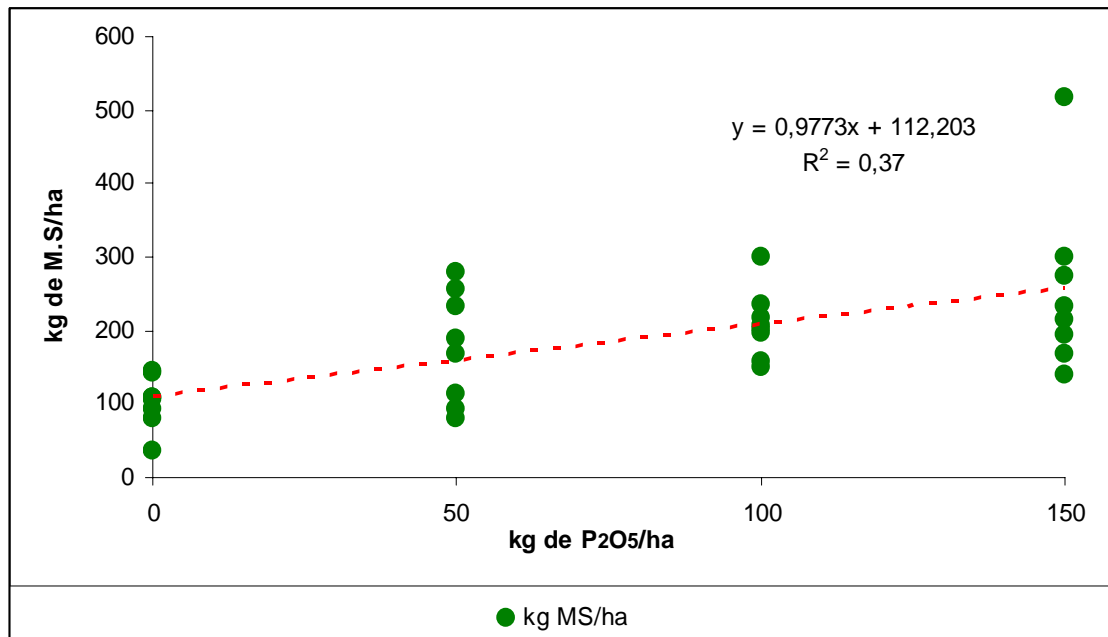


Figura N° 22: Producción de forraje de la fracción *L. glaber* (kg M.S. /ha) a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

La Figura N° 22 ilustra la respuesta en kg de M.S. /ha, la cual fue consecuencia del aumento en las dosis de fósforo agregado a la siembra. Este incremento en la producción de materia seca del *Lotus glaber* genera un mayor volumen de forraje factible de ser cosechado por los animales.

El patrón de respuesta del *L. glaber* al agregado de fósforo combinó una mayor aptitud para producir biomasa en suelos deficientes en fósforo con una reducida eficiencia de utilización de este nutriente con dosis mayores (Ayala Torales et al., 2000). Existen diferencias en la utilización de fósforo entre poblaciones de *L. glaber*, tales diferencias se deben a factores genéticos, lo cual provoca diferencias en el número de tallos por planta que lleva a que existan diferencias en producción de materia seca (Kade et al., 2003).

4.9.2. Producción de materia seca de *T. repens*.

Con el objetivo de determinar la contribución en materia seca del componente *T. repens* a los 120 dps al mejoramiento, se realizó una estimación del aporte considerando el PSPA de 10 plantas ponderando por el número promedio de plantas por m² según el nivel de fertilización fosfatada.

La producción de Materia Seca/ha (kg M.S. /ha) presenta una respuesta lineal significativa frente al aumento en las dosis de fósforo, ajustando el modelo **kg M.S. / ha = -1,803 + 3,407P** (p< 0,0001) con un R²= 0,67. Este coeficiente de determinación obtenido indica un alto poder predictivo del modelo propuesto.

La Figura N° 23 ilustra la respuesta en kg de M.S. /ha la cual fue una consecuencia del aumento en las dosis de fósforo agregado, este incremento en la producción de materia seca de *T. repens* genera un mayor volumen de forraje factible de ser cosechado por los animales a los 120 dps, o lo que es lo mismo un incremento en la oferta de materia seca al primer pastoreo.

Resultados reportados por Gourley et al., (1993) indican la existencia de una respuesta frente al agregado de niveles crecientes de fósforo en producción de M.S. /ha, existiendo diferencias en la magnitud de la respuesta según el cultivar evaluado (Mackay et al., Godwin y Blair, cit. por Gourley et al., 1993). La respuesta en producción de materia seca es el resultado de un incremento en el tamaño de los componentes de las plantas (tamaño de hojas, presencia de más estolones por planta, tamaño de las raíces), sobrevivencia de las plantas y la menor tasa de mortalidad de hojas (Olmos, 2004).

De Battista et al., (2001) reportaron que el agregado de P incremento respecto al testigo sin fertilizar, la producción de biomasa aérea del pastizal a través de un aumento en la productividad de las leguminosas.

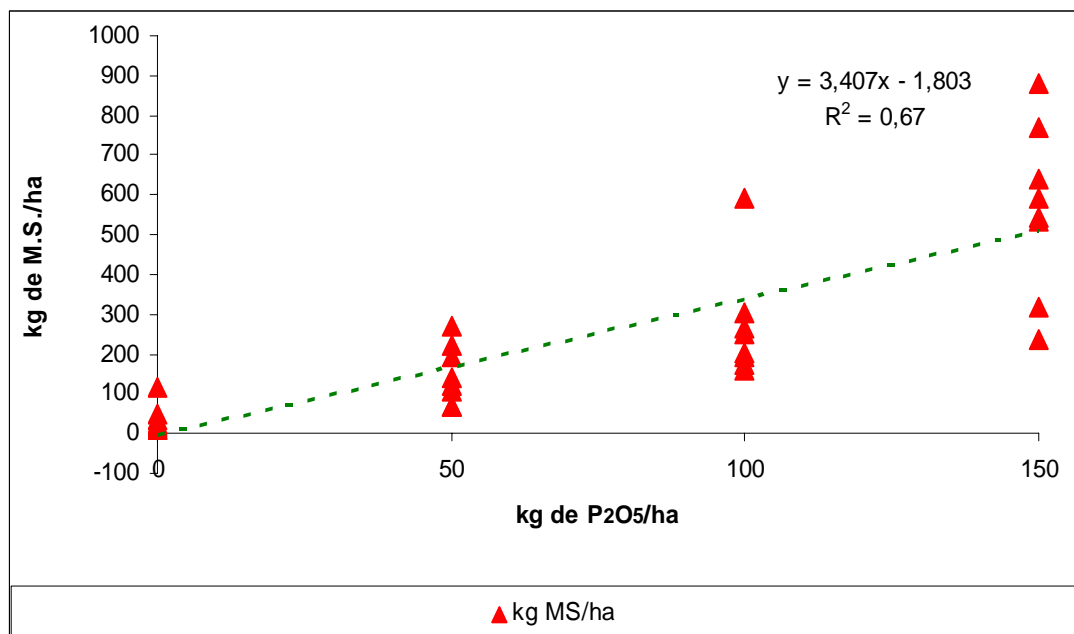


Figura N° 23: Producción de forraje de la fracción *T. repens* (kg M.S. /ha) a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

La biomasa total de las especies sembradas aumentó en respuesta al agregado de fósforo, debido al aumento de la M.S de los tallos y hojas, M.S. de las raíces y el número de estolones por planta (Crush, 1995; Ayala Torales et al., 1998).

De acuerdo con los modelos ajustados para ambas especies *T. repens* presento una mayor respuesta al agregado de fósforo a la siembra que *L. glaber*. Esto lo indica el coeficiente del término lineal de la regresión, por kg P₂O₅ agregado hay un aumento de 3.4 kg de MS/ha para *T. repens*, mientras que para *L. glaber* es 0.9773. Esto está de acuerdo con los requerimientos diferenciales por fósforo entre las dos especies y por la eficiencia de uso del fósforo para producir materia seca que presentan estas especies en estadios tempranos del desarrollo y estación del año.

4.9.3. Producción total de Materia seca aportada por la fracción leguminosa al mejoramiento de campo.

La producción de forraje de un mejoramiento de campo esta determinada por la producción de las especies integrantes del tapiz del campo virgen y las especies de leguminosas introducidas, por lo cual el comportamiento del mismo es la resultante de la respuesta de estas especies frente a los diferentes manejos (niveles de fertilización fosfatada) y su interacción con las condiciones edáficas y climáticas.

En este sentido a los efectos de determinar la contribución en materia seca del componente leguminosa a la oferta de forraje al primer pastoreo (120 dps) se realizó una estimación del aporte considerando el PSPA de 10 plantas por especie ponderado por el número promedio de plantas por m² según el nivel de fertilización fosfatada. La justificación de esta forma de estimar la producción de materia seca se debe a que el número de plantas y su peso son los componentes que determinar el rendimiento de la pastura.

La producción de Materia Seca/ha total de las leguminosas presenta una respuesta lineal significativa, ajustando el modelo **kg M.S./ ha =110,42 + 4,384P** ($p < 0,0001$) con un $R^2 = 0,634$ frente al aumento en las dosis de fósforo.

La Figura N° 24 ilustra la respuesta en kg de M.S. /ha de la fracción leguminosa la cual fue una consecuencia del aumento en las dosis de fósforo agregado a la siembra, este incremento en la producción de materia seca de *L. glaber* y *T. repens* en conjunto genera un mayor volumen de forraje factible de ser cosechado por los animales a los 120 dps, o lo que es lo mismo un incremento en la oferta de materia seca al primer pastoreo.

Resultados disímiles a los obtenidos en este estudio son los reportados por Montes et al., (1986) al primer corte (180 dps). Estos autores no detectaron diferencias en rendimiento ni en magnitud y tipo de respuesta a la fertilización fosfatada en las especies y mezclas evaluadas, lo cual indica que el rendimiento alcanzado por las

leguminosas invernales a los diferentes niveles estudiados fue poco afectado por el fósforo.

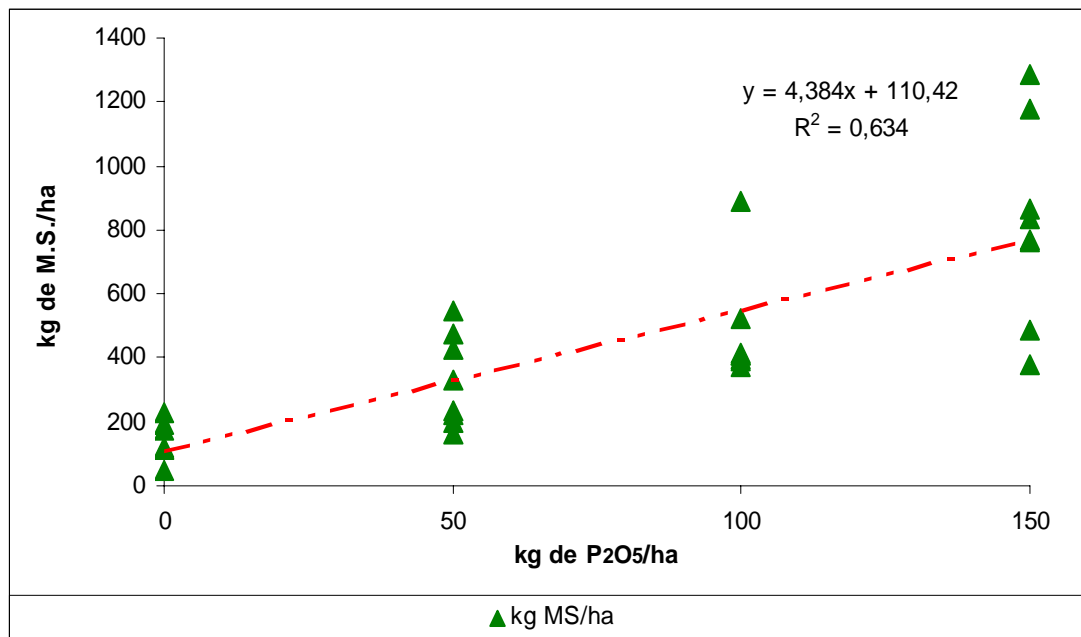


Figura N° 24: Producción total de forraje de la fracción leguminosa (*Lotus glaber* y *T. repens*) (kg M.S. /ha) a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

4.10. EFECTO DEL NIVEL DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA SOBRE EL CONTENIDO DE FÓSFORO Y NITRÓGENO DE PLANTAS DE *LOTUS GLABER* MILL.

4.10.1. Efecto de la fertilización fosfatada en el contenido de Fósforo de la Planta Entera (PPLE), Parte Aérea (PPA) y Raíz (PR) a los 120 dps.

El contenido de PPLE en *L. glaber* medido como porcentaje de la materia seca (% M.S.) presenta una respuesta positiva y significativa frente al aumento en las dosis de fósforo agregado a la siembra, ajustando un modelo lineal **PPLE = 0,198 + 0,00187P** ($p < 0,0001$) con un $R^2 = 0,68$. El aumento del PPLE es resultado del aumento positivo y significativo que registran sus componentes PPA ($p < 0,0001$), el cual ajusta un modelo lineal **PPA = 0,196 + 0,00156P** con un $R^2 = 0,54$ y PR ($p < 0,0001$), que ajusta un

modelo lineal $PR = 0,187 + 0,0036P$ con un $R^2 = 0,69$ frente al aumento en las dosis de fósforo.

La Figura N° 25 ilustra la respuesta en el contenido de fósforo (%) de la parte aérea y radicular frente al aumento en las dosis de fósforo agregado a la siembra, el cual es un valor integrado por todos los factores que han influenciado la absorción y la partición de los nutrientes en las plantas hasta el momento del análisis.

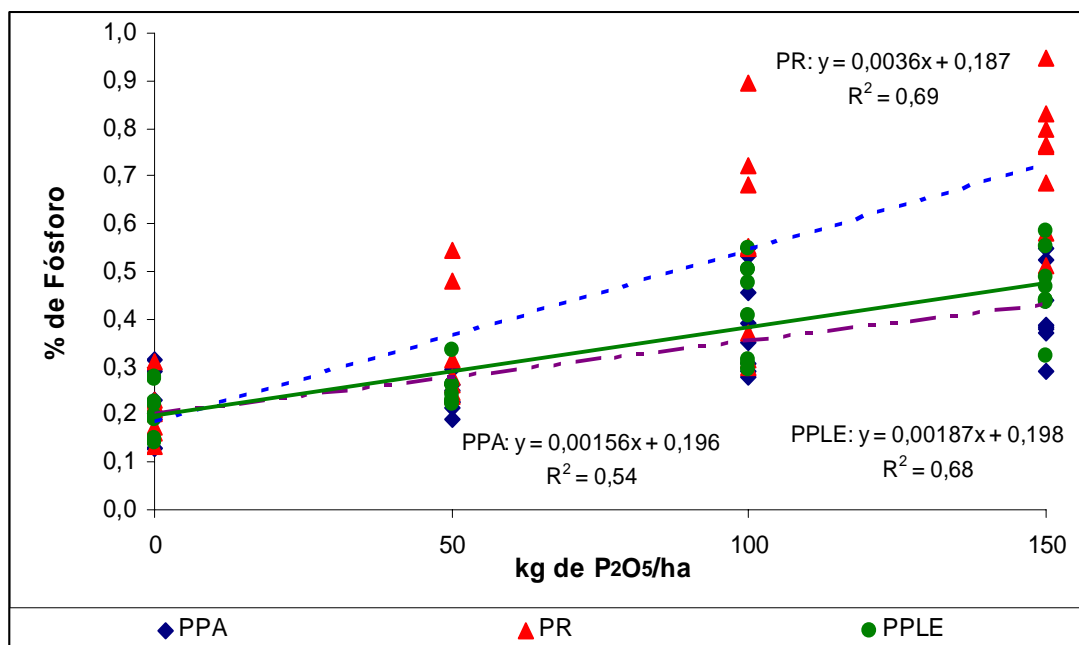


Figura N° 25: Contenido de Fósforo (%) de la Planta Entera (PPLE), parte aérea (PPA) y raíz (PR) de *Lotus glaber* a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

La fertilización fosfatada a la siembra aumenta la concentración de este nutriente en el suelo y la absorción de éste por parte de las plántulas de las leguminosas sembradas (Plucknett, Keya, cit. por Ayala Torales, 1998). Las estimaciones de concentración crítica de fósforo para las especies de *Lotus* spp varían entre 2,3 g P/kg M.S. (Davis, cit. por Frame et al., 1998) a encima de 3,5 g /Kg de M.S. (Russelle et al., cit. por Frame et al., 1998).

El aumento del contenido de fósforo al nivel radicular en las leguminosas es debido a la mayor eficiencia de absorción por unidad de raíz, lo cual compensa el bajo volumen del suelo que explora y al mayor requerimiento que le imponen los nódulos (Caradus, 1980; Puig et al., 1983; Evans, Mays et al., Hart, Fitter, cit. por Ayala Torales et al., 1998).

Los resultados obtenidos por estos autores son coincidentes con los derivados de este estudio, en lo referente a la capacidad del *L. glaber* de aumentar con una mayor tasa (mayor coeficiente angular de la recta de regresión 240% superior *L. glaber* frente a *T. repens*) el contenido de fósforo en el tejido radicular por cada aumento en la disponibilidad de este nutriente en el suelo producido por el incremento en los niveles de fósforo aplicado en comparación con *T. repens*. La mayor capacidad de absorción de fósforo del *Lotus* spp. se debe a una mayor extensión del sistema radicular, células mas grandes en las raíces capaces de albergar a su vez vacuolas mas grandes (sitio de acumulación de fósforo) lo cual puede favorecer un establecimiento temprano de las plántulas, especialmente en suelos con baja disponibilidad de fósforo (Puig et al., 1983; Bermúdez et al, 2000).

4.10.2. Efecto de la fertilización fosfatada en el contenido de Nitrógeno en la Planta Entera (NPLE), la Parte Aérea (NPA) y Raíz (NR) a los 120 dps.

El contenido de NPLE medido como porcentaje de la M.S. no presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) ante un aumento en las dosis de fósforo agregado. Este contenido de NPLE es el resultado de un comportamiento similar observado en el contenido de NPA y NR, los cuales no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) ante un aumento en las dosis de fósforo agregado.

Sin embargo, en valores absolutos la disponibilidad de este nutriente en la materia seca de la parte aérea aumenta por un efecto de aumento del peso de las plantas ante el aumento en las dosis de fósforo agregado a la siembra, redundando en un mayor valor absoluto de nitrógeno en la dieta ofrecida (Silveira et al., 2004b).

En el Cuadro N° 10 se presentan los indicadores más relevantes para estas variables.

Cuadro N° 10: Promedio, desvío estándar ($CME^{1/2}$) y coeficiente de variación (C.V.) de NPLE, NPA y NR para *L. glaber*.

	Prom. (%)	$CME^{1/2}$	C.V. (%)
NPA	3,22	0,39	12,11
NR	4,07	1,37	33,71
NPLE	3,37	0,407	12,06

4.10.3. Efecto de la fertilización fosfatada en la relación Nitrógeno/Fósforo en la Planta Entera (N/PPLE), en la Parte Aérea (N/PPA) y Raíz (N/PR) a los 120 dps.

La relación N/PPLE presenta una respuesta negativa y significativa frente al agregado de fósforo ajustando un modelo lineal $N/PPLE = 16,19 - 0,0621P$ ($p < 0,0001$), con un $R^2 = 0,59$. Este resultado observado en la relación N/PPLE es consecuencia de una similar respuesta mostrada por su componente N/PPA, el cual presenta una respuesta negativa y significativa frente al aumento en las dosis de fósforo agregado, ajustando un modelo lineal $N/PPA = 15,971 - 0,0552P$ ($p < 0,0001$), con un $R^2 = 0,43$ (Figura N° 26) y N/PR el cual presenta una respuesta negativa y significativa frente al aumento en las dosis de fósforo agregado, ajustando un modelo lineal $N/PR = 19,341 - 0,0979P$ ($p < 0,0001$), con un $R^2 = 0,58$.

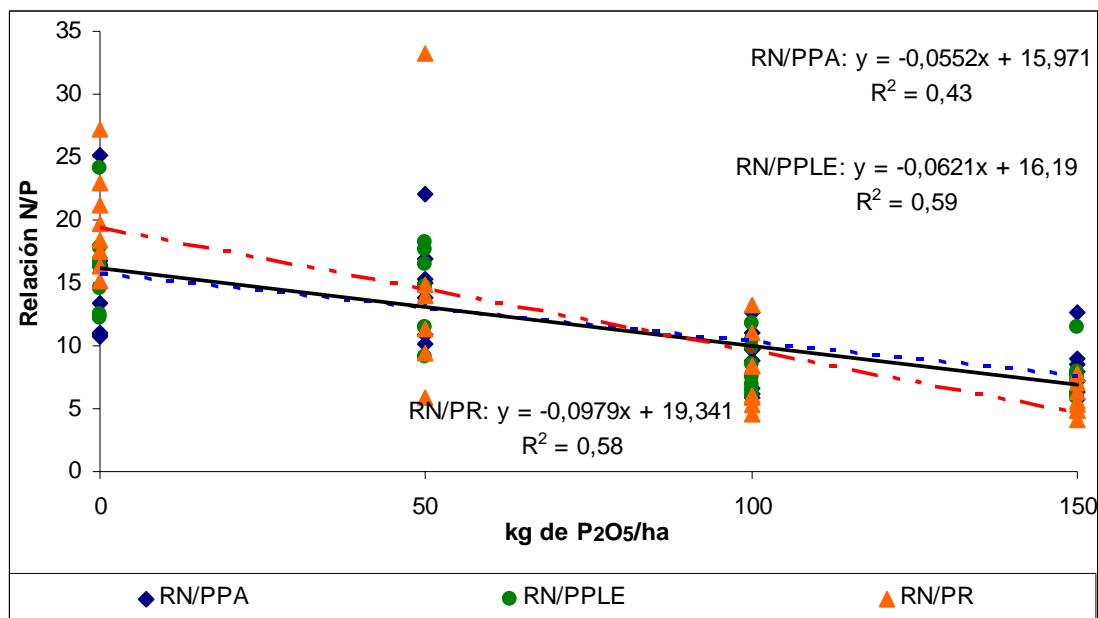


Figura N° 26: Relación N/PPLE, N/PPA y N/PR de *L. glaber*. a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

La Figura N° 26 ilustra la evolución de la relación N/P para las distintas fracciones de las plántulas, la respuesta negativa de esta relación es debida a una acumulación de fósforo a medida que se incrementan los niveles de fósforo agregado, mientras que el contenido de nitrógeno para las distintas fracciones analizadas no presentan diferencias significativas entre los distintos tratamientos. El mayor coeficiente angular de la recta N/PR se debe a una mayor tasa de acumulación de fósforo realizado por las raíces del *L. glaber* las cuales poseen una capacidad de intercambio cationico del entorno de los 20 meq/100g, además poseen células en la raíz de mayor tamaño, vacuolas mas grandes que le permiten acumular mas fósforo (Marchesi et al., 1983; Bermúdez et al., 2000).

4.11. EFECTO DEL NIVEL DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA SOBRE EL CONTENIDO DE FÓSFORO Y NITRÓGENO DE PLANTAS DE *TRIFOLIUM REPENS* L.

4.11.1. Efecto de la fertilización fosfatada en el contenido de Fósforo de la Planta Entera (PPLE), Parte Aérea (PPA) y Raíz (PR) a los 120 dps.

El contenido de PPLE en *T. repens* medido como porcentaje de la materia seca (% M.S.) presenta una respuesta positiva y significativa frente al aumento en las dosis de fósforo agregado a la siembra, ajustando un modelo lineal $\text{PPLE} = 0,183 + 0,0017P$ ($p < 0,0001$) con un $R^2=0,73$. El aumento del PPLE es resultado del aumento positivo y significativo que registra su componente PPA ($p < 0,0001$), el cual ajusta un modelo lineal $\text{PPA} = 0,174 + 0,00175P$ con un $R^2 = 0,71$. PR presenta una respuesta positiva y significativa frente al aumento en las dosis de fósforo ($p < 0,0001$), ajustando un modelo lineal $\text{PR} = 0,22 + 0,0015P$ con un $R^2 = 0,40$ (Figura N° 27).

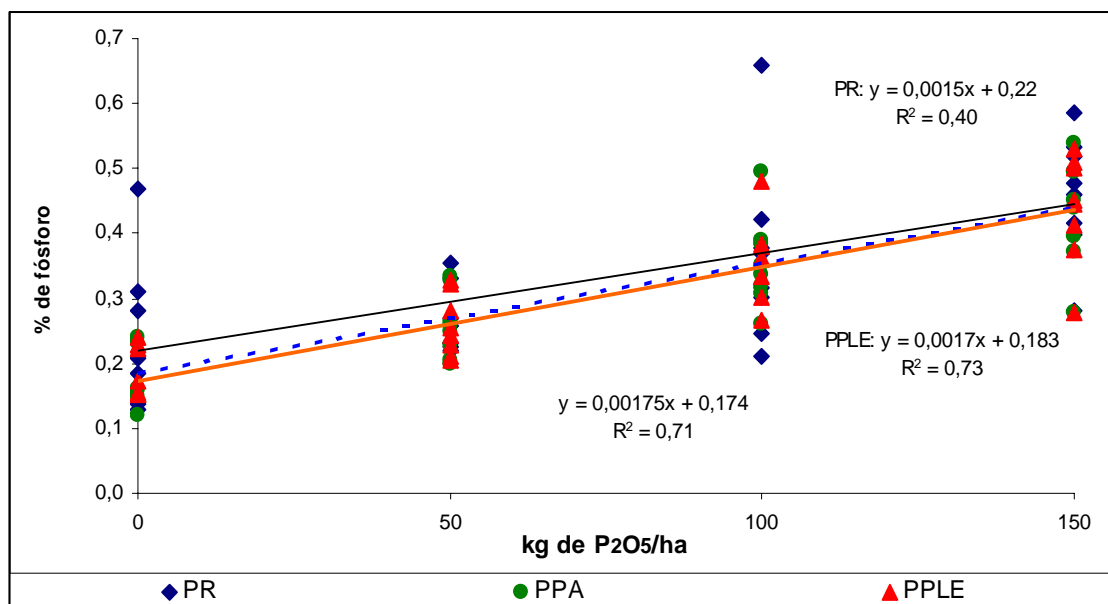


Figura N° 27 Contenido de PPLE, PPA y PR de *T. repens*. a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

Las concentraciones críticas de nutrientes varían notablemente con las especies, la edad de las plantas, el tejido analizado, las condiciones climáticas registradas durante su crecimiento (McNaught, cit. por Morton et al., 2001a), y la etapa de crecimiento de la planta a analizar (Sinclair et al., 1996b). Además existe un factor estacional que incide en las concentraciones de fósforo en planta y el manejo que se realice de la misma (consumo directo o corte) (Morton, 2001b).

Según McNaught et al., (1970), la concentración crítica establecida para *T. repens* es de 0,35 %. Sin embargo, Sinclair et al., (cit. por Sinclair et al., 1996b) determinaron diferentes niveles críticos para *T. repens* en activo crecimiento dependiendo si esta especie se encontraba en tierras bajas (0,43 % P) o en tierras altas y secas (0,22 % P). En el presente trabajo el contenido de fósforo en planta aumentó como respuesta a un mayor nivel de fertilización fosfatada, obteniéndose un valor de 0,46 % para el tratamiento que se aplicó 150 kg de P_2O_5 /ha. El contenido de fósforo de las plántulas encontrados en este estudio en el nivel máximo de fertilización son superiores a los encontrados por Sinclair et al., (cit. por Sinclair et al., 1996b) lo cual se debe a las diferencias en la etapa fenológica en la cual se realizaron los análisis.

Resultados reportados por Crush (1995), sostienen que la concentración de fósforo en los tejidos de estolones, pecíolos y hojas de *T. repens* se incrementaba como consecuencia de incrementos en la aplicación creciente de fertilizantes fosfatados, siendo estos resultados concordantes con los obtenidos por Olmos (2001), y los registrados en este estudio.

El contenido de fósforo radicular (PR) para *T. repens* presento en el modelo propuesto un coeficiente angular muy inferior al encontrado para *L. glaber* lo cual es explicado por el menor desarrollo de la raíz y por no poseer las características morfo-fisiológicas que presenta *L. glaber*, por lo tanto en esta especie se justifica en mayor medida el ajuste de la fertilización a la siembra ya que de lo contrario se estaría afectando en primera instancia el efectivo funcionamiento de la simbiosis rhizobium-

leguminosa, la demanda por fósforo de los meristemas, el crecimiento y rendimiento y por lo tanto la sobrevivencia de las plantas.

Los resultados obtenidos confirman que para las condiciones particulares de este estudio (tipo de suelo, condiciones ambientales) y en este caso para *T. repens* el hecho de que cuando un nutriente esta en niveles por debajo de los requeridos para el máximo rendimiento, un aumento en el suministro de fósforo incrementa el crecimiento y el rendimiento así como la concentración del mismo en la planta.

4.11.2. Efecto de la fertilización fosfatada en el contenido de Nitrógeno de la Planta Entera (NPLE), Parte Aérea (NPA) y Raíz (NR) a los 120 dps.

El contenido de NPLE en *T. repens* medido como porcentaje de la materia seca (% M.S.) presenta una respuesta significativa frente al aumento en las dosis de fósforo agregado a la siembra, ajustando un modelo de polinomios segmentados cuadrático – plateau $\text{NPLE} = 2,683 + 0.0114\text{P} - 0,00006\text{P}^2$ ($p < 0,0039$) si $\text{P} < 88,95$ y $\text{NPLE} = 3,188$ si $\text{P} \geq 88,95$ con un $R^2=0,33$.

La Figura N° 28 se presenta la curva de respuesta del NPLE frente al agregado de dosis crecientes de fósforo, donde existen dos zonas que se diferencian en la respuesta al nivel de fósforo agregado. En la primera zona la función de respuesta muestra una tendencia cuadrática con incrementos decrecientes hasta el valor de 88,95 kg de $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$, punto a partir del cual no se observa respuesta frente a incrementos en las dosis de fósforo, permaneciendo constante el contenido de NPLE de diez de plántulas y con un valor de 3,188 %.

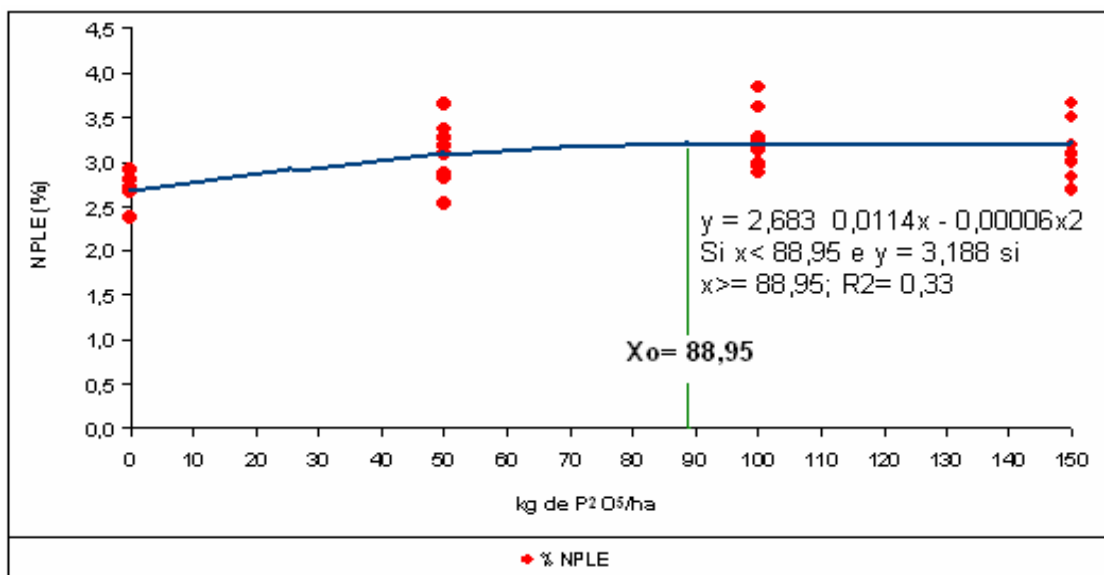


Figura N° 28: Contenido de NPLE de *T. repens* a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

Si bien existe una tendencia a incrementarse el contenido de nitrógeno en planta frente al agregado de niveles crecientes de fósforo lo cual coincide con resultados obtenidos por Sinclair et al., (1996b) y McNaught et al., (1970), los resultados obtenidos en este estudio son inferiores a los niveles críticos (nivel de suficiencia) determinados en Nueva Zelanda para la producción de forraje en *T. repens*, esto se debe a las diferencias en el estado fenológico en la cual se extrajeron las muestras para realizar los análisis (Cornforth, cit. por Morón, 1999). El valor máximo de nitrógeno en la parte aérea obtenido en este estudio se ubicó 1,6 % por debajo del nivel crítico de 4,8 % para hoja más pecíolo en estado de activo crecimiento y altura de pastoreo establecido para Nueva Zelanda.

El contenido de NPLE es el resultado básicamente de un comportamiento similar que presenta uno de sus componentes el NPA, el cual presenta una respuesta significativa frente al aumento en las dosis de fósforo agregado a la siembra, ajustando un modelo de polinomios segmentados cuadrático – plateau $NPA = 2,597 + 0,0142P - 0,00009P^2$ ($p < 0,0020$) si $P < 81,1$ y $NPA = 3,175$ si $P \geq 81,1$ con un $R^2 = 0,36$.

La Figura N° 29 ilustra el comportamiento de esta variable frente al aumento en las dosis de fósforo. Existen dos zonas distintas en la respuesta al nivel de fósforo agregado, en la primera zona la función presenta una tendencia cuadrática con incrementos decrecientes hasta el valor de 81,1 kg de P₂O₅/ha, punto a partir del cual se observa una respuesta constante ante incrementos en las dosis de fósforo, siendo el valor de NPA para diez plántulas de 3,175 %.

Resultados reportados por Morón, (1999) son consistentes, detectando valores inferiores a este nivel crítico. Las deficiencias en el contenido de nitrógeno en planta encuentran una significativa asociación con los niveles de fósforo y azufre en planta (Sinclair et al., 1996a; Morón, 1999).

El contenido de nitrógeno en planta esta estrechamente ligado al rendimiento de la pastura y además se produce un incremento en el contenido de proteína en la misma (Morón, 1999; Olmos, 2001).

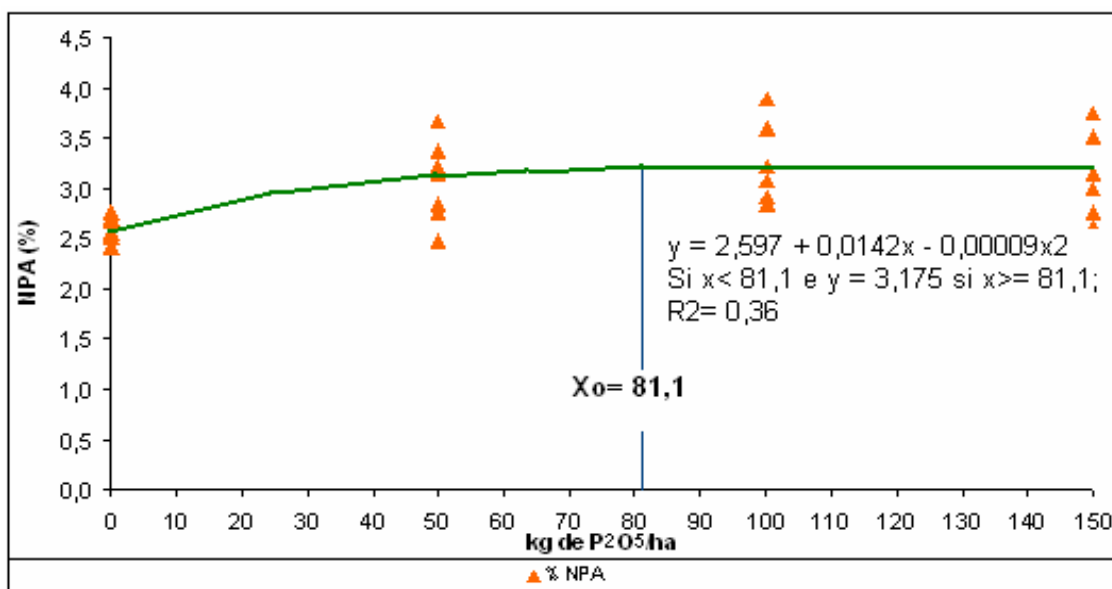


Figura N° 29: Contenido de NPA de *T. repens* a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

Resultados obtenidos por Longhurst et al., (1999) en pasturas mezcla (leguminosas y gramíneas) son coincidentes con los registrados en este estudio, estando las concentraciones de nitrógeno en la pastura por debajo del óptimo (4,5%) para el crecimiento de la plantas (Cornforth et al., cit. por Longhurst et al., 1999). Concluyendo que de acuerdo a los resultados del análisis de planta obtenidos, el nitrógeno y el fósforo eran los nutrientes que más limitaban la producción de forraje. Indicando a su vez que el fósforo es el nutriente que más limita un adecuado establecimiento de la pastura, fundamentalmente en suelos con bajo contenido de este nutriente y/o con elevada capacidad de fijación.

El contenido de NR no presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) y se mantiene incambiado ante un aumento en las dosis de fósforo agregado.

En el Cuadro N° 11 se presentan los indicadores más relevantes para esta variable.

Cuadro N° 11: Promedio, desvío estándar ($CME^{1/2}$) y coeficiente de variación (C.V.) de NR para *T. repens*.

	Prom. (%)	$CME^{1/2}$	C.V. (%)
NR	3,21	0,366	11,425

Similarmente al *L. glaber*, si bien no se detectan aumentos en la concentración de este nutriente en la materia seca, si se observa una elevación de la cantidad de nitrógeno en términos absolutos.

4.11.3. Efecto de la fertilización fosfatada en la relación Nitrógeno/Fósforo en la Planta Entera (N/PPLE), en la Parte Aérea (N/PPA) y Raíz (N/PR) a los 120 dps.

La relación N/PPLE presenta una respuesta negativa y significativa frente al agregado de fósforo ajustando un modelo lineal $N/PPLE = 14,559 - 0,0488P$ ($p < 0,0001$), con un $R^2 = 0,64$. La Figura N° 30 ilustra el comportamiento de esta variable.

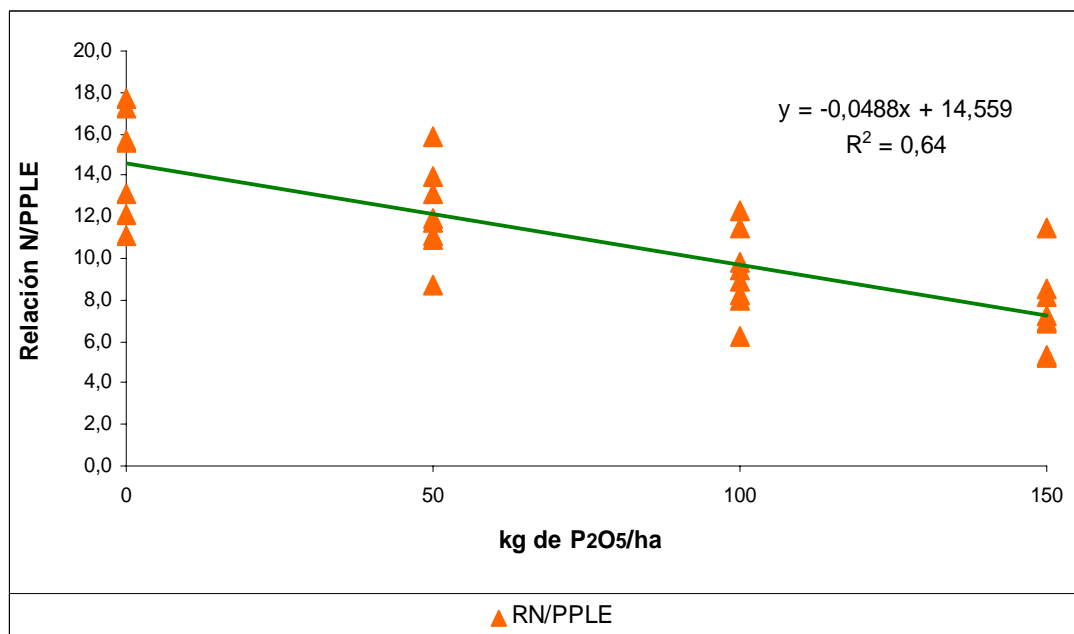


Figura N° 30: Relación N/PPLE de *T. repens* a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

La relación N/PPLE es el resultado básicamente de un comportamiento similar que presenta uno de sus componentes -la relación N/PPA-, la cual presenta una respuesta negativa y significativa frente al agregado de fósforo ajustando un modelo lineal $N/PPA = 15,283 - 0,0542P$ ($p < 0,0001$), con un $R^2 = 0,61$. El comportamiento de esta variable puede observarse en la Figura N° 31.

La relación N/PPA presenta una tendencia a disminuir con el agregado de niveles crecientes de fósforo, presentándose un valor máximo de 15,283. Resultados obtenidos por McNaught et al., (1970) indican una deficiencia en fósforo si dicha relación (N/PPA) es superior a 13 para una pastura en plena producción. Este indicador es una guía ya que no se corresponden los resultados a un mismo estado fonológico de las plantas, si resulta evidente que existe una deficiencia de fósforo en *T. repens* que en este estudio se corresponde con el testigo sin fertilizar. Con una dosis de 50 kg de P₂O₅/ha para las condiciones de este estudio esta relación sería inferior a 13 y por lo tanto se esperaría

que las plantas estuvieran con un balance adecuado para producir el 90% del máximo rendimiento potencial.

La relación N/PPA obtenida con el máximo nivel de fósforo agregado (150 kg de P_2O_5 /ha) fue de 7,55, que es la mitad de la determinada para Nueva Zelanda, donde se obtuvo a los 120 dps la máxima contribución en producción de M.S. de *T. repens*.

La relación N/PR presenta una respuesta negativa y significativa frente al agregado de fósforo ajustando un modelo lineal $N/PR = 14,358 - 0,0444P$ ($p < 0,0002$), con un $R^2 = 0,39$ (Figura N° 31).

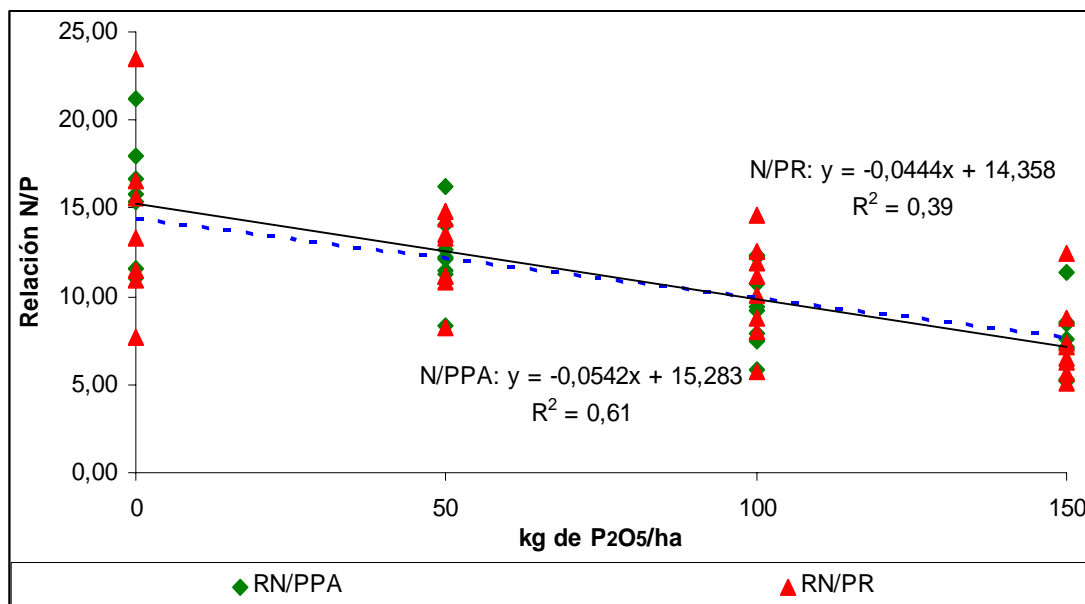


Figura N° 31: Relación N/PPA y N/PR de *T. repens* a los 120 dps según el nivel de fósforo agregado a la siembra.

La relación N/PR máxima determinada en este estudio coincidió al igual que en la relación N/PPA con el testigo sin fertilizar, siendo el valor mínimo coincidente con el máximo nivel de fósforo agregado (150 kg de P_2O_5 /ha) obteniéndose una relación de 7,40.

5. CONSIDERACIONES FINALES.

Los resultados del presente trabajo son preliminares debido a que representan un año, una localidad, y un tipo de suelo. Sumado a estas particularidades se debe considerar que el año de instalación de un mejoramiento de campo está fuertemente condicionado por las características climáticas.

Los niveles de fertilización fosfatada a la siembra no provocaron diferencias en la implantación a los 60 dps en las especies sembradas, este comportamiento sería el resultado de que las plantas no estarían en las condiciones fisiológicas que les permitan capitalizar las mayores disponibilidades de este nutriente en la solución del suelo.

La fertilización fosfatada afectó en forma diferencial a las especies sembradas. La población de plantas de *Lotus glaber* se comportó en forma independiente de la dosis de fósforo, manteniendo prácticamente sin cambios el número de plantas/m² promedio entre 60 y 120 dps, lo cual se pudo deber a un mantenimiento de los mismos individuos, o a un equilibrio entre la muerte y aparición de nuevas plantas. En cambio, para *Trifolium repens* la fertilización fosfatada afectó el número de plantas/m² a través del tiempo. Mientras en el tratamiento sin agregado de fósforo hubo una pérdida importante de plantas, a medida que aumentó la dosis de fósforo esta pérdida fue menor, no observándose diferencias significativas en el número de plantas de las dos fechas para la dosis más alta de fósforo. Esto se debió al efecto de este nutriente en la acumulación de materia seca y la mayor probabilidad de afrontar la competencia con las especies presentes en el tapiz.

Incrementos en los niveles agregados de fertilizantes fosfatados a la siembra producen incrementos positivos y lineales hasta el máximo nivel evaluado en el peso de las plantas de *Lotus glaber* y *Trifolium repens*, por lo cual existe la necesidad de fertilizar con fósforo con una dosis que permita un óptimo crecimiento y producción de materia seca al primer pastoreo y que garantice la persistencia productiva del mejoramiento de campo.

La producción de materia seca de las leguminosas sembradas al primer pastoreo (120dps) presenta una respuesta lineal hasta la máxima dosis de fósforo agregado a la siembra. En términos generales por cada incremento en una unidad de fósforo agregado a la siembra se produce una respuesta en producción de 4,4 kg materia seca/ha al primer pastoreo (120 dps). Esto indica que pasar de el nivel 0 kg de P_2O_5 /ha a una dosis de 50 kg de P_2O_5 /ha se produce un incremento del 298 % en producción de materia seca.

Existe una partición diferencial de los carbohidratos producidos hacia las raíces en *Lotus glaber* en el testigo sin fertilizar en relación a los restantes niveles de fósforo evaluados en este estudio. El aumento en la relación raíz/parte aérea en el testigo sin fertilizar se debe a la priorización en la formación y extensión radicular con el fin de explorar el suelo en busca de nutrientes o a una menor restricción en el crecimiento radicular producido por deficiencias de fósforo en la solución del suelo.

La fertilización fosfatada a la siembra aumenta la concentración de este nutriente en la solución del suelo y la absorción de este por las leguminosas sembradas. El contenido de fósforo en las plantas de *L. glaber* y *T. repens* se incrementan como resultado de niveles crecientes de fertilización fosfatada. Para ambas especies el tipo de respuesta es lineal en el incremento de la concentración de este nutriente a nivel tisular frente a aumentos en el agregado de fertilizante fosfatado a la siembra.

Las especies evaluadas poseen una capacidad diferencial de absorber y utilizar el fósforo del suelo, que se refleja en la concentración en sus tejidos y en las relaciones de estos.

La fertilización fosfatada no provoco un cambio en el contenido de nitrógeno a nivel tisular en *L. glaber*, en tanto en *T. repens* presento una respuesta de tipo cuadrática-plateau pero que presenta un escaso poder predictivo debido a un bajo coeficiente de determinación.

La relación N/P en las plantas de *L. glaber* y *T. repens* ajustan un modelo de respuesta lineal con un coeficiente angular negativo frente a aumentos en el nivel de

fertilización fosfatada a la siembra, lo que significa que ante aumentos en los niveles de fósforo agregado se produce una disminución de dicha relación la cual es explicada por una mayor concentración de fósforo en la materia seca producida.

6. CONCLUSIONES.

- En la etapa del establecimiento de *Lotus glaber* el nivel de fertilización fosfatada a la siembra, afectó más al peso de las plantas que a la población.
- Los niveles crecientes de fertilización fosfatada a la siembra incrementaron el peso de las plantas de *Trifolium repens*, determinando mayor sobrevivencia de las plantas y por lo tanto incrementando la productividad del mejoramiento en el primer año.
- La producción de materia seca de las leguminosas al primer pastoreo (120dps) presentó una respuesta lineal hasta la máxima dosis de fósforo agregado a la siembra. En términos generales por cada incremento en una unidad de fósforo agregado a la siembra se produjo una respuesta en producción de 4,4 kg materia seca/ha al primer pastoreo (120 dps).
- Niveles crecientes de fertilización fosfatada incrementaron proporcionalmente los niveles de este nutriente en las plantas, siendo este efecto de mayor importancia en la raíz de las plantas forrajeras.
- Niveles crecientes de fertilización fosfatada a la siembra no produjeron un cambio en el contenido de nitrógeno en planta. Sin embargo, hubo en cambio un aumento del nitrógeno en términos absolutos, producto de un incremento en la producción de materia seca de las especies sembradas en el año de instalación.
- Los resultados del presente trabajo son preliminares, ya que representan un año, una localidad, y un tipo de suelo. Es necesario, en futuros estudios, caracterizar la incidencia de otras variables que pueden afectar la respuesta al agregado de fósforo, tales como disponibilidad de fósforo del suelo y condiciones climáticas para la instalación.

7. RESUMEN.

Una de las maneras de aumentar el volumen y calidad de forraje de las pasturas nativas es a través de la inclusión de leguminosas en el tapiz. Para una adecuada implantación de las mismas es necesario contar con una disponibilidad adecuada de fósforo en el suelo. Dados los niveles deficientes de este nutriente en nuestros suelos, es necesario su aporte a través de la fertilización. El objetivo del presente estudio fue el de investigar el efecto de la dosis de fósforo a la siembra sobre la implantación, tamaño de las plantas y contenido de fósforo y nitrógeno de *Lotus glaber* Mill. cv Larrañaga y *Trifolium repens* L. cv Zapicán, en un Gleysol de la Unidad de Suelos Río Tacuarembó (Est. Exp. de Bañado de Medina (Dpto. de Cerro Largo). Los tratamientos fueron cuatro niveles de fósforo (0, 50, 100 y 150 kg de P₂O₅/ha) aplicados al voleo en la siembra como superfosfato triple (0-46-46-0). El diseño experimental fue de bloques al azar, con ocho repeticiones. Se realizaron dos conteos de plántulas: a los 60 y 120 días post-siembra. A los 120 días post-siembra se recolectaron 10 plantas/parcela/especie, a los efectos de hacer las determinaciones de peso seco de la parte aérea, raíz y determinar el contenido de fósforo y nitrógeno en las mismas. Los niveles de fertilización fosfatada a la siembra no determinaron diferencias significativas en la población de plantas a los 60 dps de ambas especies. A los 120 dps sólo para *T. repens* se observó un incremento en implantación en función de la dosis de fósforo. En esta fecha se observó un efecto significativo del nivel de fósforo aplicado sobre el peso de plantas de *L. glaber* y *T. repens*. El contenido de fósforo en la materia seca aumentó con la dosis de fósforo para ambas especies, en tanto que respecto al contenido de nitrógeno en planta sólo se observaron diferencias para *T. repens*.

8. SUMMARY.

One way of increasing the volume and quality of forage of the natural pastures is through the inclusion of legumes in the cover. For a correct establishment it is necessary to have an adequate availability of phosphorus in the soil. So long as the levels of this nutrient in our soils are deficient, it is necessary to make a contribution through the fertilization. The objective of the present study was to investigate the effect of the level of phosphorous at seeding on the establishment, plant size and phosphorus and nitrogen contents of *Lotus glaber* Mill. cv Larrañaga and *Trifolium repens* L. cv Zapicán, in a Gleysol of the Unidad de Suelos Río Tacuarembó (Experimental Station. Bañado de Medina, Cerro Largo). The treatments were four phosphorus levels (0, 50, 100 and 150 kg de P₂O₅/ha) applied broadcast at seeding as triple superphosphate (0-46-46-0). The experimental design was randomized blocks, whit eight repetitions. Two counts of seedling at 60 and 120 days post seeding were done. At 120 days post seeding 10plants/plot/specie were collected for aerial part and root dry weight and phosphorus and nitrogen contents. Phosphorus fertilization levels at seeding had no significant effect in the plant population at 60 days post seeding of both species At 120 days post seeding only for *T. repens* an increment in establishment whit phosphorus level was observed. At this date a significant effect of the phosphorus level on plant weight of *L. glaber* y *T. repens* was observed. Phosphorus content in dry matter increased with phosphorus levels for both species, while nitrogen content in plant only showed significant differences in *T. repens*.

9. BIBLIOGRAFIA.

1. ALVEZ, P.; TREGLIA, M. V. 1997. Implantación de leguminosas en cobertura bajo diferentes frecuencias de pastoreo en basalto. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. 68p.
2. ANDERSEN, A. 1999. Cross-cultural conflicts in fire management in northern Australia: not so black and white. *Conservation Ecology* 3(1): 6. <http://www.consecol.org/vol3/iss1/art6>.
3. ARIAS, N. M. 1998. Evaluación de la capacidad reguladora de fósforo en diferentes suelos. In Evaluación de pasturas en vertisoles. Información Técnica N° 4. I.N.T.A. pp.88-90.
4. ARIAS, R.; PAPERAN, J. 2001. Evolución de la implantación en siembras en cobertura de cultivares de Trébol Blanco y Lotus Spp. En un suelo profundo de basalto bajo pastoreo controlado. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. 70p.
5. ARGELAGUET, R.; IRAZOQUI, A. 1985. Fertilización fosfatada en la implantación y producción de leguminosas en pasturas naturales. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 149p.
6. AUSTRALIAN GOVERNMENT. DEPARTMENT OF HEALTH AND AGEING. OFFICE OF THE GENE TECHNOLOGY REGULATOR.2004. The Biology and Ecology of White Clover (*Trifolium repens* L.) in Australia. pp.1 - 23.
7. AYALA, W.; CARÁMULA, M. 1996. Mejoramientos extensivos en la región Este: manejo y utilización. I.N.I.A. Serie Técnica N° 80. pp. 177 - 182.

8. AYALA TORALES, A. T.; DEREGIBUS, V. A.; MOAURO, P. R. 2000. Differential response of forage legumes to phosphorus application. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Vol. 43: pp.473 – 480.
9. AYALA TORALES, A. T.; DEREGIBUS, V.A.; MOAURO, P. R. 1998. Phosphorus absorption capacity of *Lotus corniculatus* and *Festuca arundinacea* during sward establishment. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Vol. 41: pp.307 – 312.
10. BARRETO, E. 2001. Efectos de la densidad de siembra y la fertilización fosfatada inicial en la implantación y crecimiento inicial de *Lotus pedunculatus* LE 627 introducido en cobertura sobre campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 75p.
11. BAUSELINCK, P. R. & MCGRAW. 1983. Seedling vigor of three *Lotus* species. *Crop Science* 23: pp. 390 – 391.
12. BEMHAJA, M.; BERRETTA, E. 1997. Respuesta a la siembra de leguminosas en basalto profundo. In Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. INIA. Serie Técnica N° 13. pp. 103 – 114.
13. _____.1998a. Mejoramiento de campo: manejo de leguminosas. In. Seminario de actualización en tecnologías para Basalto (Berretta, E., ed.) I.N.I.A. Serie Técnica N° 102. pp. 53 - 61.
14. _____.1998b. Mejoramiento de campo: fertilización fosfatada. In. Seminario de actualización en tecnologías para Basalto (Berretta, E., ed.) I.N.I.A. Serie Técnica N° 102. pp. 75 - 90.

15. BERMÚDEZ, R.; CARÁMBULA, M.; AYALA, W. 2000. Estudio comparativo de diferentes fuentes y dosis de fósforo sobre el comportamiento productivo de un mejoramiento extensivo con trébol blanco y lotus. INIA. Actividades de Difusión N° 225. pp. 17 – 24.
16. BERRETTA, E. 1983. Itinerarios técnicos en Siembras Directas. Facultad de Agronomía. Repartido 579, Est. Exp. Mario A. Cassinoni. Paysandú, Uruguay. pp. 1 – 30.
17. _____ Y LEVRATTO, J. 1990. Estudio de la dinámica de una vegetación mejorada con fertilización e introducción de leguminosas. In 2° Seminario Nacional de Campo Natural. Tacuarembó. INIA, SURN, Facultad de Agronomía, CHPA. Montevideo, Hemisferio Sur. pp.197 - 204.
18. _____. 1998. Impacto del pastoreo en el ecosistema de la pradera natural. In. Recuperación y manejo de ecosistemas degradados. Montevideo: IICA. pp. 55 - 62.
19. _____; RISSO, D; BEMHAJA, M., 2001. Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en suelos de basalto. In Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos de Uruguay. INIA. Boletín de Divulgación N° 76. pp. 1 - 37.
20. BLASER, R.; TAYLOR, T.; GRIFFETH, W.; SKRDLA, W. 1956. Seedling competition in establishing forage plants. *Agronomy Journal* 48(1):pp. 1 – 6.
21. BRAY, R. H.; KURT, L. 1975. Determination of total organic and available from of phosphate in soils. *Soil of Science*. 59: pp. 39 – 45.
22. BRINK, G. E. AND PEDERSON, G. A. 1993. White clover response to grazing method. *Agronomy Journal* 85: pp. 791 – 794.

23. BYERS, R. AND TEMPLETON, W. 1988. Effect of sowing dates, placement of seed, vegetation suppression, slugs, and insects upon establishment of now till alfalfa in orchardgrass sod. *Grass and Forage Science* 43: pp. 279-289.
24. CALIFRA, A; MOLFINO, J. H. 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay. 2ª Aproximación. D. S. A. – D. G. R. N. R., M. G. A. P. www.mgap.gub.uy/Renare/SuelosyAguas/EstudiosBasicosdeSuelos/Drenaje%20natural%20julio%202004.pdf
25. CAMPBELL, M. H.; SWAIN, F. G. 1973. Factors causing losses during the establishment of surface – sown pastures. *Journal of Range Management* 25 (5) pp. 355 – 359.
26. CARADUS, J. 1980. Distinguishing between grass and legume species for efficiency of phosphorus use. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Vol. 23: pp. 75 – 81.
27. CARÁMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo. Hemisferio Sur: 464 p.
28. _____; AYALA, W.; CARRIQUIRY, E.; BERMUDEZ, R. 1994. Siembra de mejoramientos en cobertura. INIA. Boletín de Divulgación N° 46. 20p.
29. _____. 1996. Pasturas Naturales Mejoradas. 1ª Ed. Montevideo. Editorial Hemisferio Sur. 524p.
30. _____. 2002. Pasturas y forrajes: Insumos, implantación y manejo de pasturas. Tomo II. Montevideo. Editorial Hemisferio Sur. 371p.

31. CARAM, R.; IRAOLA, M., SOUVIE, J. 1996. Factores restrictivos que afectan la implantación de leguminosas en pasturas naturales. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 31p.
32. CASTRILLON, A.; PIREZ, C. 1987. Evaluación de la capacidad de instalarse de especies forrajeras en el campo natural con diferentes tratamientos de laboreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 264p.
33. CHILIBROSTE, J. I; MALLARINO, J. L.; PISÓN, P. 1982. Evaluación de los requerimientos de fósforo en la instalación de leguminosas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 83p.
34. C.I.A.A.B.- M.G.A.P. 1974. Boletín de divulgación N° 27. Mejoramiento de pasturas naturales. 21p.
35. CIANCIARULLO, A.; ECHEVERRIA, J.; ECHEVERRIA, N. 2000. Mejoramiento extensivo con *Lotus corniculatus* en cobertura o siembra directa con diferentes controles de la vegetación y densidades. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 89p.
36. CLEMENTE, R.; GUTIERREZ, J. P. 2000. Dinámica poblacional y persistencia de leguminosas sembradas en cobertura sobre suelos de basalto profundo. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 72p.
37. COLABELLI, M. R.; MIÑON, D. P. 1993. Métodos de intersembrado de *Lotus tenuis* y *Trifolium repens* en pastizales de la Pampa Deprimida Bonaerense. Revista Argentina de Producción Animal 13 (3/4). pp.225-233

38. CRUSH, J. R. (1987). Nitrogen fixation. In "White Clover", MJ Baker, WM Williams, eds. CAB International, Wallingford. pp 185-201.
39. CRUSH, J. R. 1995. Phosphorus response of white clover (*Trifolium repens* L.) genotypes selected for tolerance of aluminium toxicity. New Zealand Journal of Agricultural Research, Vol. 38: pp. 451 – 456.
40. CURLL, M. and GLEESON, A. 1987. The introduction of red clover or white clover into a perennial grass sward. Grass and Forage Science 42: pp. 397-403.
41. CURSO PRÁCTICO DE AGROMETEOROLOGÍA. 1996. Cátedra de Agrometeorología. Montevideo, Facultad de Agronomía. 112p.
42. DE BATTISTA, J.; BRASSEUR, V.; MARNETTO, M. ; ARIAS, N.; MISTRORIGO, D.; COSTA, M.; PAOLAZZI, M.2001. Efecto de dosis y fuentes de fósforo en siembras en cobertura en leguminosas sobre la producción y calidad de pastizales naturales en Entre Ríos. Revista Argentina de Producción Animal. 21: 1. pp. 98-99.
43. DEBELLIS, R.; GOÑI, C.; MELLO, J. L.; SANTANA, P. 1995. Respuesta a mejoramientos en cobertura sobre campos regenerados, bajo 5 frecuencias de pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 200p.
44. DEL PINO, A. 1998. Dinámica de nutrientes en campo natural y pasturas con leguminosas. In Manejo de la fertilidad de suelos en sistemas extensivos. Est. Exp. de Bañado de Medina. Cerro Largo. Uruguay. Facultad de Agronomía pp.35 - 40.

45. D.I.E.A./M.G.A.P.2000. Censo General Agropecuario 2000. www.mgap.gub.uy/Diea/Censo2000.
46. DONALD, C. M. 1964. Competencia entre las plantas de los cultivos y de las pasturas. Waite Agricultural Research Institute, University of Adelaide, Adelaide, Australia. Facultad de Agronomía. Repartido s/nº, Est. Exp. Mario A. Cassinoni. Paysandú, Uruguay. pp. 1 – 81.
47. DOWLING, P. M.; CLEMENTS, R. J.; McWILLIAM, J. R. 1971. Establishment and survival of pasture species from seed sown on the soil surface. Australian Journal of Agricultural Research 22: pp. 61-74.
48. DUTTO, P. 2002. Inoculación de leguminosas. Revista del Plan Agropecuario. Nº 102. pp.54 - 57.
49. ESTOL, J.; LOPEZ, A. F.; PARADEDA, I. 2001. Estudio sobre el comportamiento de diferentes procedencias de *Lotus pedunculatus* y *Lotus tenuis* en el año de implantación. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía.94p.
50. FELIX, D.; ROGGERO, C.; THEVENET, B. 1998. Efecto de diferentes grados de remoción del tapiz en la productividad de una siembra en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 66p.
51. FERENCZI, M. E.; JAURENA, M. A.; LABANDERA, C. M. 1997. Establecimiento y producción inicial de mejoramientos de campo realizados en cobertura y siembra directa con diferentes tipos y dosis de herbicidas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 70p.

52. FERNÁNDEZ, C. J. 1979. Estimaciones de densidad aparente, retención de agua disponible en el suelo a partir de la composición granulométrica, porcentaje de M.O. In 2ª Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía, Montevideo.
53. FERNANDEZ, P.; GARCIA, J.; GARESSE, J. J.; RAPPA, M. 1994. Estudios sobre la implantación de mejoramientos en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 121p.
54. FERRANDO, M.; MERCADO, G. 1997. Efectos de períodos alternados de exceso de agua y secado de los suelos en la disponibilidad de fósforo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 83p.
55. FERRES, S.; QUEHEILLE, P. M.; RIET, I. 2003. Fertilización fosfatada en mejoramientos de campo en la región este. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 151p.
56. FONSECA, M. L.; MCGRAW, R. L.; BAUSELINCK, P. R. 1990. Cotyledon cell number and size in birdfoot trefoil. *Crop Science* 30: pp. 266 – 270.
57. FRAME, J. (2003). *Trifolium repens* L. FAO, <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/data/pf000350.htm>
58. FRAME, J.; CHARLTON, J. F. L.; LAIDLAW, A. S. 1998. Temperate Forage Legumes. CAB International, Wallingford. UK. pp. 245 – 271.
59. GARCÍA, J. 1977. Biología de las plantas forrajeras. Facultad de Agronomía. Repartido 427, Est. Exp. Mario A. Cassinoni. Paysandú, Uruguay. pp. 1 – 22.
60. _____. 1996. Variedades de Trébol blanco. I.N.I.A. Serie Técnica N° 70. 14p.

61. GÓNZALEZ, J.; PIPPOLO, D. 1999. Implantación de gramíneas y leguminosas sobre una ladera de Basalto profundo. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 123p.
62. GÓNZALEZ, R.; JAURECHE, G.; SIAZARO, C. 1997. Evaluación de recursos genéticos forrajeros para siembras en cobertura en suelos de cretácico. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 93p.
63. GOURLEY, C.; ALLAN, D.; RUSSELLE, M. 1993. Differences in response to available phosphorus among White Clover cultivars. *Agronomy Journal* 85: pp. 296-301.
64. HART, A. L. 1989. Nodule phosphorus and nodule activity in white clover. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Vol. 32: pp. 145 – 149.
65. HERNANDEZ, J.; OTEGUI, O.; ZAMALVIDE, J. P. 1995. Formas y contenidos de fósforo en algunos suelos del Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía. Boletín de Investigaciones N° 43. 32p.
66. _____. 1999. Fósforo. Montevideo. Facultad de Agronomía. 89p.
67. HUTCHINSON, K. J., KING, K. L., WILKINSON, D. R. (1995). Effects of rainfall, moisture stress, and stocking rate on the persistence of white clover over 30 years. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 35: pp. 1039-1047.
68. IZAGUIRRE, P. 1995. Especies indígenas y subespontaneas del género *Trifolium* L. (Leguminosae) en el Uruguay. I.N.I.A. Serie Técnica N° 58. 22p.

69. JANSON, C. G.; WHITE, J. G. H. 1971. Lucerne establishment studies on uncultivated country. I) Germination and seedling establishment. New Zealand Journal of Agricultural Research, 14: pp.572 – 586.
70. JASO, D.; OLAONDO, M. 1986. Implantación convencional y en cobertura de *Lotus* en pasturas naturales bajo fertilización fosfatada. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía.. 95p.
71. KADE, M.; PAGANI, E. A.; MENDOZA, R. E. 2003. Phosphorus utilization efficiency in populations of Narrow-Leaf Birdsfoot Trefoil. Communications in soil science and plant analysis. Vol. 34, N^{os} 1 y 2, pp. 271 – 284.
72. KILMER, V. J.; BENNETT, O. L.; STAHLY, V. F.; TIMMONS, D. R. 1960. Yield and mineral composition of eight forage species grown at four levels of soil moisture. Agronomy Journal. 52: pp. 282 – 285.
73. LA PAZ, A.; PÉREZ, M.; ROBATTO, R. 1994. Implantación de especies sembradas en cobertura sobre basalto. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 148p.
74. LANE, L. A., AYRES, J. F., LOVETT, J. V. (1997). A review of the introduction and use of white clover (*Trifolium repens* L.) in Australia - significance for breeding objectives. Australian Journal of Experimental Agriculture 37: pp. 831-839.
75. LANGER, R. H. M. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Ed. Hemisferio Sur. 518 p.
76. LINSKOTT, D. L.; VAUGHAN, R. H. 1982. Influence of herbicides on direct – seeding establishment of birdfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) into grass sods. Weed Science. Vol. 30: pp. 567 – 571.

77. LONGHURST, R. D.; O'CONNOR, M. B.; TOXOPEUS, M. R. J. 1999. Pasture establishment and fertilizer requirements on rehabilitated land after opencast coal mining in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 42: pp.27 - 36
78. LORENTZ, R.; ROGLER, G. 1973. El apacentamiento y la fertilización afectan el desarrollo radical de los pastos. In Rendimiento del pastizal. Comp. por González y Campbell. Editorial Pax, México. pp. 198 - 203.
79. MARCHESI, C. E.; ELHORDOY, J. A. 1993. Limitantes nutricionales para la producción de pasturas mejoradas, efecto de la dosis, fuente de fósforo y encalado en suelos de las Unidades Arroyo Blanco y Zapallar. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 260p.
80. MARKUS, D. K.; BATTLE, W. R. 1965. Soil and plant responses to long-term fertilization of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agronomy Journal*. 57: pp. 613 – 616.
81. MARSCHNER, H. 1995. Function of mineral nutrients: macronutrients. In *Mineral nutrition of higher plants*. 2ª ed. pp. 229 – 312.
82. MARTINO, D. 1994. Agricultura sustentable y siembra directa. I.N.I.A. Serie Técnica N° 50. 29p.
83. MAZZITELLI, F. 1986. Mejoramientos de bajos. *Revista Plan Agropecuario* 39: pp. 46 – 48.
84. McNAUGHT, K. J.; DURING, C. 1970. Relation between nutrient concentration in plant tissues and responses of white clover to fertilizers on a gley podzol near Westport. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Vol. 13: pp.567 – 590.

85. McWILLIAM, J. R.; CLEMENTS, R. J.; DOWLING, P. M. 1970. Some factors influencing the germination and early seedling development of pastures plants. *Australian Journal of Agricultural Research* 21: pp. 19-32.
86. MILLOT, J. C., METHOL, R., RISSO, D. 1987. Relevamiento de Pasturas Naturales y Mejoramientos Extensivos en el Áreas Ganaderas del Uruguay. FUCREA, CHPA Montevideo. 199p.
87. MONTES, L.; CAHUEPE, M. 1985. Evaluación de *Lotus tenuis* mediante dos métodos de siembra. *Rev. Arg. de Prod. Animal* (5): pp. 313 – 321.
88. MONTES, L. 1988. *Lotus tenuis*. *Rev. Arg. de Prod. Animal* (8): pp. 367 – 376.
89. MONTES, M.; OCHOA, A. 1986. Fertilización fosfatada en la implantación y producción de leguminosas en pasturas naturales. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 118p.
90. MORALES, A. A. 1998. Morfogênese e repartição do carbono em *Lotus corniculatus* cv São Gabriel sob o efeito de restrições hídricas e luminosas. Tesis de Grau de Mestre en Zootecnia. Porto Alegre (R.S). Brasil. 74p.
91. MORÓN, A. 1983. Introducción a la fertilización de pasturas en Uruguay. Facultad de Agronomía. Repartido 570, Est. Exp. Mario A. Cassinoni. Paysandú, Uruguay. pp. 1 – 14
92. _____; RISSO, D.; GONZÁLEZ, F.; AMORIN, J. 1985. Fertilización fosfatada de pasturas naturales y mejoradas en suelos sobre cristalino. In 1^{er} Seminario nacional sobre campo natural. Resúmenes. E.E.B.M – Facultad de Agronomía, U de la R.

93. _____. 1994. Fósforo: Disponibilidad y dinámica en el suelo. I.N.I.A. Serie Técnica N° 42. pp. 27 – 31.
94. _____. 1996. El fósforo en los sistemas productivos: dinámica y disponibilidad en el suelo. I.N.I.A. Serie Técnica N° 80. pp. 33 – 40.
95. _____. 1999. Relevamiento del estado nutricional y la fertilidad del suelo en cultivos de trébol blanco. I.N.I.A. Actividades de Difusión N° 200. pp. 1-14.
96. MORTON, J. D.; SMITH, L. C.; DODDS, K. G. 2001a. Balanced and adequate potassium and phosphorus nutrition of pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Vol. 44: pp.269 - 277.
97. MORTON, J. D.; ROBERTS, A. H. C. 2001b. Pasture response to soil phosphorus levels measured under mowing and dairy grazing. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Vol. 44: pp.259 - 268.
98. MUELLER, J. P. AND CHAMBLEE, D. S. 1984. Sod-Seeding of Ladino Clover and alfalfa as influenced by seed placement, seeding date and grass suppression. *Agronomy Journal* 76: pp. 284 - 288.
99. MUJICA, M. M.; RUMI, C. P. 1998. El crecimiento inicial de *Lotus glaber* afectado por la remoción y el sombreado de los cotiledones. In Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 103 (2). pp. 127 – 133.
100. OLMOS, F. 1994. Mejoramientos de Pasturas Naturales. Región Noreste. I.N.I.A. Serie Técnica N° 13. pp. 91-102.
101. _____. 1997. Efectos climáticos sobre la productividad de las pasturas en la región noreste. I.N.I.A. Boletín de divulgación N° 64. 22p.

102. _____. 2001a. Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en Brunosoles del Noreste. In Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay. INIA. Boletín de Divulgación N° 76. pp. 123 – 148.
103. _____. 2001b. Mejoramientos de pasturas con Lotus en la región noreste. INIA. Serie Técnica N° 124. 48p.
104. _____. 2004. Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con trébol blanco (*Trifolium repens* L.). INIA. Serie Técnica N° 145. 248p-
105. PLAN AGROPECUARIO. 1987. Inoculación de leguminosas forrajeras (1). Revista del Plan Agropecuario. N° 42. pp.45 - 47.
106. PUIG, A; FERRANDO, A. 1983. Requerimientos de fósforo en trébol blanco, lotus y trébol carretilla implantados puros y en mezcla. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 192p.
107. RABUFFETTI, A.; ZAMALVIDE, P. 1999. Respuesta vegetal al suministro de nutrientes. Evaluación de la fertilidad del suelo. 4° Reimpresión. Montevideo. Facultad de Agronomía. 114p.
108. REAY, P. F.; WAUGH, C. 1983. Element composition of ryegrass and white clover leaf blades – seasonal variation in a continuously stocked pasture. New Zealand Journal of Agricultural Research, Vol. 26: pp.341 – 348.
109. RISSO, D. 1990. Efecto de la densidad de siembra y fertilización inicial en el comportamiento de tres leguminosas en cobertura. In.2° Seminario de Campo Natural, Tacuarembó. Montevideo Hemisferio sur: pp. 243 – 247.

110. RISSO, D.; MORÓN, A. 1990. Evaluación de mejoramientos extensivos de pasturas naturales en suelos sobre cristalino (1984 – 1990). In 2^{do} Seminario Nacional de Campo Natural. Tacuarembó. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 205 – 218.
111. _____. 1994. Mejoramientos extensivos en el Uruguay. In XIV Reunión del grupo técnico regional del Cono Sur en mejoramientos y utilización de los recursos forrajeros del área Tropical y Subtropical: Grupo Campos. Anales. I.N.I.A. Serie Técnica N° 94. pp.23 – 29.
112. _____; BERRETTA, E. 1996. Mejoramientos de campos en suelos sobre Cristalino. I.N.I.A. Serie Técnica N° 80. pp. 193-211.
113. _____. 1997. Siembras en el tapiz: Consideraciones generales y estado actual de la información en la zona de suelos sobre cristalino. In Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. INIA. Serie Técnica N° 13. pp. 71 – 82.
114. _____. 1998. Mejoramientos extensivos en el Uruguay. In XIV Reunión del grupo técnico regional del cono sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical. Grupo Campos. Anales. Berretta, E. J. ed. INIA. Serie Técnica N° 94. pp. 23 – 29.
115. RUSSELL, H. 1996. Ecología del Rhizobium en la región Noreste. I.N.I.A. Serie Técnica N° 80. pp. 41- 45.
116. SACIDO, M.; JUAN, V.; CAUHEPE, M.; MONTERROSO, L. 1995. Variaciones en la composición florística de un pastizal por efecto de quema, siembra de *Lotus tenuis* y controles químicos. In XII Congreso Latinoamericano de malezas. Montevideo Uruguay. pp.339-345.

117. SANTIÑAQUE, F. 1984. Alternativas de mejoramiento de pastoreas naturales. Tomo I y II. Facultad de Agronomía. Repartido 588, Est. Exp. Mario A. Cassinoni. Paysandú, Uruguay. 34p.
118. _____. 1997. Estudio sobre factores restrictivos de la implantación en pasturas naturales. In Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. INIA. Serie Técnica N° 13. pp. 269 – 276.
119. SCOTT, W. R. 1981. Nutrición de la planta de pradera y ciclaje de nutrientes. In Las pasturas y sus plantas. Ed. Langer. Montevideo, Ed. Hemisferio Sur. pp. 185 - 208.
120. SEVILLA, G. H.; FERNÁNDEZ, O. N.; MIÑON, D- P.; MONTES, L. 1996. Emergence and seedling survival of *Lotus tenuis* in *Festuca arundinacea* pastures. Journal of Range Management. Vol. 49 (6). pp. 509 - 511.
121. SILVA, A.; PONCE DE LEÓN, J.; GARCÍA, F.; DURAN, A. 1988. Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua en los suelos del Uruguay. Boletín de Investigación N° 10. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay. 19p.
122. SILVEIRA, D.; BOGGIANO, P.; ZANONIANI, R.; HERNÁNDEZ, J.; DEL PINO, A.; VAZ, A.; CADENAZZI, M. 2004a. Efecto del nivel de fertilización fosfatada a la siembra sobre el peso de plantas de *Lotus glaber* Mill. y *Trifolium repens* L. In. XX Reunión del grupo técnico regional del cono sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical. Grupo Campos. pp. 289-291.
123. SILVEIRA, D.; HERNÁNDEZ, J.; DEL PINO, A.; BOGGIANO, P.; ZANONIANI, R.; VAZ, A.; CADENAZZI, M. 2004b. Efecto del nivel de

fertilización fosfatada a la siembra sobre la composición química de plantas de *Lotus glaber* Mill. y *Trifolium repens* L. In. XX Reunión del grupo técnico regional del cono sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical. Grupo Campos. pp. 292-293.

124. SINCLAIR, A. G.; MORRISON, J. D.; SMITH, L. C.; DODDS, K. G. 1996a. Effects and interactions of phosphorus and sulphur on a mown white clover/ryegrass sward.1.Herbage dry matter production and balanced nutrition. New Zealand Journal of Agricultural Research, Vol. 39: pp.435 – 445.
125. SINCLAIR, A. G.; MORRISON, J. D.; SMITH, L. C.; DODDS, K. G. 1996b. Effects and interactions of phosphorus and sulphur on a mown white clover/ryegrass sward. 2. Concentrations and ratios of phosphorus, sulphur, and nitrogen in clover herbage in relation to balanced plant nutrition. New Zealand Journal of Agricultural Research, Vol. 39: pp.435 – 445.
126. SMETHAN, M. L. 1981. Esppecies y veriedades de leguminosas forajeras. In Las pasturas y sus plantas. Ed. Langer. Montevideo, Ed. Hemisferio Sur. pp. 97-147.
127. THOMAS, R.G. 1987a. Reproductive development. In "White Clover", MJ Baker, WM Williams, eds. CAB International, Wallingford. pp 63-123.
128. THOMAS, R.G. 1987b. The structure of the mature plant. In "White Clover", MJ Baker, WM Williams, eds. CAB International, Wallingford. pp 1-29.
129. VIGNOLIO, O. R.; FERNÁNDEZ, O. N.; MACEIRA, N. O. (2002). Biomass allocation to vegetative and reproductive organs in *Lotus glaber* and *L. corniculatus*. Australian Journal of Botany 50(1) pp. 75 – 82.

130. _____; FERNÁNDEZ, O. N.; MACEIRA, N. O. 1999. Flooding tolerance in five populations of *Lotus glaber* Mill. (Syn. *Lotus tenuis* Waldst. et. Kit.). Australian Journal of Agricultural Research. 50(4) pp. 555 - 560.
131. ZAMALVIDE, J. P. 1998. Fósforo. In Manejo de la fertilidad de suelos en sistemas extensivos. Est. Exp. de Bañado de Medina. Cerro Largo. Uruguay. Facultad de Agronomía pp.9 - 12.
132. ZANONIANI, R.; DUCAMP, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género *Lotus* en el Uruguay. Cangué, 25: pp 5 – 11.
133. ZANONIANI, R. 1998. Mejoramiento y manejo de bajos. Cartilla N° 13. Plan Agropecuario. 9p.
134. VOISEY, C. R., WHITE, D. W. R., WIGLEY, P. J., CHILCOTT, C. N., MCGREGOR, P. G., WOODFIELD, D. R. (1994). Release of transgenic white clover plants expressing *Bacillus thuringiensis* genes: an ecological perspective. Biocontrol Science and Technology 4: pp. 475 - 481.
135. WEDDERBURN, M. E.; ADAM, K. D.; GREAVES, L. A.; CARTER, J. L. 1996. Effect of oversown ryegrass (*Lolium perenne*) and white clover (*Trifolium repens*) on the genetic structure of New Zealand hill pastures. New Zealand Journal of Agricultural Research. Vol. 39: pp. 41 - 52.
136. WHITEHEAD, D. C. 2000. Nutrient elements in grassland. MJ Baker, WM Williams, eds. CAB International, Wallingford. 369p.
137. WILLIAMS, W.M. (1987). White clover taxonomy and biosystematics. In "White Clover", MJ Baker, WM Williams, eds. CAB International, Wallingford. pp 323-342.

10. ANEXO.

1. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO REPRESENTATIVO DEL CAMPO EXPERIMENTAL.

Foto Aérea: 242.118. Mosaico: 242.118/119.

Paraje: Bañados de Medina – Cerro Largo. Fecha: 08/04/03.

Condiciones del tiempo de muestreo: bueno. Forma de observación: Calicata.

Geomorfología y posición locales: Planicie Aluvial. Microrelieve: No perceptible.

Pendiente: 0 - 1%. Drenaje Externo: Lento – Medio (Grad. 2 - 3). Prof. Napa: 1 mt.

Vegetación: 1) Del área: *Axonopus affinis*, *P. dilatatum*, *P. notatum*, *Ciperáceas*, *E. bonariensis*, *T. polimorfum*, *Oxalis spp.*, *E. palustris*.

2) Local: *A. affinis*, *S. indicus*, *Ciperáceas*. 3) Plantas indicadoras: *Heimia salicifolia*.

Fases: Erosión: Nula.; Pedregosidad: Nula.; Roccosidad: Nula.; Inundaciones: Temporal.;

Alcalinidad: No.

Usos predominantes, cultivos principales: Campo natural virgen (pastoreo con vacunos y lanares en un sistema de pastoreo continuo.

Cuadro N° 1: Descripción del perfil de suelo.


Horiz.	Prof.	TR Top	Color	Moteados	Textura	Estructura
A	0 - 26	Clara	10 YR 2/2 (H)		F Arc. (**)	BA ₃ DBS ₁ M
B	26 - 59	Gradual	10 YR 3/1 (H)		Arc.	BA ₃ F
C	59 +		2,5 Y 6/3 (H)	2,5 Y 5/1 (*)	Arc. L	BA ₄ MF

Horiz.	Revestimientos			Concreciones	Raíces	Min. Primarios
	Tipo	Color	Form.			
A				Fe Mn P (1 – 2) Fr y D	Abundantes	
B	PM	10 YR 3/1 – 2/1	1 m	CaCO ₃ P Fr pocas (2 – 3)	Comunes	
C				FeMnO ₃ (1 – 2) Fr y D comunes	Pocas	QGVp

(*) Otras 5 YR 6/8; (**) Abundante arena fina.

2. EL SITIO EXPERIMENTAL.

Figura N° 1: Croquis de la distribución de parcelas por bloque y nivel de fertilización aplicado.



	BLOQUE IV		BLOQUE III		BLOQUE II		BLOQUE I	
Menor Humedad	8 (150)	7 (100)	6 (150)	5 (50)	4 (50)	3 (150)	2 (0)	1(50)
	9 (0)	10 (50)	11(0)	12 (100)	13 (100)	14 (0)	15 (150)	16 (100)
	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN
	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN
	24 (100)	23 (0)	22 (50)	21(150)	20 (0)	19 (150)	18 (150)	17 (100)
Mayor Humedad	25 (150)	26 (50)	27 (100)	28 (0)	29 (100)	30 (50)	31 (50)	32 (0)
	80 Días de descanso (menor int. de pastoreo) BLOQUE VIII		60 Días de descanso BLOQUE VII		40 Días de descanso BLOQUE VI		20 Días de descanso (mayor int. de pastoreo) BLOQUE V	

Referencias:

- (CN) Campo Natural.
- (8) Número de Parcela.
- (150) Nivel de Fertilización.

Figura N° 2: Croquis de cuadro de 0,30 x 0,30 m donde se contabilizaron las plantas para determinar la implantación del mejoramiento de campo. En la figura se muestra en los sectores donde se realizaron las determinaciones (zonas con color).

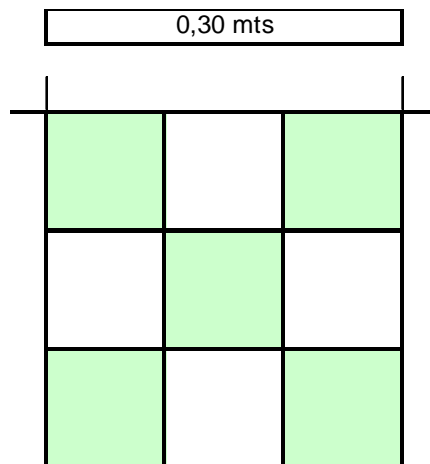
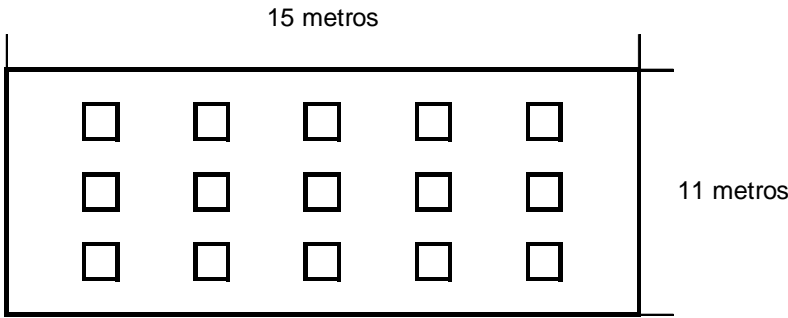


Figura N° 3: Croquis de la distribución de cuadros por parcela utilizados en la determinación de la implantación del mejoramiento de campo.



3. PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAJE DE AGUA DEL HORIZONTE A DEL SITIO EXPERIMENTAL.

Suelo: Gleysol Lúvico Melánico de la Unidad de Suelos Río Tacuarembó.

	Prof. (cm)	% Arena	% Limo	% Arcilla	% MO
A	26	47,2	32,3	20,5	6,11

Función A	$CC=21,977-0,681(AR)+2,601(MO)+0,127(ARC)$
CC	8,32941
Función A	$CMP=-5,049+0,739(I10)$
CMP	1,15465374
AD	7,17475626

	mm
AdHA	21,7765289

Dens. AP (g/cc)	$Dap=3,6725-0,0531(MO)-0,0210(AR)-0,0228(LI)-0,0221(ARC)$
Dens. AP (g/cc)	1,167369

Referencias:

CC: Capacidad de Campo (-10 KPa (I)).

CMP: Coeficiente de marchitez permanente (-1500 KPa (P)).

AD: Agua disponible.

AdHA: Agua disponible en el Horizonte A.

4. BALANCE HÍDRICO SERIADO.

Cuadro N° 2: Balance hídrico seriado para el horizonte superficial del suelo representativo del sitio experimental considerando un contenido de agua a capacidad de campo.

Balance Hídrico del suelo		Localidad: Melo		Lámina: 21,78 mm.					
Suelo: Gleysol Lúvico Mélanico Típico									
	Precip.	ETP	P - ETP	PPAA	ALM	var ALM	ETR	D	E
				Vi=0	21,78	0,00			
Ene-03	53,3	220	-166,7	166,7	21,78	0,00	53,30	166,70	0,00
Febrero	219,6	153,1	66,5	0	21,78	0,00	153,10	0,00	66,50
Marzo	91,1	131	-39,9	39,9	3,49	-18,29	109,39	21,61	0,00
Abril	188	83,3	104,7	0	21,78	18,29	83,30	0,00	86,41
Mayo	151,8	73,7	78,1	0	21,78	0,00	73,70	0,00	78,10
Junio	91,8	36,8	55	0	21,78	0,00	36,80	0,00	55,00
Julio	21,8	55,1	-33,3	33,6	4,72	-17,06	38,86	16,24	0,00
Agosto	129,7	76,3	53,4	0	21,78	17,06	76,30	0,00	36,34
Septiembre	126,9	102,2	24,7	0	21,78	0,00	102,20	0,00	24,70
Octubre	60,8	183,8	-123	123	0,08	-21,70	82,50	101,30	0,00
Noviembre	130,7	188,7	-58	181	0,01	-0,07	130,77	57,93	0,00
Diciembre	118,9	210,1	-91,2	272,2	0,00	-0,01	118,91	91,19	0,00
Ene-04	90,6	227,9	-137,3	409,5	0,00	0,00	90,60	137,30	0,00

Cuadro N° 3: Balance hídrico seriado para el horizonte superficial (A) del suelo representativo del sitio experimental considerando un contenido de agua en el punto de marchites permanente.

Balance Hídrico del suelo		Localidad: Melo		Lámina: 21,78 mm.					
Suelo: Gleysol Lúvico Mélanico Típico									
	Precip.	ETP	P - ETP	PPAA	ALM	var ALM	ETR	D	E
				Vi=0	0/21,78	0,00			
Ene-03	53,3	220	-166,7	166,7	0	0,00	53,3	166,7	0
Febrero	219,6	153,1	66,5	0	21,78	21,78	153,10	0	44,72
Marzo	91,1	131	-39,9	39,9	3,49	-18,29	109,39	21,6	0,00
Abril	188	83,3	104,7	0	21,78	18,29	83,30	0,0	86,41
Mayo	151,8	73,7	78,1	0	21,78	0,00	73,70	0,0	78,10
Junio	91,8	36,8	55	0	21,78	0,00	36,80	0,0	55,00
Julio	21,8	55,1	-33,3	33,6	4,72	-17,06	38,86	16,2	0,00
Agosto	129,7	76,3	53,4	0	21,78	17,06	76,30	0,0	36,34
Septiembre	126,9	102,2	24,7	0	21,78	0,00	102,20	0,0	24,70
Octubre	60,8	183,8	-123	123	0,08	-21,70	82,50	101,3	0,00
Noviembre	130,7	188,7	-58	181	0,01	-0,07	130,77	57,9	0,00
Diciembre	118,9	210,1	-91,2	272,2	0,00	-0,01	118,91	91,2	0,00
Ene-04	90,6	227,9	-137,3	409,5	0,00	0,00	90,60	137,3	0,00

Referencias:

Precip.: Precipitaciones (mm).

ETP: Evapotranspiración Potencial (mm).

P-ETP: Precipitaciones menos Evapotranspiración Potencial (mm).

PPAA: Perdida Potencial de Agua Acumulada (mm).

ALM.: Almacenaje (mm).

var. ALM.: Variación de Almacenaje (mm).

ETR: Evapotranspiración Real (mm).

D: Deficiencias (mm).

E: Excesos (mm).

5. RESUMEN DE LA INFORMACIÓN ESTADÍSTICA.

Cuadro N° 4: Resumen del ANAVA de la regresión para la variable número de plantas de *Lotus glaber* a los 60 y 120 dps vs nivel de fertilización fosfatada.

Lotus glaber Mill.

F. de V	N° Pl/m ² 60 dps			N° Pl/m ² 120 dps		
	gl	CME	Pr>F	gl	CME	Pr>F
Bloque	7	8,649	.	7	11,719	.
Trat.	3	8,384	0,3293	3	3,566	0,6535
Error	21	6,908	.	21	6,48	.
total	31	.	.	31	.	.

Cuadro N° 5: Resumen del ANAVA de la regresión para la variable número de plantas de *Trifolium repens* a los 60 y 120 dps.

Trifolium repens L.

F. de V	N° Pl/m ² 60 dps			N° Pl/m ² 120 dps		
	gl	CME	Pr>F	gl	CME	Pr>F
Bloque	7	55,134	.	7	6,212	.
Trat.	3	2,406	0,9729	3	79,14	0,0001
Error	21	32,221	.	21	7,124	.
total	31	.	.	31	.	.

Cuadro N° 6: Resumen del análisis de autocorrelación temporal para *Lotus glaber*, el procedimiento utilizado fue Mixed.

Lotus glaber Mill.

F. de V	gl	F	Pr>F
Fertilización	3	0,81	0,4952
Tiempo	1	0,08	0,775
Trat.*Tiempo	3	0,79	0,5051

Estructura de autocorrelación utilizada AR(1)

Cuadro N° 7: Resumen del análisis de autocorrelación temporal para *Trifolium repens*, el procedimiento utilizado fue Mixed.

Trifolium repens L.

F. de V	gl	F	Pr>F
Tratamiento	3	1,18	0,3257
Tiempo	1	99,79	<0,0001
Trat.*Tiempo	3	3,02	0,0385

Estructura de autocorrelación utilizada AR(1)

Cuadro N° 8: Resumen del ANAVA de la regresión para la variable kg de M.S. /ha vs nivel de fertilización fosfatada de *L. glaber* y *T. repens*.

F. de V	kg M.S/ha <i>L.glaber</i>			kg M.S/ha <i>T. repens</i>		
	gl	CME	Pr>F	gl	CME	Pr>F
Bloque	7	4062,66	,	7	18821,065	,
Trat.	3	32768,895	0,0002	3	413382,731	0,0001
Error	30	5,497,072	,	30	19272,606	,
total	31	,	,	31	,	,

Cuadro N° 9: Resumen del ANAVA de la regresión para la variable kg de M.S. /ha vs nivel de fertilización fosfatada.

F. de V	kg M.S/ha <i>L.glaber</i> + <i>T. repens</i>		
	gl	CME	Pr>F
Bloque	7	35332,29	,
Trat.	3	664369,13	0,0001
Error	30	36992,08	,
total	31	,	,

Cuadro N° 10: Resumen del ANAVA de la regresión cuadrática – plateau para la variable RRPA de *L. glaber*.

Lotus glaber

F. de V	RRPA			
	gl	CME	F	Pr>F
Regresión	3	0,5201	12,38	0,0001
Residual	29	0,000912	,	,
Total	31	,	,	,

Xo: 68,63; Plateau: 0,2023.

Cuadro N° 11: Resumen del ANAVA de la regresión cuadrática – plateau para la variable PSR de *T. repens*.

T. repens

F. de V	PSR			
	gl	CME	F	Pr>F
Regresión	3	1,1434	14,39	<0,0001
Residual	29	0,0143	,	,
Total	31	,	,	,

Xo: 97,63; Plateau: 0,393 g.

Cuadro N° 12: Resumen del ANAVA de la regresión cuadrática – plateau para la variable NPLe de *T. repens*.

T. repens

NPLe				
F. de V	gl	CME	F	Pr>F
Regresión	3	96,48	6,82	0,0039
Residual	28	0,0926	,	,
Total	30	,	,	,

Xo: 88,95; Plateau: 3,188 %.

Cuadro N° 13: Resumen del ANAVA de la regresión cuadrática – plateau para la variable NPA de *T. repens*.

T. repens

NPA				
F. de V	gl	CME	F	Pr>F
Regresión	3	94,96	7,86	0,002
Residual	28	0,1066	,	,
Total	30	,	,	,

Xo: 81,1; Plateau: 3,175 %.

Cuadro N° 14: Resumen del ANAVA de las variables analizadas para *L. glaber*.

Lotus glaber Mill.

F. de V	PSPA			PSR			PST			MSPA		
	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F
Bloque	7	0,0579	.	7	0,00181	.	7	0,0738	.	7	11,66	.
Trat.	3	1,209	0,0001	3	0,0308	0,0005	3	1,625	0,0001	3	16,539	0,2637
Error	21	0,0603	.	21	0,00343	.	21	0,0875	.	14	11,201	.
total	31	.	.	31	.	.	31	.	.	24	.	.
	MSR			NR			PPA			NPA		
	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F
Bloque	7	25,984	.	7	1,23	.	7	0,00191	.	7	0,298	.
Trat.	3	55,058	0,1002	3	0,817	0,7311	3	0,0917	0,0001	3	0,213	0,2694
Error	12	21,151	.	20	1,884	.	21	0,00752	.	21	0,152	.
total	22	.	.	30	.	.	31	.	.	31	.	.
	PR			NPR			NPPa					
	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F
Bloque	7	0,0255	.	7	27,046	.	7	7,375	.			
Trat.	3	0,423	0,0001	3	326,718	0,0001	3	122,98	0,0005			
Error	20	0,019	.	20	22,787	.	21	13,858	.			
total	30	.	.	30	.	.	31	.	.			
	NPLE			PPLE			NPPLE					
	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F
Bloque	7	0,314	.	7	0,0017	.	7	5,754	.			
Trat.	3	0,205	0,3212	3	0,122	0,0001	3	143,194	0,0001			
Error	20	0,165	.	20	0,0065	.	20	9,558	.			
total	30	.	.	30	.	.	30	.	.			

Cuadro N° 15: Resumen del ANAVA de las variables analizadas para *T. repens*.

Trifolium repens L.

F. de V	PSPA			PST			MSR		
	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F
Bloque	7	0,254	.	7	0,252	.	7	35,693	.
Trat.	3	6,276	0,0001	3	7,967	0,0001	3	94,311	0,0619
Error	20	0,212	.	20	0,261	.	9	26,771	.
total	30	.	.	30	.	.	19	.	.
	MSPA			RRPA			PPA		
	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F
Bloque	7	1,916	.	7	0,011	.	7	0,0062	.
Trat.	3	14,852	0,0603	3	0,017	0,1045	3	0,0947	0,0001
Error	13	4,68	.	20	0,0074	.	20	0,0035	.
total	23	.	.	30	.	.	30	.	.
	PR			NR			NPR		
	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F
Bloque	7	0,0196	.	7	0,064	.	7	16,252	.
Trat.	3	0,0729	0,0006	3	0,216	0,2185	3	60,857	0,0019
Error	20	0,00825	.	20	0,134	.	20	8,485	.
total	30	.	.	30	.	.	30	.	.
	NPPa			PPLE			NPPLE		
	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F	gl	CM	Pr>F
Bloque	7	6,324	.	7	0,0049	.	7	3,16	.
Trat.	3	94,383	0,0001	3	0,089	0,0001	3	75,44	0,0001
Error	20	6,599	.	20	0,0033	.	20	5,197	.
total	30	.	.	30	.	.	30	.	.