

PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FERTILIZACION DE UNA PRADERA PASTOREADA

Mario Silva G.^{1/}

Universidad de Chile, Departamento de Ganadería y Producción Pratense,
Facultad de Agronomía.
Casilla 1004, Santiago, Chile.

INTRODUCCION

El uso de fertilizantes como agentes modificadores de las características cuantitativas y cualitativas de la pradera ha sido estudiado por muchos años. Si bien es cierto se ha determinado un gran número de fenómenos relacionados con esta materia, no ha existido hasta ahora un esfuerzo que reúna la información existente y la coordine para configurar un modelo que permita al hombre predecir su acción en mejor forma. Es posible que esto no se haya hecho aún, por el enorme trabajo y experiencia que requiere. No obstante, el hombre tendrá que enfrentar, en el futuro, estudios con esta aproximación.

Estando consciente de sus limitaciones, este trabajo tiene por finalidad mostrar el enfoque que, a juicio del autor, parece más adecuado en este tema. Con él se pretende mostrar una aproximación que en más de una ocasión ha debido ilustrarse con ejemplos particulares por falta de tiempo y espacio. Es posible también que por limitaciones individuales, exista un sesgo respecto a lo que piensan otros investigadores.

Al plantear diferentes aspectos del uso de fertilizantes como una herramienta en el manejo de praderas, se ha considerado sólo el nitrógeno, el fósforo, el azufre y el potasio en varias condiciones ambientales, sin tomar en cuenta los problemas de toxicidad que puedan ocurrir con altas dosis.

En zonas áridas el factor predominante que limita el crecimiento de las plantas es el agua, sin

embargo, existe un vasto sector en zonas mediterráneas, donde se produce una deficiencia de dos o más factores que modifican el crecimiento de las plantas. Bajo estas condiciones es posible que los nutrientes jueguen un papel importante en la producción y composición botánica de la pradera. En regiones de alta pluviometría y con condiciones adecuadas de luz y temperatura, es factible que la respuesta a los fertilizantes sea elevada, cuando las limitantes físicas del suelo no son determinantes. Todo esto se ha tratado de plantear dentro de un marco que considere al pastoreo como el principal método de utilización de la producción primaria y, el alto costo energético que significa la producción, la distribución y la aplicación de los fertilizantes. Este último aspecto, el energético, hace necesario que los fertilizantes se utilicen con reservas en praderas de crecimiento limitado, lo que podría ser especialmente significativo en zonas de praderas mediterráneas anuales.

PRINCIPALES FACTORES QUE MODIFICAN LA ACCION DE LOS FERTILIZANTES

Clima.—

Al considerar este tópico se deben discutir tres variables que, en gran medida, determinan el uso de fertilizantes desde este punto de vista. En la primera variable se incluyen todas las formas de precipitación que realmente utilizan las plantas. Esta se define en este trabajo como:

Precipitación efectiva

= (Precipitación total + condensación) — (Evaporación ± Intercepción ± Escurrimiento + Adsorción coloidal + Percolación).

1/ Ingeniero Agrónomo. M. S. Profesor de Manejo y Utilización de Praderas, del Departamento de Ganadería y Producción Pratense.

La segunda variable dice relación con la distribución de la precipitación o régimen pluviométrico y la tercera con la temperatura.

Al relacionar la pluviometría (por falta de medida de la precipitación efectiva) y la temperatura con la latitud, hay dos hechos que conviene destacar en Chile (Figura 1). Primero, en la medida que disminuye la lluvia media anual aumenta la variación de la precipitación entre años. En segundo término, así como la precipitación disminuye, aumenta la temperatura promedio. En este análisis se ha usado la media aritmética para mostrar la tendencia de la lluvia, se reconoce sin embargo, que la mediana es un

mejor parámetro (Gastó, 1966). El uso de la media no obstante, no sesga el fenómeno que se desea presentar y permite medir la dispersión de la precipitación entre años a través del uso de la desviación estándar y del coeficiente de variación. En la Figura 1 se puede apreciar que en la medida en que disminuye la precipitación promedio, crece el coeficiente de variación, aumentando las probabilidades de que no haya una respuesta al fertilizante para un año determinado, factor de inseguridad que podría resultar importante cuando es necesario tener un retorno rápido de la inversión realizada en zonas en las cuales el promedio de precipitación es bajo.

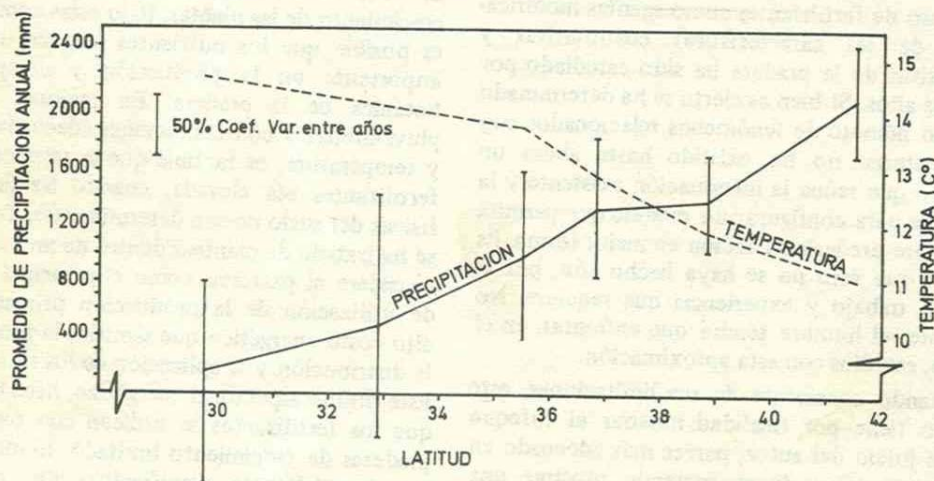


Figura 1. Modificación de la precipitación y la temperatura con la latitud y variación de la precipitación entre años. (Adaptado de Almeyda y Sáez, 1958 y Gastó, 1966).

La cantidad de lluvia caída y la temperatura, también presentan variaciones con los cambios en altitud a una misma latitud, debiéndose destacar que aún cuando la precipitación aumenta con la altura, la temperatura disminuye en tal magnitud que limita el crecimiento potencial de la vegetación.

Reconociendo el hecho que la magnitud potencial de la producción primaria es función en primer término de la lluvia y la temperatura y, que dentro de las variaciones mostradas la primera se presenta como factor limitante para el uso de fertilizantes, en el sector norte del país y, la segunda en la zona de vegetación alpina de alta cordillera, es factible delimitar por el norte a lo menos en líneas generales, a causa de la poca

evidencia experimental el uso de fertilizantes al valle central en el secano interior hasta el sur de la provincia de Santiago y en la zona de la costa hasta la provincia de Valparaíso (Gastó y Caviedes^{1/}; Segovia, A., 1961; INIA, 1965).

En los sectores con riego, indiscutiblemente el agua no limita la acción de los fertilizantes. Sin embargo, la seguridad de su respuesta como la frecuencia de su uso en distintos lugares, depende en gran medida del uso de infraestructuras que tengan por objeto controlar y retener el agua que baja de la cordillera y, de un adecuado uso de las comunidades vegetales de la cordillera con el mismo fin. Una ilustración de este problema lo presenta muy bien Stoddart y Smith (1955). Esta acción conjunta del agua con los fertilizantes podría facilitar enormemente la producción de

1/ Inédito.

La segunda variable dice relación con la distribución de la precipitación o régimen pluviométrico y la tercera con la temperatura.

Al relacionar la pluviometría (por falta de medida de la precipitación efectiva) y la temperatura con la latitud, hay dos hechos que conviene destacar en Chile (Figura 1). Primero, en la medida que disminuye la lluvia media anual aumenta la variación de la precipitación entre años. En segundo término, así como la precipitación disminuye, aumenta la temperatura promedio. En este análisis se ha usado la media aritmética para mostrar la tendencia de la lluvia, se reconoce sin embargo, que la mediana es un

mejor parámetro (Gastó, 1966). El uso de la media no obstante, no sesga el fenómeno que se desea presentar y permite medir la dispersión de la precipitación entre años a través del uso de la desviación estándar y del coeficiente de variación. En la Figura 1 se puede apreciar que en la medida en que disminuye la precipitación promedio, crece el coeficiente de variación, aumentando las probabilidades de que no haya una respuesta al fertilizante para un año determinado, factor de inseguridad que podría resultar importante cuando es necesario tener un retorno rápido de la inversión realizada en zonas en las cuales el promedio de precipitación es bajo.

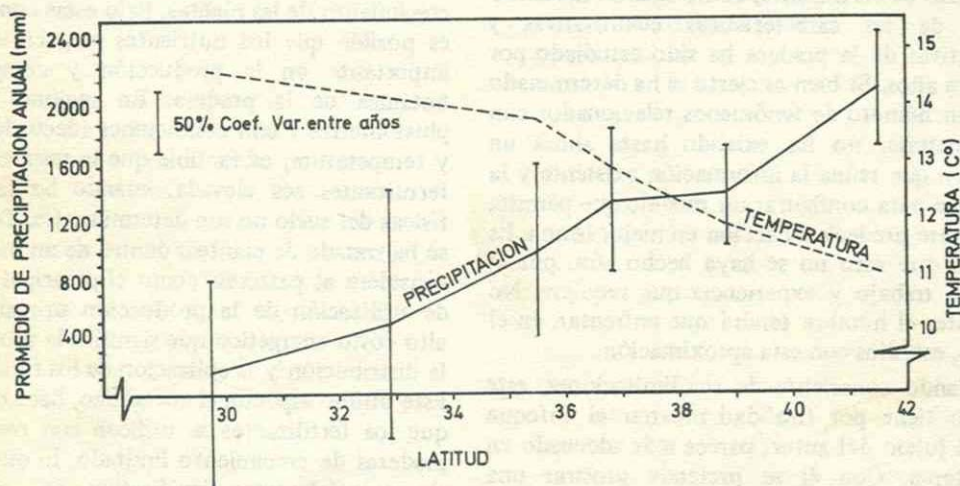


Figura 1. Modificación de la precipitación y la temperatura con la latitud y variación de la precipitación entre años. (Adaptado de Almeyda y Sáez, 1958 y Gastó, 1966).

La cantidad de lluvia caída y la temperatura, también presentan variaciones con los cambios en altitud a una misma latitud, debiéndose destacar que aún cuando la precipitación aumenta con la altura, la temperatura disminuye en tal magnitud que limita el crecimiento potencial de la vegetación.

Reconociendo el hecho que la magnitud potencial de la producción primaria es función en primer término de la lluvia y la temperatura y, que dentro de las variaciones mostradas la primera se presenta como factor limitante para el uso de fertilizantes, en el sector norte del país y, la segunda en la zona de vegetación alpina de alta cordillera, es factible delimitar por el norte a lo menos en líneas generales, a causa de la poca

evidencia experimental el uso de fertilizantes al valle central en el secano interior hasta el sur de la provincia de Santiago y en la zona de la costa hasta la provincia de Valparaíso (Gastó y Caviedes^{1/}; Segovia, A., 1961; INIA, 1965).

En los sectores con riego, indiscutiblemente el agua no limita la acción de los fertilizantes. Sin embargo, la seguridad de su respuesta como la frecuencia de su uso en distintos lugares, depende en gran medida del uso de infraestructuras que tengan por objeto controlar y retener el agua que baja de la cordillera y, de un adecuado uso de las comunidades vegetales de la cordillera con el mismo fin. Una ilustración de este problema lo presenta muy bien Stoddart y Smith (1955). Esta acción conjunta del agua con los fertilizantes podría facilitar enormemente la producción de

1/ Inédito.

(1970), en su libro sobre mejoramiento de praderas. Este autor señala que en California una aplicación inicial de fosfato de amonio de 300 Kg/há y seguida por aplicaciones anuales de 200 Kg/há duplican la biomasa de la parte aérea de la pradera y prolongan el período en que permanece verde. En Chile existen estudios que se pueden usar para ilustrar la misma situación, uno de ellos fue realizado por INIA (1965), y en el cual se muestra que el potencial que tiene el *Phalaris tuberosa* para responder a los fertilizantes es mucho mayor que la pradera natural.

La utilización e intensidad de la cosecha

Al considerarse el uso de fertilizantes en praderas debe destacarse que a diferencia de otros cultivos, ésta se cosecha por lo general varias veces en el año y, lo que ocurre en una cosecha afecta la producción de las que le siguen. Así mismo es conveniente destacar que el proceso de producción finaliza con la conversión del producto vegetal en animal.

Estas características del proceso productivo permiten visualizar al menos cuatro etapas bien definidas (Mc Meeckan, 1960): la de producción de forrajes, la de utilización de éste, la de conversión del producto vegetal en animal y el efecto del animal sobre la pradera. Estas etapas se interaccionan de tal modo, que una inadecuada utilización y/o una baja conversión del animal, pueden anular el efecto positivo que haya tenido el fertilizante o cualquier otro factor para elevar la producción de materia seca de la pradera.

Un ejemplo muy ilustrativo a este aspecto, es el que proporciona Carter (1965), en su experimento sobre el efecto del fósforo y la carga animal en la producción de lana. Los resultados de este autor (Figura 2), señalan que la sola aplicación del fertilizante no necesariamente significa una mayor producción animal por unidad de superficie. Para que esto sea realidad la cantidad extra producida por la aplicación del fertilizante debe ser bien utilizada. Sin embargo, este proceso complejo de producción debe considerarse como un problema de acción y reacción que es difícil mantener en forma constante en su nivel óptimo. Por un lado la aplicación del fertilizante provoca un aumento en el rendimiento de materia seca de la pradera, que necesita ser bien utilizada y convertida para que se eleve el producto animal como consecuencia de la acción del primero. Simultáneamente y

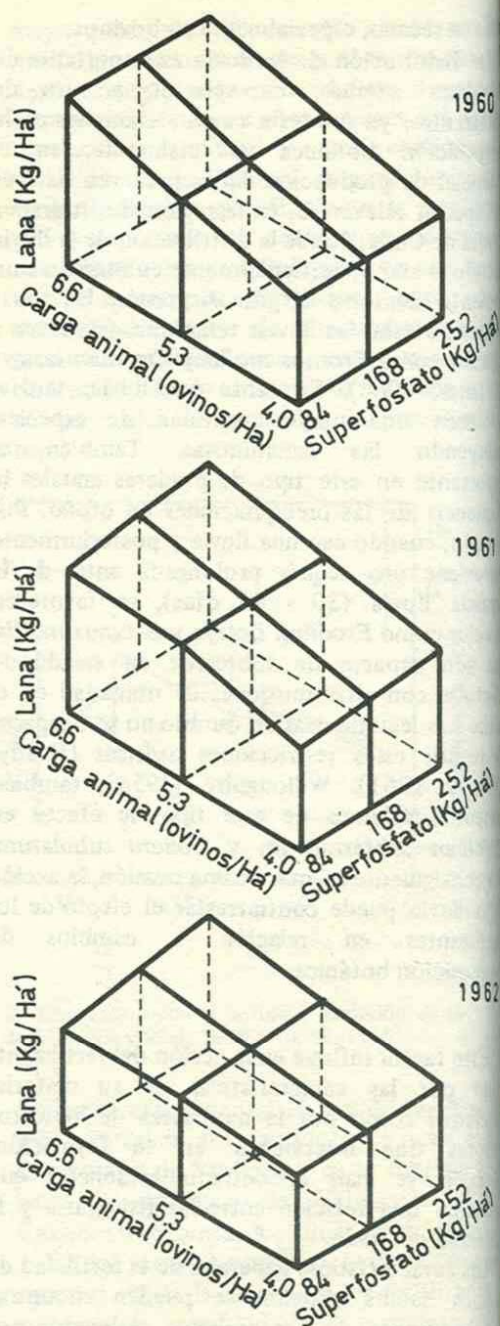


Figura 2. Efecto del fertilizante y la carga animal en la producción de lana (Carter, 1965).

como una reacción a esta utilización, la pradera tiende a responder en menor grado al fertilizante a medida que la utilización se hace cada vez más intensa. En Australia se ha señalado que el factor que limita el crecimiento en estos casos, es

probablemente relacionado con el efecto que las defoliaciones frecuentes producen en la capacidad de la pradera para utilizar la luz que incide en la comunidad (CSIRO, 1968), con la repercusión consiguiente en las reservas orgánicas en especies que dependen de éstas para volver a crecer. Como adición a este proceso, debe tenerse presente que las reservas generalmente disminuyen, al someterse la planta a un crecimiento rápido como consecuencia de una alta disponibilidad de agua, luz y nutrientes. Posiblemente en muchas condiciones existe, entre otros factores, un efecto detrimental del animal a través de la compactación del suelo al aumentar la carga animal (Blaser, 1966).

Este análisis de ningún modo pretende indicar que la pradera deba utilizarse con una baja intensidad, sino más bien tiene por objeto dar énfasis al hecho que éste es un proceso dinámico que requiere un compromiso constante entre producción y utilización.

Retorno de nutrientes

Al hablar de fertilizantes y utilización de praderas es imprescindible hacer referencia a la importancia que tiene el efecto del animal sobre la pradera desde el punto de vista de retornos de nutrientes, ya que ambos junto con el suelo, forman parte de un sistema dinámico y complejo de circulación de nutrientes, en el cual ocurren ganancias y pérdidas de estos elementos (Spedding, 1971).

El efecto de los excrementos sobre la pradera ha sido un proceso bastante estudiado, particularmente con ganado ovino (Herriott y Wells, 1963; Wheeler, 1958 y Watkin, 1954). Sin embargo, en este tipo de investigaciones los resultados deben interpretarse con cuidado, ya que numerosos experimentos se han realizado con parcelas pequeñas que muchas veces proveen una condición diferente a las imperantes en la práctica (Hilder, 1966; Herriott y Wells, 1963). En general, los trabajos realizados en parcelas pequeñas con uso intensivo e intermitente representan en la práctica sistemas de pastoreo rotativos intensivos.

La importancia y eficiencia de este fenómeno va a depender de las condiciones climáticas, del manejo y la utilización que se haga de la pradera (Hilder, 1966; Herriott y Wells, 1963), así como de la condición de ésta, de las cantidades de nutrientes útiles que contengan las excretas, de

las pérdidas de elementos del sistema y de la proporción que no esté fijada a corto plazo (Spedding, 1971).

En la Figura 3 se señalan las principales vías de circulación, acceso y pérdidas de nutrientes en el sistema suelo-planta-animal.

Los nutrientes son consumidos por los animales los cuales cambian su naturaleza a través de los procesos de digestión y metabolismo. Sin embargo, parte de los nutrientes permanecen inalterados y vuelven a la pradera para ser absorbidos nuevamente por las plantas y los animales que se alimentan de ellas. Estos nutrientes también pueden ser retenidos temporalmente por el suelo o perderse desde el sistema.

Las heces deben descomponerse para que sus nutrientes puedan ser utilizados por las plantas. Este proceso es complejo y empieza apenas éstas caen al suelo. En esta descomposición la participación del agua es muy importante y en ella intervienen bacterias aerobias y anaerobias, hongos, algas, protozoos, invertebrados y vertebrados (Marsh y Campling, 1970).

Los aportes más importantes de nutrientes se realizan a través de la intemperización de las rocas, de las fertilizaciones, de la fijación biológica de nitrógeno, de la elevación de elementos desde el subsuelo por las plantas, de los excrementos animales provenientes de otras áreas y de residuos industriales. También el agua de lluvia y las descargas eléctricas pueden jugar un papel importante en praderas naturales donde otras fuentes de nutrientes sean muy bajas (Hilder, 1966).

A su vez las pérdidas ocurren a través de varios procesos que generalmente interaccionan entre sí, tales como la erosión del material superficial del suelo, la lixiviación y la volatilización de nutrientes. También hay pérdidas a través del animal y del forraje conservado.

Las pérdidas de los nutrientes de las plantas a través de su transformación en producto animal, dependerán del tipo y cantidad de producto que se exporte del sistema. Así puede variar desde un 40% de los nutrientes ingeridos con ovejas gordas, hasta un 25% del nitrógeno y un 10% de los elementos que se encuentran en las cenizas en vacas lecheras. Aunque la pérdida por la oveja es aparentemente pequeña, podría ser de consideración cuando se utilicen altas cargas animales por un largo tiempo (Hilder, 1966).

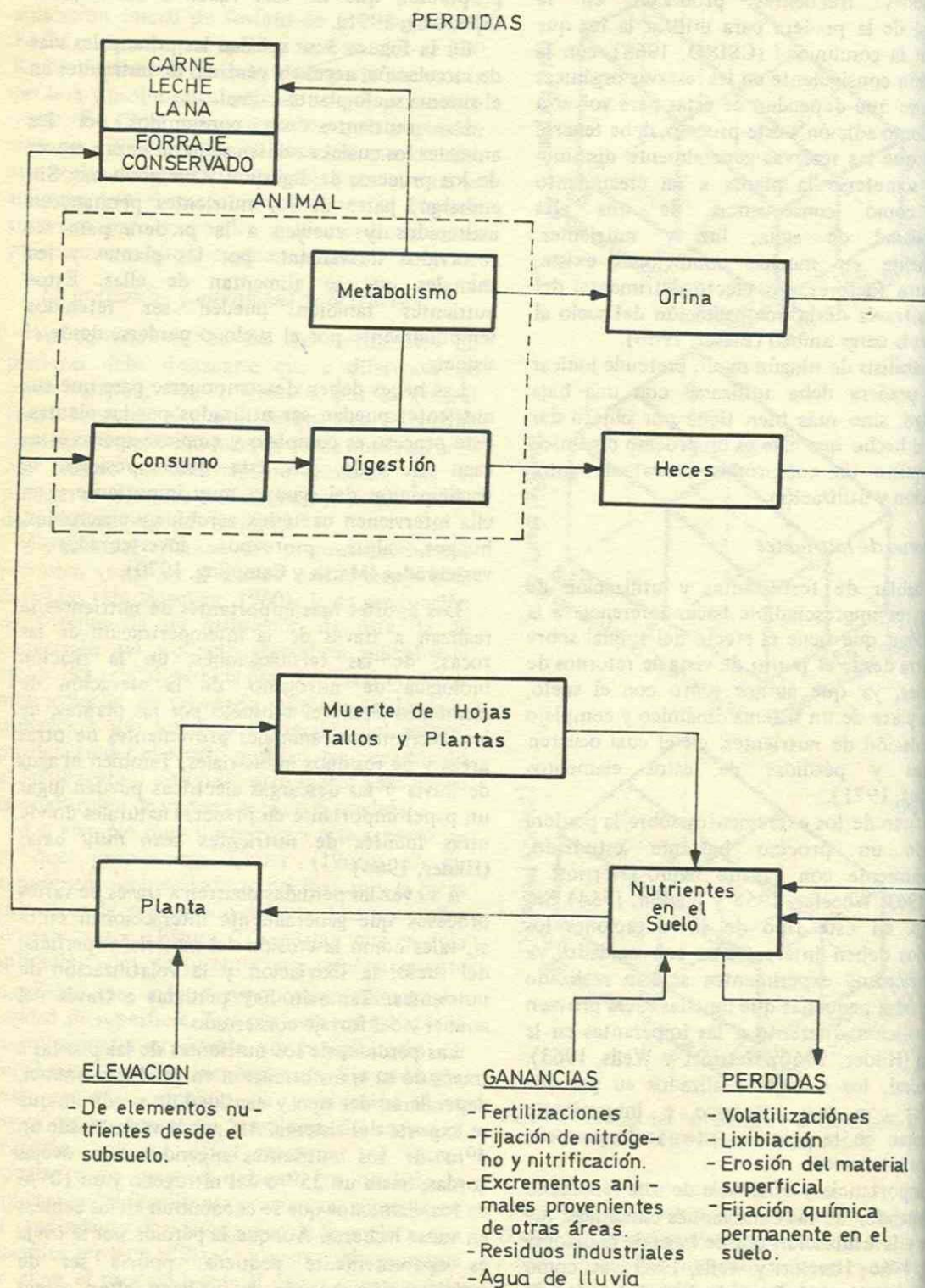


Figura 3. Circulación, ganancias y pérdidas de nutrientes en el sistema suelo-planta-animal.

El retorno de los nutrientes a través de los animales se hace a través de las excretas, cuyas cantidades evacuadas varían con el tamaño y el estado fisiológico del animal (Spedding, 1971). Un ejemplo de una de estas relaciones se ilustra en el Cuadro 1.

A través del paso por el animal los nutrientes aumentan su solubilidad, especialmente en la orina eliminada, la cual contiene cerca del 70 a 80% del nitrógeno excretado, azufre y potasio (Hilder 1966; Spedding, 1971; Wheeler, 1958). Las heces por otro lado son ricas en fósforo, calcio y magnesio y son ellas las que tienen mayor importancia desde un punto de vista de utilización de praderas por las modificaciones que pueden ocasionar.

El hecho que la concentración de los nutrientes sea totalmente diferente en la orina y en las heces puede ser de importancia donde existan diferencias en fósforo y nitrógeno. En estas condiciones las respuestas de las plantas podrían ser muy reducidas, excepto cuando las heces coinciden en el mismo lugar. En praderas fertilizadas con fósforo, la respuesta a la orina podría ser muy alta en suelos con deficiencias en potasio.

Las pérdidas de los nutrientes a través de las excretas suelen ser elevadas a causa de la desuniformidad de la dispersión en el terreno, de la concentración y naturaleza soluble de los nutrientes presentes en ellas, especialmente en la fracción orina (Hilder, 1966).

Cuadro 1. Relación entre el peso del animal y la producción de excretas en bovinos y ovinos (Spedding, 1971).

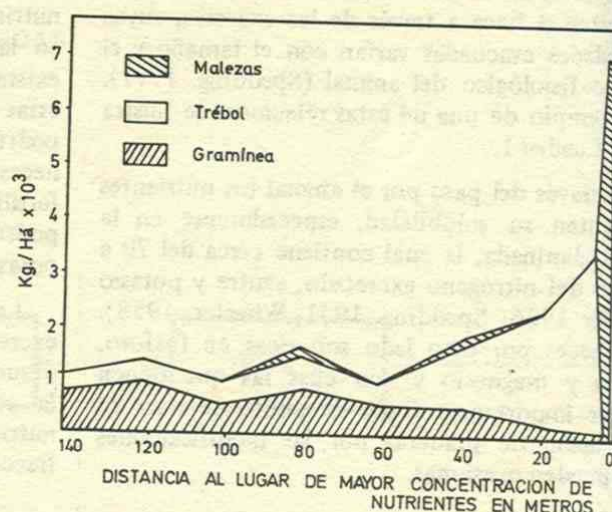
	ORINA			HECES		
	Volúmen	Materia seca	Materia seca por unidad de peso	Peso húmedo	Materia seca	Materia seca por unidad de peso.
	lts	gr	gr/Kg/día	Kg	Kg	gr/Kg/día
Ovinos	1-5	100-500	1,4-7,2	1,8	0,58	8,3
Bovinos	10-25	1.000-2.500	2,8-7,2	34	5,78	16,4

El modelo de contaminación de excretas en praderas es distinto en ovinos y bovinos. Una buena ilustración en la primera especie, la presenta Hilder (1966) en una investigación llevada a cabo, en potreros de 1 hectárea. Este autor encontró que alrededor de un 20% de las heces se concentró en una esquina del potrero que no representaba más allá de un 3,3 % del área total. La distribución de la orina medida indirectamente a través de la concentración de potasio en los primeros 10 cm de suelo, indicó que ésta representaba un modelo de distribución similar al de las heces. Como consecuencia de esta falta de uniformidad en la devolución de las excretas se ha observado que no sólo el potasio se encuentra en altas concentraciones en un

pequeño sector del potrero sino también el fósforo, el calcio, el magnesio y el nitrógeno. Sin embargo, este último elemento presenta una concentración más baja que la esperada, a causa de que las pérdidas por volatilización o lixiviación son mayores. Esta desuniformidad en la distribución de las excretas provoca cambios profundos en el rendimiento y composición botánica de la pradera como lo muestra la Figura 4. En este caso el nivel de potasio bajó a un nivel inadecuado para el crecimiento del trébol donde la concentración de las excretas era baja.

El ganado vacuno generalmente no deposita las heces en un lugar definido, aún cuando factores tales como reparo, aguadas, comederos, etc., puedan alterar esta característica. Debe

Figura 4. Peso del forraje disponible sobre un transecto lineal desde la esquina con mayor concentración de heces y orina (derecho) a la esquina en diagonal opuesta a la primera en una pradera de ballica perenne y trébol blanco Kg/há (Hilder, 1966).



destacarse que en esta especie la forma de la deposición ganará una alta concentración de nutrientes bajo ella. MacDiarmid y Watkin (1972 a) realizando un estudio con vacas lecheras en Nueva Zelanda, encontraron que hubo un aumento significativo del nitrógeno, del potasio y de fósforo bajo la deposición. Este hecho se ilustra en la Figura 5 para los primeros 60 días de estudio y, en la misma se muestra el efecto que la deposición tiene en su área circundante. En este último aspecto cabe señalar que, sólo el nitrógeno mostró en este estudio un efecto claro que se extendía hasta 15,4 cm más allá de los bordes. No ocurrió lo mismo con el potasio, y el fósforo no presentó un efecto claro.

En una primera etapa, las deposiciones de los bovinos producen un daño en la vegetación que queda bajo ella, a lo que algunas especies son más sensibles que otras.

MacDiarmid y Watkin (1971) estudiando una pradera de *Trifolium repens*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* y *Poa*, concluyeron que la leguminosa se afectó más que las gramíneas acompañantes. Así como las heces deprimen el crecimiento del área cubierta, producen por el contrario un efecto positivo en la vegetación que rodea la deposición, favoreciendo especialmente la dominancia de gramíneas (Norman y Green, 1958; MacDiarmid y Watkin, 1971). Esta última observación, aunque aparentemente ilógica a causa de que las heces producen un alto contenido de fósforo, calcio y magnesio, es razonable puesto que el fósforo en las heces se encuentra en su mayor parte en forma orgánica

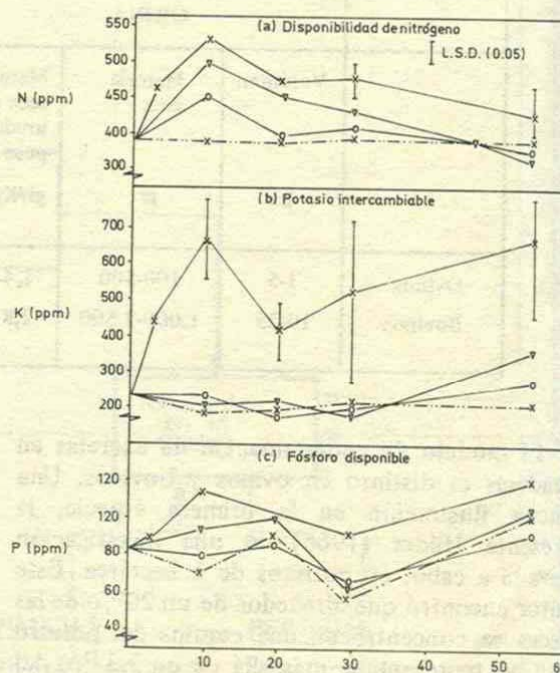


Figura 5. Niveles de nitrógeno, fósforo y potasio a 0,23 cm de profundidad durante los primeros 60 días. Bajo la deposición (x-x), a 19,6 cm (∇ - ∇), a 28,1 cm (o-o) y a 42,1 cm (x---x) de radio desde el centro de la deposición. (MacDiarmid y Watkin, 1972 b).

(Barrow y Lambourne, 1962), no pudiendo ser aprovechado a corto plazo por la comunidad vegetal.

La tasa de degradación de las heces de bovinos en condiciones de zonas húmedas disminuye con el tiempo. MacDiarmid y Watkin (1972 b) encontraron que en los primeros 3 días, después de una fuerte lluvia, gran parte del peso seco de las heces disminuyó y el contenido de fibra ácida detergente aumentó, hecho que señala un desplazamiento rápido de la parte soluble de la deposición en zonas húmedas. En estos casos las pérdidas de nutrientes podrían ser minimizadas por la persistencia del material orgánico de la deposición (Figura 6).

En estas zonas, la deposición desaparece después de 3 meses, pero su efecto continúa por mucho tiempo más. Norman y Green (1958) y Castle y MacDaid (1972) concuerdan que el forraje es rechazado por un período que alcanza de 13 a 18 meses. Según estos últimos autores, la superficie máxima rechazada se produce entre el primer y segundo mes después que las heces son depositadas. En todo caso, la superficie rechazada durante un largo período alcanza a 4 veces el área cubierta por la deposición.

En un comienzo se pensó que el uso de fertilizantes nitrogenados aumentaría la tasa de las deposiciones, pero al parecer esto no es efectivo según lo mostraron Castle y MacDaid (1972). Sin embargo, existe un efecto marcado del momento de la deposición en la tasa de degradación. Así, se ha visto que las deposiciones en verano se degradan más rápido que aquellas que están en la pradera desde la primavera

anteriores (13 y 19 semanas, respectivamente), (Castle y MacDaid, 1972).

La magnitud de la superficie inutilizada por la acumulación de heces de bovinos varía con la presión de pastoreo, pudiéndose alcanzar según Marsh y Campling (1970) valores desde un 5 a un 10% del área cuando la producción alcanza a 1.000 vacas-días. Calculando el área contaminada en los mismos términos a partir de los datos de MacDiarmid y Watkin (1972b), la magnitud de ésta alcanza a un 14,22 y a un 31% de la pradera. Estos datos corresponden a una producción de 1.000 vacas-días con densidades de 13 a 22 animales por hectárea que pastorean una pradera de *Trifolium repens*, *Lolium sp.*, *Dactylis glomerata*, *Poa sp.*, otras gramíneas y malezas. Estos autores indican que el aumento relativo de la superficie contaminada con el incremento en la densidad de carga, estuvo relacionado con el mayor número de defoliaciones, manteniéndose constante la superficie promedio ensuciada en cada una de ellas en cualquier estación del año. Castle y MacDaid (1972) por su parte, estimaron que con una producción de 300 vacas-días la superficie ensuciada alcanzó a un 23% del área.

Para remediar los problemas o cambios que provocan las heces de ovinos y bovinos es necesario considerar un programa de fertilización de la pradera, con el objeto de uniformar el nivel de elementos que actúan como limitantes. Otra posibilidad consiste en transferir mecánicamente los nutrientes de un lugar a otro y, una tercera, en aumentar la presión de pastoreo de la pradera. Pareciera que existe consenso que esta última

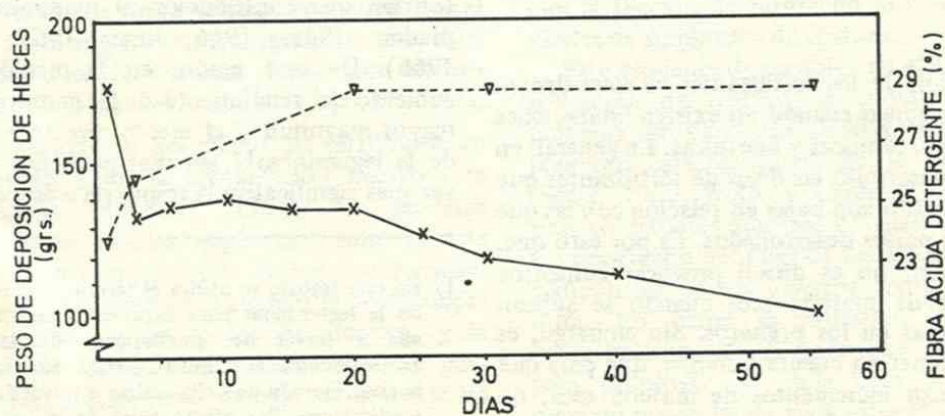


Figura 6. Tasa de pérdida de peso (x-x) y de aumento de fibra ácida detergente (▽-▽) de las heces en una pradera de zona húmeda (Mac Diarmid y Watkin, 1972 b).

medida es la más efectiva para mejorar la utilización de ella. No existe aún información que permita indicar que la devolución de las heces tiene un efecto más bien beneficioso que perjudicial. Desde un punto de vista productivo, pareciera que con una utilización intensiva, si bien las heces no producen un efecto beneficioso, al menos no hay indicios que tenga una acción negativa. Esto no sucedería así cuando la presión de pastoreo es baja.

Para reducir el efecto negativo de las heces se ha propuesto también usar melazas (Marsh y Campling, 1970). Sin embargo, el animal aprende a lamer las hojas y deja al forraje. Otro modo de reducir la cantidad de forraje que el animal evita comer por estar contaminado con heces, consiste en acelerar su descomposición a través del uso de rastras de cadena con el fin de desintegrar las deposiciones. Este medio según Marsh y Campling (1970) podría reducir la producción de la pradera en un 160/o.

Otra práctica encaminada a una mejor utilización de la pradera se basa en cortar las plantas que no fueron consumidas al término del período de pastoreo. Esta labor tiende a evitar que éstas maduren sin ser consumidas por su mala calidad. En la medida que la utilización es más intensiva esta práctica deja de tener importancia.

EFFECTO DEL FERTILIZANTE SOBRE LA CANTIDAD Y LA CUALIDAD DE LA PRODUCCION PRIMARIA

Producción de materia seca y composición florística.

La acción de los fertilizantes es clara dentro de un gran rango cuando no existen limitaciones de humedad, térmicas y lumínicas. En general, en países en desarrollo las dosis de fertilizantes que se han aplicado son bajas en relación con las que se usan en países desarrollados. Es por esto que, por un lado, no es difícil provocar aumentos adicionales de materia seca cuando se aplican dosis elevadas en los primeros. Sin embargo, es necesario tener en cuenta también, que para que se produzcan incrementos de materia seca, no debe haber ningún otro elementos como limitante, hecho que podría ocurrir al elevar las dosis de un elemento determinado. Al fertilizar

con fósforo por ejemplo, podrían encontrarse limitaciones en la respuesta, por estar bajo el nivel crítico, el nitrógeno y el azufre, hecho que se ha mostrado en suelos del sur del país.

Otro aspecto interesante de destacar en esta revisión general, se relaciona con las características de las praderas de estar comúnmente constituidas por varias especies. La fertilización en estas circunstancias puede provocar un cambio en la cantidad de biomasa y en la composición florística que puede adquirir un comportamiento diferente de acuerdo a los nutrientes aplicados y las condiciones ambientales y a las características de la flora.

Un ejemplo sencillo para ilustrar este fenómeno es la aplicación de fertilizantes nitrogenados en praderas compuestas principalmente por leguminosas y gramíneas. Diversos autores han encontrado en este tipo de praderas, respuestas positivas, nulas y negativas (Herriott y Wells, 1960; Ivins y Fernando, 1955; Young, 1958; Cowling, 1961; Silva, 1966; Wolton y Brockman, 1971; INIA, 1969; Carvajal, 1966; INIA, 1967).

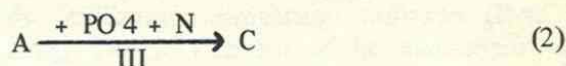
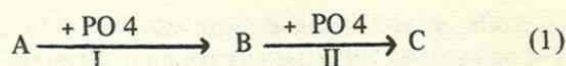
Al elevarse el nivel de nitrógeno como consecuencia del uso de fertilizante, la gramínea produce una mayor cantidad de forraje. Por el contrario, el rendimiento de la leguminosa sufre una depresión, producto de un aumento en la competencia por luz y/o humedad que en estas circunstancias ejercen las especies gramíneas (Stern y Donald, 1962 a y b). Como consecuencia de esta acción se reduce la población de plantas leguminosas, aunque su eliminación total es difícil y, hasta con los niveles más altos de fertilizante nitrogenado ellas realizan una contribución al rendimiento de la pradera, (Silva, 1966; Jones, 1963; Rossiter, 1966). De este modo, en la medida que el aumento del rendimiento de las gramíneas sea de mayor magnitud y el efecto directo e indirecto de la leguminosa^{1/} sea más pequeño, será cada vez más significativa la respuesta a este elemento.

1/ En este trabajo se utiliza el término efecto indirecto de la leguminosa para expresar la contribución de ella a través del rendimiento de las especies acompañantes. Por efecto directo de la leguminosa, la contribución que ella realiza a través de su propio rendimiento. Por efecto total de la leguminosa la contribución que ella realiza a través del efecto indirecto más aquella que realiza por medio de su propio rendimiento.

Indudablemente es más fácil que ello ocurra cuando la participación de la leguminosa no sea alta o el medio ambiente tenga su tasa de crecimiento restringido y, la gramínea asociada tenga el potencial genético para responder en la misma oportunidad a las cantidades de nitrógeno que se le suministra. Por el contrario, si el porcentaje en que participa la leguminosa en la producción de la pradera es alto o el medio ambiente le permite expresar un gran crecimiento, será cada vez más difícil que la respuesta del rendimiento total sea alto (Figura 7).

El conocimiento de este fenómeno tiene de por sí, numerosas aplicaciones prácticas. Un caso particular de ellas es la utilización de fertilizantes nitrogenados en otoño. En esta estación puede ser deseable aumentar la producción de forraje, con el objeto de disminuir la presión de pastoreo o aumentar la carga animal en la época crítica. En Chile se han iniciado investigaciones para averiguar la respuesta de este tipo de praderas a esta modalidad de uso del nitrógeno. Los primeros resultados señalan que en la provincia de Osorno aplicaciones de 48 unidades de este elemento sobre una pradera de trébol blanco y ballica inglesa (*Lolium perenne*), ha producido un aumento en la producción anual de 7,29 a 8,13 toneladas de materia seca por hectárea. En este mismo experimento se ha observado que este efecto favorable del nitrógeno se manifiesta en las primeras utilidades después de la aplicación, particularmente a través de un mayor crecimiento de la gramínea y una menor participación de las malezas (INIA, 1969). Los estudios hechos a este respecto en diferentes suelos del sur de Chile, señalan en general que el efecto del nitrógeno se manifiesta solo si se hace al menos una fertilización basal con fósforo (INIA, 1967; Schenkel et al., 1971 a, b, c, d, e, f).

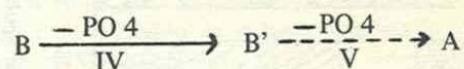
Otra ilustración del efecto del fertilizante en la biomesa y en la composición florística la proporciona Rossiter (1964) en praderas mediterráneas anuales. Según este autor en este tipo de praderas, con trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*) cuando la protocooperación *Rizobium*-leguminosa es efectiva, y la cantidad de fósforo y nitrógeno disponible para las plantas inicialmente es baja, se presenta un modelo a través del tiempo que se puede esquematizar del siguiente modo:



El estado A representa una dominancia de los componentes no leguminosos de la pradera tanto en (1) como en (2).

En (1) el estado B representa una dominancia de la leguminosa y el C una dominancia generalmente de gramíneas.

Por su parte el proceso II depende del nitrógeno fijado por la simbiosis *Rizobium*-leguminosa así como del nivel del fósforo en el suelo. En (2) la dominancia de los componentes no leguminosos de la pradera se alcanza con mayor rapidez con el uso del fertilizante nitrogenado, alcanzándose una condición fija en el estado C, donde solamente ocurren cambios fluctuacionales. Si se detiene el suministro en el estado B, la pradera permanece dominante en leguminosas en un estado B', aún cuando la deficiencia de fosfato llegue a ser muy aguda. Eventualmente la proporción de leguminosa declina al estado A, tal como se muestra más abajo.



Si en el estado B' se aplica fosfato, se produce una disminución de la leguminosa, lo cual sugiere que la fijación de nitrógeno prosigue con bajos niveles de suministro de fósforo.

Este esquema de cambios en el tiempo con la aplicación de fósforo, se cumple no sólo en praderas mediterráneas anuales, sino también en praderas características de la zona húmeda (Sears, 1960; Wolfe y Lazenby, 1973 a y b). Existen estudios aún más detallados que señalan la importancia del nivel de fosfato en la habilidad competitiva de los diversos componentes de la flora. En otros se muestran los diferentes requerimientos de fósforo que son necesarios para promover en cada caso el crecimiento máximo potencial de cada especie y la capacidad de diversas especies que usan el fósforo del suelo (Rossiter, 1964; Asher y Lonegaran, 1967;

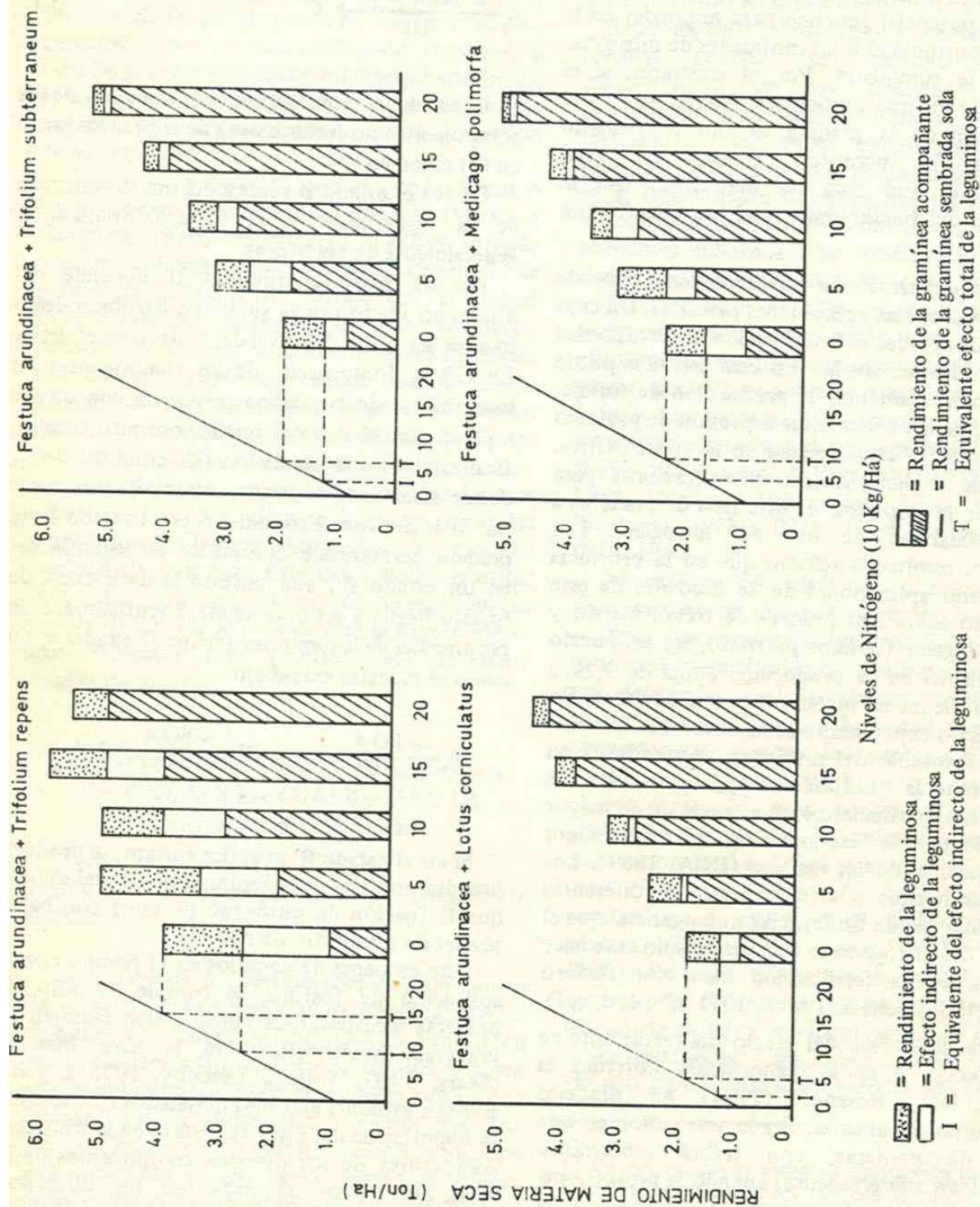


Figura 7. Efecto de las aplicaciones de nitrógeno en praderas compuestas por distintas leguminosas y *Festuca pratense* (Silva, 1966).

Willoughby, 1954; Biddiscombe y Azanne, 1969).

Sin duda, los elementos más estudiados en estos aspectos han sido el nitrógeno y el fósforo. En las últimas décadas se ha reconocido también la importancia del azufre en diversos ambientes, estudiándose aspectos relacionados con el efecto de las fuentes de azufre, relación con otros elementos, tamaño de partículas y efectos indirectos en las biomasa y en los cambios en la composición florística (Bentley y Green, 1954; Wagnon *et al.*, 1958; Williams *et al.*, 1964; McKell y Williams, 1966; Rixon, 1970; CSIRO, 1971; McLachlan, 1974). También se ha estudiado el problema de la lixiviación de azufre aplicado como sulfato, pero los resultados hoy en día aparecen contradictorios (Williams *et al.*, 1964; May *et al.*, 1968; CSIRO, 1970 a y b).

El potasio ha sido uno de los elementos mayores menos estudiados dentro de los ya mencionados. Posiblemente la razón de ello radique en que sólo se hace limitante en agriculturas intensivas.

Los estudios que se han llevado a cabo en Chile con estos elementos son pocos, entre ellos cabe destacar algunos realizados por INIA (1971).

Valor nutritivo.

Al tratar este aspecto se elegirán dos variables que hoy en día se consideran las más importantes: el consumo y la digestibilidad. Además se hará un comentario de los cambios en la composición mineralógica de los forrajes. La literatura de las características cualitativas de los forrajes en relación con el uso de fertilizantes es reducida y, la existente, no muestra que los fertilizantes hayan producido un aumento en el consumo *ad libitum* de forrajes en ensayos en jaulas metabólicas (Holmes y Lang, 1963; Reid *et al.*, 1964; Reid y Jung, 1965; Reid y Jung, 1966). A juicio de Raymond y Spedding (1966) para el caso particular del nitrógeno, existe muy poca evidencia que aumente las características intrínsecas del consumo. Sin embargo, CSIRO (1974), señala que se ha encontrado un aumento en el consumo con la aplicación de azufre en pasto pangola (*Digitaria decumbens*). Al parecer, parte de este aumento se debe a cambios en las características propias de esta gramínea y, parte se debe a que con este fertilizante se aumentó el porcentaje de hojas de las plantas.

Un caso distinto, es aquél que se refiere a la preferencia de los animales. En este campo se ha mostrado un efecto tanto del nivel como del tipo de fertilizante nitrogenado utilizado (Reid y Jung, 1966). También se ha encontrado un efecto preferencial relacionado con el potasio y con el fósforo (Reid y Jung, 1965; Raymond y Spedding, 1966; Ozanne y Howes, 1971). Debe reconocerse no obstante, que esta preferencia por consumir forrajes con más alto nivel de algún elemento, no significa una relación de causalidad entre la preferencia y el elemento, ya que dentro de la planta también se modifican otros compuestos.

La digestibilidad de la materia seca de un forraje de primer corte no se afecta por las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, fosforados y potásicos (Reid y Jung, 1965; Reid *et al.*, 1966; Dent y Aldrich, 1968; Mc Carrick y Wilson, 1966). Aunque debe aceptarse que en nitrógeno ha habido algunas observaciones positivas pero de poca incidencia (Washko y Marriott, 1960; Calder y MacLeod, 1968; Binnie *et al.*, 1974). Con este mismo elemento se ha logrado mejorar la digestibilidad de gramíneas en el segundo corte (Chalupa *et al.*, 1959; Reid y Jung, 1966). Con el azufre al parecer el panorama es distinto y se ha producido un aumento substancial de la digestibilidad de la materia seca de 55 a 60% (CSIRO, 1974). Efectos que tienen la misma tendencia se presentan en McLachlan (1974).

En pastoreo las cosas deben plantearse un tanto diferente, ya que además de tener la posibilidad de cambiarse las características intrínsecas del forraje, se producen cambios en la disponibilidad, en la proporción de componentes morfológicos y en la composición botánica, pudiéndose incluso en algunos casos disminuir el valor nutritivo de la pradera (Raymond y Spedding, 1966). Es por esto que una variable más importante que la digestibilidad de una especie forrajera en particular, es la digestibilidad de los componentes utilizables de la pradera como un todo y, mejor información es la producción de materia seca digestible por unidad de superficie, cuando no existe información sobre consumo.

También es conveniente hacer referencia, dentro del valor nutritivo a los cambios en la composición mineralógica de las plantas de una pradera. En la Figura 8, se señala un esquema

planteado por Norman (1955), para indicar las relaciones generales que existen entre la tasa de aumento de materia seca, el contenido de elementos nutrientes y el suministro de éstos últimos.

De acuerdo a estas relaciones, al suministrar elementos nutrientes a una pradera cuando el contenido de ellos es bajo, se logra en una primera etapa, elevar el rendimiento en materia seca solamente. Sobre el porcentaje mínimo y bajo el crítico se empieza a elevar el contenido de nutrientes dentro de la planta, manteniéndose siempre el aumento de materia seca. La tasa de aumento de la concentración de nutrientes es considerablemente menor que aquella experimentada por la producción de materia seca. En general, dentro de estos niveles, se deberá esperar un aumento del contenido de nutrientes inferior al doble del porcentaje mínimo. Sobre este punto tiene lugar el consumo de lujo que trae consigo un considerable aumento en la concentración de nutrientes. Pero debe destacarse que éste es un nivel difícil de alcanzar y generalmente las plantas crecen en una zona de deficiencia parcial (Norman, 1955).

Sin embargo, este esquema aparentemente sencillo, es en la naturaleza bastante complejo y de difícil predicción, debido a que el contenido de estos elementos varía ampliamente con las especies y variedades, como consecuencia de diferencias en la eficiencia de sus procesos fisiológicos y al impacto que tiene el medio ambiente sobre ellas, a la gran cantidad de elementos nutrientes esenciales, a las interacciones entre ellos y con el medio ambiente y a que las concentraciones de elementos nutrientes varían dentro de cada parte de la planta (Norman, 1955; Vargas *et al*, 1965; Power, 1955; Guerrero *et al*, 1967).

De lo anteriormente expuesto se desprende que la aplicación de fertilizantes en praderas puede conducir a una alta concentración de nutrientes, pero debido a la difícil predicción de este fenómeno y a la baja probabilidad que esto ocurra con dosis moderadas de fertilizantes, en la práctica no es conveniente considerar el mayor rendimiento de materia seca como un sinónimo de un alto contenido de nutrientes (Reith, 1964), e incluso en estas condiciones, podría tener un contenido más bajo de algún elemento esencial que aquellas que proporcionan bajo rendimiento (Norman, 1955). En praderas a las cuales se les

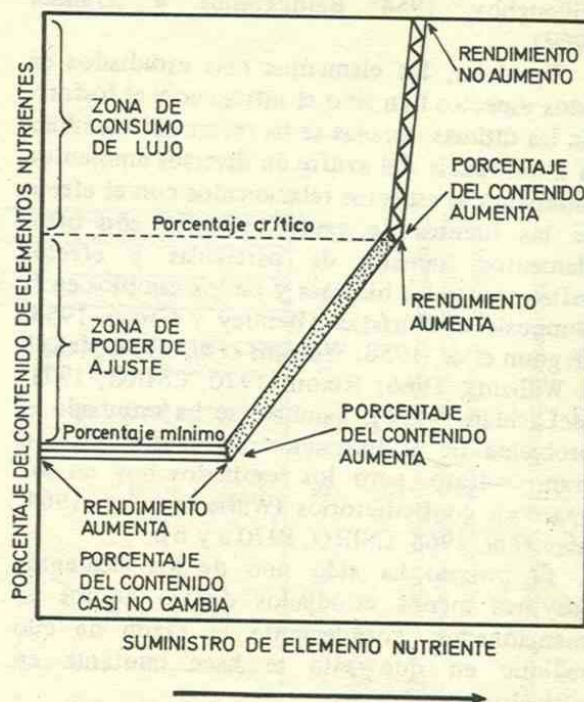


Figura 8. Relaciones entre el suministro de nutrientes y el contenido de ellos en la planta y la producción de materia seca (Norman, 1955).

suministra altas dosis de nutrientes, es muy posible que aumente su contenido en los tejidos, pero no es fácil predecir lo que ocurre con otros nutrientes. De este modo, cuando se fertiliza con altas dosis de K (448 Kg/há), se eleva el porcentaje de K en la planta pero se disminuye el de Mg (Fleming y Murphy, 1968). Además, hay que agregar que el contenido de elementos varía con la madurez y la estación, en general el fósforo, el potasio y el calcio, disminuyen su contenido con la madurez, en tanto que el magnesio, zinc y sodio, varían en su comportamiento.

Leguminosas

Este trabajo se propuso desde su comienzo, como un breve análisis que proporcionará un enfoque del uso de fertilizantes y mostrara los movimientos de nutrientes en praderas pastoreadas. La importancia de las leguminosas como forraje, ha llevado al autor a considerarlas en este trabajo, enfocando el tema desde el punto de vista de la importancia que la proto-cooperación rizobium-leguminosa, tiene como fuente de

nitrógeno para la pradera. Este es un tema de por sí bastante extenso, motivo por el cual, se tratará en esta revisión sólo aquellos aspectos estrictamente vinculados con el flujo del nitrógeno.

Importancia de la protocooperación.

La importancia de este fenómeno es conocida desde fines del siglo pasado, aún cuando el conocimiento de que la leguminosa aumenta la productividad de los suelos es muy anterior (INIA, 1967; Steward, 1967).

Un aspecto que se debe destacar en esta protocooperación en relación al uso de fertilizantes, es el hecho de que el bacterio es un simbiótico facultativo, que se vuelve parasítico cuando el medio en que se desarrolla tiene un alto nivel de nitrógeno (Allos y Bartholomew, 1955). También es conveniente tener presente, que estos microorganismos no tienen los mismos requerimientos que la planta huésped. De este modo, frente a numerosos factores tales como aireación, luz, temperatura, reacción del suelo; nutricionales como fósforo, potasio y nitrógeno o bióticos como interacción con otros microorganismos, secreciones de las plantas acompañantes e insectos pueden tener respuestas diferentes (Von Schreven, 1958).

La magnitud de la cantidad de nitrógeno fijada por estos bacterios es función también de las variedades de rizobios (Jensen, 1958), de las especies y variedades de leguminosas y de la competencia ejercida por las especies asociadas con las leguminosas y por los factores que gobiernan el crecimiento de las especies de la pradera.

Para comprender en su real magnitud la importancia que tiene esta simbiosis para la agricultura, se proporcionan en el Cuadro 2 algunos resultados bajo diversas condiciones ambientales.

Pese a que esta información no es estrictamente comparable, ya que algunas leguminosas se han sembrado solas y otras asociadas con gramíneas y, además, han estado sometidas a diferentes normas de manejo, el modo de estimar la cantidad de nitrógeno aportado ha sido diferente y se han sembrado bajo condiciones ambientales distintas, demuestran por sí solas la enorme ventaja económica que tiene esta fuente de nitrógeno cuando la

simbiosis opera eficientemente. De este modo, el logro de una adecuada protocooperación rizobium-leguminosa, es un punto que debe tenerse siempre presente cuando las condiciones ecológicas lo permiten.

Vías de transferencia de nitrógeno de la leguminosa al resto de la comunidad

La presente posición en relación a la transferencia de nitrógeno de la leguminosa a la gramínea asociada indica cuatro caminos posibles (Martin, 1960):

1. Un movimiento de compuestos nitrogenados de los nódulos de las raíces de la leguminosa, a través del suelo, a las plantas asociadas en la pradera.
2. Una transferencia de productos de descomposición formada por la desgradación de los nódulos y raíces de la leguminosa y, la utilización de estos compuestos por otras plantas en la pradera durante la vida de la leguminosa.
3. Una transferencia de los compuestos nitrogenados a través del pastoreo animal.
4. Una descomposición de la parte aérea y subterránea de las plantas después de arar la pradera.

La medida en que se realizan las dos primeras alternativas no es clara, ni tampoco se sabe bajo que condiciones puede ser uno de ellos dominante.

Numerosos autores sustentan la teoría que el segundo de los caminos es uno de los más importantes en trébol blanco (Butter y Bathurst, 1956). Apoyando esta consideración, estaría el hecho que al disminuir la cantidad de trébol en la pradera, aumenta su contribución indirecta, lo que coincide con los datos proporcionados por Young (1958), que si bien, indican una desintegración de nódulos a través de todo el año, ésta ocurre particularmente en la fase de eliminación del trébol.

Los datos proporcionados por Butter *et al* (1959) y Dilz y Mulder (1965) a su vez, sugieren que en el trébol blanco la defoliación acelera la degradación de los tejidos de las raíces y nódulos y el rebrote de nuevos tejidos, lo cual, permitiría una mayor transferencia de nitrógeno.

El trébol subterráneo, ha sido muy poco usado en estudios relacionados con transferencia de nitrógeno. Trumble y Shapter (1937) y

Cuadro 2. Estimación de cantidad de nitrógeno aportado por diferentes especies leguminosas de acuerdo a diversos métodos.

Autores	Especie leguminosa	Cantidad de N requerida por la gramínea sembrada sola, para reemplazar el efecto.		Especie asociada con la leguminosa en la pradera.	pH del suelo
		Indirecto de la leguminosa	Total de la leguminosa		
Wolton y Brockman, 1971	<i>Trifolium repens</i>	50	100	<i>Festuca pratense</i> , <i>Phleum pratense</i>	
Silva, 1966	<i>Trifolium repens</i>	100	150	<i>Festuca arundinacea</i> .	6,0
Holmes y Maclusk, 1955	<i>Trifolium repens</i>	—	121	12 gramíneas.	—
Wilman, 1961	<i>Trifolium repens</i>	—	184	<i>Lolium sep</i>	—
Cowling y Green, 1956	<i>Trifolium repens</i>	—	162	<i>Dactylis glomerata</i> .	
Wagner, 1954 a y b	<i>Trifolium repens</i> (9-10)	32	80	<i>Dactylis glomerata</i> .	6,5
Cowling, 1961.	<i>Trifolium repens</i>	144	308	<i>Dactylis glomerata</i>	6,0-6,8
Cowling y Lockyer, 1965.	<i>Trifolium repens</i>	33-57	120-205	7 gramíneas	—
Silva, 1966	<i>Trifolium subterraneum</i>	30	50	<i>Festuca arundinacea</i>	6,0
Jones, 1967	<i>Trifolium subterraneum</i> (6)	—	—	—	—
Silva, 1966	<i>Medicago polymorpha</i> (8)	50	80	<i>Festuca arundinacea</i>	6,0
Silva, 1966	<i>Lotus corniculatus</i> (8)	—	50	<i>Festuca arundinacea</i>	6,0
Grable, 1965	<i>Trifolium hybridum</i> (4)	—	90	—	7,7

Trumble y Strong (1937), no detectaron ningún aporte efectivo de nitrógeno en esta especie, sino hasta después de la senescencia de esta planta, Simpson (1965) indica que existe aporte de nitrógeno durante el primer año de crecimiento, por lo menos, no compite con la gramínea con que se asocia durante este lapso. En alfalfa parece que este mecanismo de degradación de los nódulos no fuera el único, pudiéndose realizar también la transferencia por excreción (Simpson, 1965), a pesar de que el mecanismo de degradación de raíces y/o nódulos, pareciera ser una vía de mayor magnitud (Dilz y Mulder, 1965). En esta especie, los resultados obtenidos sugieren que la transferencia de nitrógeno por medio de la excreción, tiene mayor importancia que en el trébol blanco y trébol rosado.

La tercera vía de transferencia de nitrógeno es importante si se considera que entre un 65 a un 70% de este elemento que llega a la planta queda incorporada a la parte aérea de ésta. Estas cifras varían de acuerdo a la cantidad de nitrógeno disponible que haya en el suelo para la planta, así en gramíneas se ha demostrado que con un bajo nivel de este elemento en el suelo, un 40% de él se encuentra en la raíz, en tanto que con un nivel de 200 Kg de N por hectárea el 29% del total absorbido por la planta

permanece en la raíz (Pink y Allison, 1947; Peterson y Bendixen, 1961 y Walker *et al*, 1954). Sin embargo, la eficiencia con que el animal devuelve el nitrógeno a la pradera disminuye el impacto que ésta debería tener de acuerdo a estas cifras (ver efecto del retorno de excrementos).

Estos antecedentes permiten suponer que, en general, la transferencia de nitrógeno en una mezcla gramínea-leguminosa adquiera mayor importancia en el segundo año que durante el primero, y es por consiguiente, desde entonces cuando se debe empezar a esperar un efecto de la leguminosa en una mezcla.

Efecto de la protooperación en la fertilidad del suelo

En numerosas investigaciones también se ha destacado en el hecho que la leguminosa es capaz de mejorar el nivel de nitrógeno disponible para el cultivo siguiente, cuando la protooperación rizobium-leguminosa se ha llevado a cabo eficientemente. En la Figura 9 se muestra el esquema presentado por Sears (1960), para señalar el papel que desempeña la leguminosa forrajera en la nutrición del nitrógeno dentro del campo agrícola.

En ella se puede apreciar que la presencia de la leguminosa está altamente relacionada con el

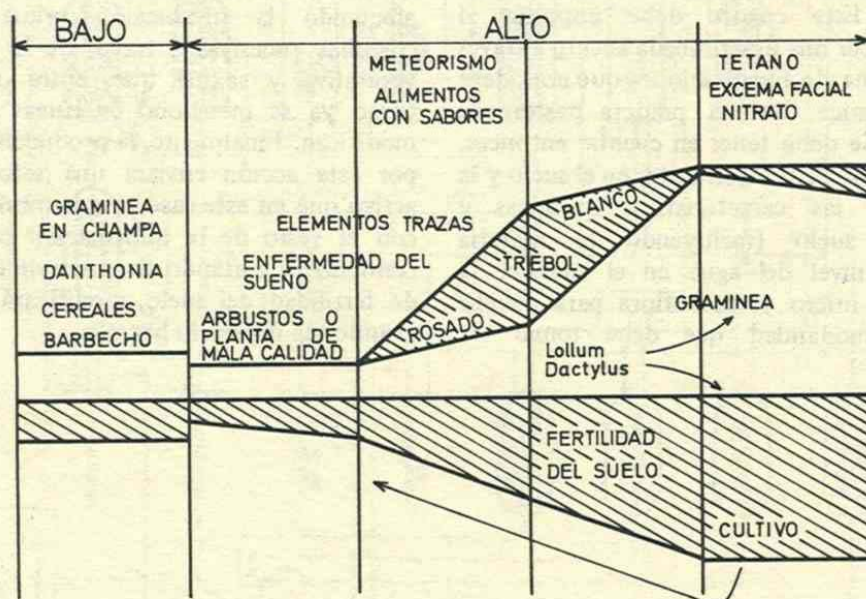


Figura 9. Representación gráfica del desarrollo de la pradera, fertilidad del suelo y ocurrencia de algunos problemas animales en diferentes estados de desarrollo de la primera (Sears, 1960).

aumento de nitrógeno en el suelo, aumentando la cantidad de gramíneas en la medida que hay mayor cantidad de nitrógeno disponible. Esta acumulación de nitrógeno es susceptible de ser aprovechada por un cultivo posterior a la pradera eliminando o disminuyendo las fertilizaciones a este último con la consiguiente disminución en los costos. Rixon (1969), también ha encontrado un efecto similar destacando que las diferencias en el efecto residual de la leguminosa se deban más bien a especies anuales y perennes que a especies forrajeras dentro de cada uno de estos grupos. El efecto más beneficioso de las praderas perennes en este estudio, se debió en parte, a que éstas se encontraban bajo riego y las anuales en secano. Este hecho según este autor podría tener efecto en la población microbiológica y/o en las propiedades bioquímicas de la materia orgánica acumulada.

UNA APROXIMACION INTEGRATIVA

En esta aproximación se considera que los fertilizantes son una de las herramientas útiles para elevar la producción de las praderas y/o inducir cambios en la composición botánica y, que la determinación de su uso depende esencialmente del nivel de producción deseado, de las características climáticas y de aspectos económicos. Este cuadro debe impulsar al hombre a ejercer una determinada acción a través de un programa de fertilizaciones que considere toda la dinámica de una pradera pastoreada (Figura 10). Se debe tener en cuenta entonces, los movimientos de los nutrientes en el suelo y la influencia de las características químicas y físicas del suelo (incluyendo la materia orgánica), el nivel del agua en el suelo y la población de micro y macroflora para decidir cual es la modalidad que debe tomar un

programa de fertilizaciones para minimizar las pérdidas y aumentar la eficiencia del proceso desde su primera etapa.

Se podría indicar arbitrariamente que aquí comienza una nueva etapa en la cual la utilización de los nutrientes va a estar dada principalmente por el nivel del agua del suelo, la energía solar, la temperatura, la proporción de componentes botánicos, la densidad, la cubierta y la distribución de la vegetación, factores estos tres últimos que en último término son función del índice y del método de utilización de la pradera. La temperatura en el microambiente también va a depender de su grado de utilización. Estos factores determinan entonces en gran medida la característica de la producción primaria.

En una tercera etapa se debe visualizar la utilización de este nivel, el cual va a estar en función del consumo animal, el que a su vez, depende de la cantidad de materia seca producida, del estado de madurez, la composición botánica, los componentes morfológicos presentes, la densidad de carga y la cantidad de forraje ensuciado. Aunque la primera determine en gran medida la segunda, produce un efecto contrario al ensuciado, ya que de este modo se obliga al animal a rechazar menos cantidad de forraje contaminado. Por otra parte, en la medida que la utilización sea más intensiva, se está afectando la producción primaria para las cosechas sucesivas a través de la reproducción vegetativa y sexual que, entre otros factores como ya se mencionó en líneas anteriores, la modifican. Finalmente, la producción conseguida por esta acción enviará una señal al receptor activo que en este caso es el hombre, quien junto con el resto de la información considerada al comienzo y tratando de predecir el nuevo nivel de fertilidad del suelo, modificará su programa cuando sea necesario hacerlo.

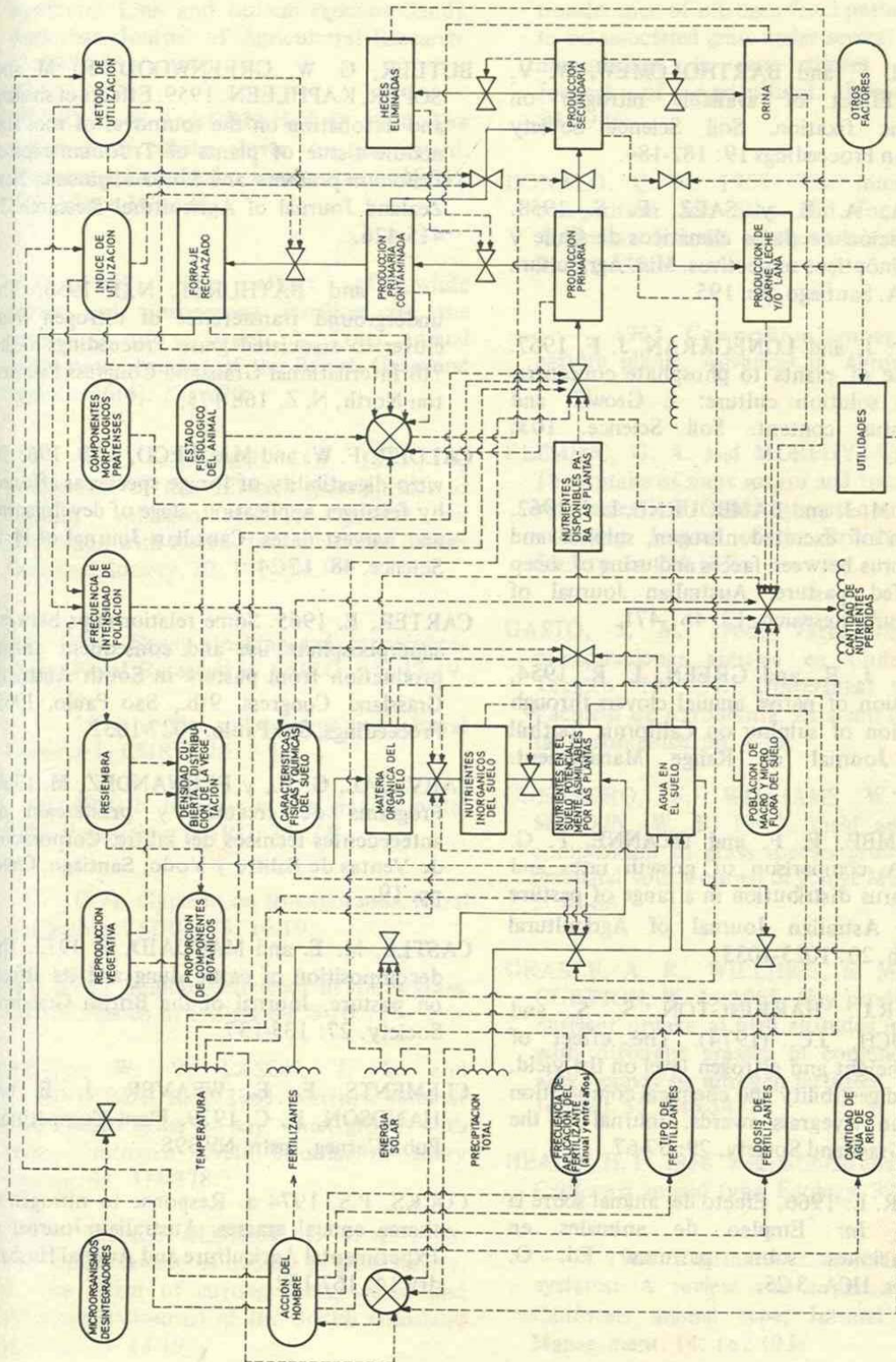


Figura 10. Proposición de un diagrama de flujo de nutrientes en una pradera pastoreada.

LITERATURA CITADA

- ALLOS, H. F. and BARTHOLOMEW, W. V. 1955. Effect of available nitrogen on symbiotic fixation. Soil Science Society American Proceedings 19: 182-184.
- ALMEYDA, A. E. y SAEZ, F. S. 1958. Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos. Min. Agricultura y DTICA. Santiago, pp. 195.
- ASHER, C. J. and LONEGARAN, J. F. 1967. Response of plants to phosphate concentration in solution culture: I. Growth and phosphorus content. Soil Science. 103: 225-233.
- BARROW, M. J. and LAMBOURNE, L. J. 1962. Partition of excreted nitrogen, sulphur and phosphorus between faeces and urine of sheep being fed pasture. Australian Journal of Agricultural Research. 13: 461-471.
- BENTLEY, J. R. and GREEN, L. R. 1954. Stimulation of native annual clovers through application of sulphur on California foothill range. Journal of Range Management. 7:25-30.
- BIDDISCOMBE, E. F. and OZANNE, P. G. 1969. A comparison of growth rates and phosphorus distribution in a range of pasture species. Australian Journal of Agricultural Research. 20: 1023-1033.
- BINNIE, R.C. HARRINGTON S. S. and MURDOCH, J.C. (1974). The effect of cutting height and nitrogen level on the yield, in vitro digestibility and chemical composition of Italian Ryegrass swards. Journal of the British Grassland Society. 29: 57-67.
- BLASER, R. E. 1966. Efecto del animal sobre la pastura. In: Empleo de animales en investigaciones sobre pasturas. Ed. O. Paladines. IICA. 3-25.
- BUTLER, G. W. GREENWOOD, R. M. and SOPER, KAPHLEEN. 1959. Effects of shading and defoliation on the turnover of root and nodule tissue of plants of *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* and *Lotus uliginosus*. New Zealand Journal of Agricultural Research. 2: 415-426.
- . and BATHURST, N.O. 1956. The underground transference of nitrogen from clover to associated grass. Proceedings of the 7th International Grassland Congress Palmerston North, N. Z. 168-175.
- CALDER, F. W. and MACLEOD, L. B. 1968. In vitro digestibility of forage species as affected by fertilizer application, stage of development and harvest dates. Canadian Journal of Plant Science. 48: 17-24.
- CARTER, E. 1965. Some relationships between superphosphate use and consequent animal production from pasture in South Australia. Grassland Congress, 9th., Sao Paulo, 1965. Proceedings, Sao Paulo, 1027-1032.
- CARVAJAL, G. L., y FERNANDEZ, M. 1966. Programa de creación y promoción de antecedentes técnicos del salitre. Corporación de Ventas de Salitre y Yodo, Santiago, Chile. pp. 19.
- CASTLE, M. E. and MACDAID, E. 1972. The decomposition of cattle dung and its effects on pasture. Journal of the British Grassland Society. 27: 133-137.
- CLEMENTS, F. E. WEAVER, J. E. and HANDSON, H. C. 1929. Plant Competition. Publ. Carneg. Instn. N° 398.
- COCKS, P.S. 1974 a. Response to nitrogen of three annual grasses. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 14: 167-172.

- , P.S. 1974b. The influence of density and nitrogen on the outcome of competition between two annual pasture grasses (*Hordeum leporinum* Link and *Lolium rigidum* Gand). Australian Journal of Agricultural Research. 25: 247-258.
- COWLING, D. W. and GREEN, J. D. 1956. The influence of white clover on the sward. European Grassland Conference (1954). DEEC Paris 169-174.
- , 1961. The effect of white clover and nitrogenous fertilizer on the production of a sward. I. Total annual production. Journal of the British Grassland Society. 16(4): 281-290.
- , and LOCKYER, D.R. 1965.. A. comparison of the different grass species to fertilize nitrogen and to growth on association with clover. Journal of the British Grassland Society. 20: 197-204.
- CSIRO. 1968. Heavy stocking and superphosphate. Rural Research in CSIRO, 61: 17-19.
- , 1970 a. The soil sulphur pool. Rural Research in CSIRO. 70: 2-5.
- , 1970 b. Sulphur in the grazing cycle. Rural Research in CSIRO. 70: 7-9.
- , 1971. Gypsum on irrigated soils. Rural Research in CSIRO. 73: 16-19.
- CSIRO. 1974. Sulphur deficiency in young grass. Rural Research in CSIRO. 84: 8-10.
- CHALUPA, W. V. CASON, J. L. and BAUMGARDT, B. R. 1961. Nutritive value of seed canary grass as hay when grown with various nitrogen levels. Journal of Dairy Science. 44: 874-878.
- DENT, J. W. and ALDRICH, D. I. A. 1968. Systematic testing of quality in grass variety. 2. The effect of cutting dates, season and environment. Journal of the British Grassland Society. 23: 13-19.
- DILZ, K. and MULDER, E. G. 1965. Plant and soil. 16: 229-237. 1962. (Original no consultado; citado por Simpson, J. R. The transference of nitrogen from pasture legumes to on associated grass under several systems of management in pot culture. Australian Journal of Agricultural Research. 16: 915-926.
- DONALD, C. M. 1958. The interaction of competition for light and for nutrients. Australian Journal of Agricultural Research. 9: 421-435.
- , 1963. Competition among crop and pasture plants. Advances in Agronomy. 15: 1-118.
- FLEMING, G. A. and MURPHY, W. E. 1968. The uptake of some mayor and trace elements by grasses as affected by season and stage of maturing. Journal of the British Grassland Society. 2: 174-185.
- GASTO, J. M. 1966. Variaciones de las precipitaciones anuales en Chile. Boletín Técnico N° 24. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Estación Experimental Agronómica. pp. 4-20.
- GUERRERO, F., WILLIAMS W. A. and MARTIN, W. E. 1967. Yield and mineral composition of grass species grown on acid grassland soils. Journal of Range Management. 2: 84-88.
- GRABLE, A. R., WILLHIPE, S. M. and Mc CUISPION, W. L. 1965. Hay production and nutrient uptake at high altitudes in Colorado with different grasses in conjunction with alsike clover or nitrogen fertilizer. Agronomy Journal. 57: 543-547.
- HEADY, H. F. 1958. Vegetational changes in the California annual type. Ecology. 39: 402-416.
- , 1961. Continuous vs. specialized grazing systems: A review and application to the California annual type. Journal of Range Management. 14: 182-193.

- HERRIOTT, J. B. D. and WELLS, D. 1960. Clover nitrogen and sward productivity. *Journal of the British Grassland Society*. 15: 63-69.
- , and WELLS, D.A. 1963. The grazing animal and sward productivity. *Journal of the Agricultural Science*. 61: 90-99.
- HILDER, E. J. 1966. Rate of turnover of elements in soils: The effects of stocking rate. *Wool technology and sheep breeding*. 13: 11-16.
- HOLMES, W. and MACLUSKY, D. S. 1955. The intensive production of herbage for crop-drying. IV. A study of the effect of intensive nitrogen fertilizer treatment on species and strains of grass, grown alone and with white clover. *The Journal of Agricultural Science*. 46: 267-286.
- HOLMES, J. C. and LANG, R. W. 1963. Effects of fertilizer nitrogen and herbage dry matter content on herbage intake and digestibility in bullocks. *Animal Production*. 5: 17-26.
- INIA. 1965. Praderas de Secano y Producción Animal. Primera Memoria Anual del Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 1964-1965. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. pp. 94.
- 1967. Praderas de Zonas Húmedas. Tercera Memoria Anual del Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 1966-1967. Ministerio de Agricultura. Santiago - Chile. pp. 170.
- 1969. Praderas de Zonas Húmedas. *Agricultura Técnica*. Suplemento. 29: 193.
- 1971. Praderas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. pp. 185-222.
- IVINS, J. D. and FERNANDO, G. W. E. 1955. Interaction of nitrogenous fertilizers and white clover in ungrazed swards. *Agriculture*. 61: 549-552.
- JENSEN, H. L. 1958. (Contin). Nutrition of the legumes. pp. 75-86. London Butterworths Sci. Publ. (Original no consultado; citado por Lineham, P. A. y Lowe, J. Yielding capacity and grass/clover ratio of herbage swards as influenced by fertilizers treatment. In: *International Grassland Congress 8th., Reading, 1960. Proceedings, Reading, 1960.* pp. 133-137).
- JONES, M. B. 1963. Yield, percent nitrogen and total nitrogen uptake of various California annual grassland species fertilized with increasing rates of nitrogen. *Agronomy Journal*. 55: 252-257.
- , 1967. Forage and nitrogen production by subclover-grass and nitrogen fertilized California Grassland. *Agronomy Journal*. 59(3): 209-214.
- LETELIER, A. E. 1950. Abonos. Siete años de investigación agrícola. Dirección General de Agricultura de Chile. Santiago, Chile. pp. 219.
- , 1965. Uso actual y necesidad potencial de fertilizantes en la agricultura chilena. (II). *Agricultura Técnica*. 25: 137-154.
- , 1967. Manual de fertilizantes para Chile. Ed. del Pacífico. pp. 71-76; 81-85.
- LONEGARAN, J. F. and ASHER, C. J. 1967. Response of plants to phosphate concentration in solution culture: II Rate of phosphate absorption and its relation to growth. *Soil Science*. 103: 311-318.
- MACDIARMID, B. N. and WATKIN, B. R. 1971. The cattle dung patch. 1. Effect of dung patches on yield and botanical composition of surrounding and underlying pasture. *Journal of the British Grassland Society*. 26: 239-245.
- , and WATKIN, B. R. 1972. a. The cattle dung patch. 2. Effect of a dung patch on the chemical status of the soil and ammonia nitrogen losses from the patch. *Journal of the British Grassland Society*. 27: 43-47.

- , and WATKIN, B.R. 1972 b. The cattle dung patch. 3. Distribution and rate of decay of dung patches and their influence on grazing behaviour. *Journal of the British Grassland Society*. 27: 48-54.
- MARSH, R. and CAMPLING, R. C. 1970. Fouling of pastures by dring. *Herbage Abstracts*. 40: 123-130.
- MAY, P. F., TILL, A. R. and DOWNES, A. M. 1968. Nutrient cycling in grazed pastures. I. A preliminary investigation on the use of (35S) Gypsun. *Australian Journal of Agriculture Research*. 19: 531-543.
- Mc KELL, C. M. and WILLIAMS, W. A. 1966. Effects of a Mediterranean-type environment on sulphur nutrition on annual forage legumes. In: *Grassland Congress 9th., Sao Paulo*. 1965. Proceedings. Sao Paulo. 439-442.
- MARTIN, T. W. 1960. The role of white clover in grassland. *Herbage Abstracts*. 30: 159-164.
- Mc CARRICK, R. B. and WILSON, R. K. 1966. Effects of nitrogen fertilization of mixed sward on herbage yield, dry matter, digestibility and voluntary intake of the conserved herbage. *Journal of the British Grassland Society*. 21: 195-199.
- Mc MEECKAN, C. P. 1960. Grazing management. In: *International Grassland Congress, 8th., Reading, 1960. Proceedings, Reading*. 21-26.
- McLACHLAND, K. D. 1974. Handbook on sulphur in Australian Agriculture. CSIRO. Australia, Melbourne. pp. 85.
- NORMAN, Q. G. 1955. Influence of environmental factors on plant composition. In: *Centennial Symposium-Nutrition of Plants Animals Man. Michigan, 1955, Symposium Michigan*. 14-19.
- NORMAN, M.S.T. and GREEN, J. O. 1958. The local influence of cattle dung and urine upon the yield and botanical composition of permanent pasture. *Journal of the British Grassland Society*. 13:39-45.
- OZANNE, P. 'G. and HOWES, K. M. W. 1971. Preference of grazing sheep for pasture of high phosphate content. *Australian Journal of Agricultural Research*. 22: 941-950.
- PETERSON, M. L. and BENDIXEN, L. E. 1961. Plant competition in relationship to nitrogen economy. *Agronomy Journal*. 53: 45-49.
- PINK, L. A. and ALLISON, F. E. 1947. The effect of rate of nitrogen application upon the weight and nitrogen content of the roots of sudangrass. *Journal of the American Society of Agronomy*. 39:634-637.
- POWER, J. F., SWENSON, R. M. and COOK, R. L. 1955. Effects of fertilizer practices on plant composition. Greenhouse Results. In: *Centennial Symposium Nutrition of Plants. Animal. Man. Michigan, 1955. Symposium, Michigan*, 27-31.
- RAYMOND, W. F. and SPEEDING, C. R. W. 1966. Nitrogenous fertilizers and the feed value of grass. In: *Nitrogen and Grassland Proceedings 1st. General Meeting of the European Grassland Federation. Wageningen, 1965*.
- SCHENKEL, G. S. *et al* 1970. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. I. Experiencia preliminar. *Agricultura Técnica (Chile)*. 30: 173-187.
- , *et al* 1971. a. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. II. Método usado. *Agricultura Técnica. (Chile)*. 31: 6-9.
- , *et al* 1971. b. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. III. Cálculo de las líneas de fertilidad sobre el diagrama de fertilidad. *Agricultura Técnica. (Chile)*. 31: 106-115.
- , *et al* 1971. c. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. IV. Macronutrientes, Provincia de Malleco. *Agricultura Técnica. (Chile)*. 31: 129-135.

- , *et al* 1971 d. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. V. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, Provincia de Malleco. Agricultura Técnica (Chile). 31: 136-142.
- , *et al* 1971 e. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. VI. Macronutrientes. Provincia de Cautín. Agricultura Técnica. (Chile). 31: 169.
- , *et al* 1971 f. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. VII. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, Provincia de Cautín. Agricultura Técnica. (Chile). 31: 181-190.
- , *et al* 1972 a. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. VIII. Macronutrientes, Provincia de Valdivia. Agricultura Técnica. (Chile). 32: 37-48.
- , *et al* 1972 b. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. IX. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización. Provincia de Valdivia. Agricultura Técnica. (Chile). 32: 48-55.
- , *et al* 1972 c. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. X. Macronutrientes. PrProvincia de Osorno, Agricultura Técnica (Chile). 32: 99-111.
- , *et al* 1973 a. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XI. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, Provincia de Osorno. Agricultura Técnica (Chile). 33: 53-72.
- , *et al* 1973 b. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XII. Macronutrientes, Provincia de Llanquihue. Agricultura Técnica. 33: 111-121.
- , *et al* 1973 c. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XIII. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilizaciones, Provincia de Llanquihue. Agricultura Técnica (Chile). 33: 121-128.
- , *et al* 1973 d. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XIV. Macronutrientes, Provincia de Chiloé. Agricultura Técnica. (Chile). 33: 214-224.
- , *et al* 1974 a. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XV. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización Provincia de Chiloé. Agricultura Técnica (Chile). 34: 19-29.
- , *et al* 1974 b. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XVI. Macronutrientes, Provincia de Magallanes, Continente. Agricultura Técnica (Chile). 34: 68-83.
- , *et al* 1974 c. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XVII. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, Provincia de Magallanes, Continente. Agricultura Técnica (Chile). 34: 116-136.
- , *et al* 1974 d. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XVIII, Provincia de Aysén. Agricultura Técnica (Chile). 34: 189-200.
- SEGOVIA, A. 1961. Informe interno del Programa de Fertilidad del suelo. Ensayos de Secano. Estación Experimental. Agronómica. Rinconada, Maipú. Universidad de Chile.
- SEMPLE, A. T. 1970. Grassland Improvement. Ed. Leonard Hill Books. pp. 400.
- REID, R. L., CLARK, B. and JUNG, G. A. 1964. Studies with sudan-grass. II. Nutritive evaluation by *in vitro* and *in vivo* methods. Agronomy Journal. 56: 537-542.
- , and JUNG, G. A. 1965. The influence of fertilizer treatment on the intake, digestibility and palatability of tall fescue hay. Journal of Animal Science. 24: 615-625.
- , and JUNG, G. A. 1966. Nitrogen fertilization in relation to the palatability and nutritive value of Orchardgrass. Journal of Animal Science. 25: 636-645.

- REITH, J. W. S. and INKSON, R. H. E. 1964. The effects of fertilizers on herbage production. 2. The effect of nitrogen phosphorus and potassium on botanical and chemical composition. *Journal of the Agricultural Science*. 63: 209-219.
- RIXON, A. V. 1969. The influence of annual and perennial irrigated pastures on soil fertility as shown by the yield and quality of a subsequent wheat crop. *Australian Journal of Agricultural Research*. 20: 243-255.
- RIXON, A. J. 1970. Effect of gypsum on utilization of nitrogen applied to an irrigated pasture on a relatively impermeable soil. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 10: 610-613.
- ROSSITER, R. C. 1964. The effect of phosphate supply on the growth and botanical composition of annual type pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*. 15: 61-76.
- , 1966. Ecology of the Mediterranean annual-type pasture. *Advances in Agronomy*. 18: 1-56.
- SEAR, P. O. 1960. Grass/clover relationship in New Zealand. In: *International Grassland Congress, 8th., Reading, 1960. Proceedings*, Reading. 21-26.
- SILVA, G. M. 1966. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno y leguminosas asociadas sobre la producción de una pradera. Tesis, M. S. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. La Estanzuela, Uruguay. pp. 92.
- SIMPSON, J. R. 1965. The transference of nitrogen from pasture legumes to on associated grass under several system of management in post culture. *Australian Journal of Agricultural Research*. 16: 915-926.
- SPEEDING, C. R. W. 1971. *Grassland Ecology*. Oxford. pp. 195.
- STERN, W. R. and DONALD, C. M. 1962 a. Light relationship in grass clover swards. *Australian Journal of Agricultural Research*. 13: 599-614.
- , and DONALD, C. M. 1962. b. The influence of leaf and radiation on the growth of clover in swards. *Australian Journal of Agricultural Research*. 13: 615-623.
- STEWART, W. D. P. 1967. Nitrogen fixing plants. *Science N. Y.* 1958 (3807): 1426-1432.
- STODDART, L. A. and SMITH, A. D. 1955. *Range Management*. Ed. Mc. Graw-Hill Book Company Inc. New York. pp. 433.
- TRUMBLE, H. C. and SHAPTER, R. E. 1937. *Bull Coun. Sci. Industr. Res. Austr.* N° 105.
- , and STRONG, T. H. 1937. *Bull. Coun. Sci. Industr. Res. Austr.* N° 105.
- VARGAS, M. U. et al. 1965. Composición de los alimentos de uso en Ganadería y Avicultura. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile, pp. 33.
- VARGAS, M.U.; URBA, M.; ENERO, R., BAEZ, H.; PARDO, P. y VISCONTI, C. 1965. Composición de los alimentos de uso en Ganadería y Avicultura. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile, pp. 33.
- VON SCHREVEN, D. A. 1958. (Cont. in). *Nutrition of the legumes*, pp. 137-163, London; Dutterworths Sci. Publ. (Original no consultado, citado por Lineham, P. A. y Lowe, J. 1960. Yielding capacity and grass/clover ratio of herbage swards as influenced by fertilizers treatment in *International Grassland Congress, 8th., Reading, 1960. Proceedings Reading*, 133-137.
- WAGNER, R. E. 1954 a. Influence of legume and fertilizer nitrogen on forage production and botanical composition. *Agronomy Journal*. 46: 167-171.

- , 1954 b. Legume nitrogen versus fertilizer nitrogen in protein production of forage. *Agronomy Journal* 46: 233-237.
- WAGNON BENTLEY, J.R. y GREEN, L.R. 1958. Steer gains on annual range pastures fertilized with sulphur. *Journal of Range Management*. 11: 177-182.
- ORCHISTON, N. D. and ADAMS, A. F. R. 1954. The nitrogen economy of grass/legume associations. *Journal of British Grassland Society*. 9: 249-274.
- WASHKO, J. B. and MARRIOTT, L. F. 1960. Yield and nutritive value of grass herbage as influenced by nitrogen fertilization in the Northeastern United States. In: *International Grassland Congress, 8th. Reading, Proceedings, Reading*, 137-141.
- WATKIN, B. R. 1954. The animal factor and levels of nitrogen. *Journal of the British Grassland Society*. 9: 35-46.
- WHEELER, J. L. 1958. The effect of sheep excrete and nitrogenous fertilizer on the botanical composition and production of a hay. *Journal of the British Grassland Society*. 13: 196-202.
- WILLIAMS, A. W. Mc KELL, C. M. and REPERT, J. N. 1964. Sulphur fertilization of an annual-range soil during years of below-normal rainfall. *Journal of Range Management*. 17: 1-4.
- WILMAN, D. 1961. Clover and fertilizer nitrogen in relation to grassland productivity, PhD. Thesis, Univ. of Leeds (Original no consultado, citado por Cowling, D. W. The effect of white clover and nitrogenous fertilizer on the production of a sward. *Journal of the British Grassland Soc.* 16: 281-291).
- WILLOUGHBY, W. M. 1954. Some factors affecting grass-clover relationship. *Australian Journal of Agricultural Research*. 5: 157-180.
- WOLFE, E. C. and LAZENBY, A. 1973 a. Grass-white clover relationships during pasture development. 2. Effect on superphosphate. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 13: 567-574.
- and LAZENBY, A. 1973 b. Grass-white clover relationship during pasture development. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 13: 575-580.
- WOLTON, K. M. and BROCKMAN, J. S. 1971. The effect on fertilizer nitrogen and white clover on herbage production. *Journal of the British Grassland Society*. 25: 7-18.
- YOUNG, D. J. B. 1958. A study of the influence of nitrogen on the root weight and nodulation of white-clover in a mixed sward. *Journal of the British Grassland. Soc.* 13: 116-114.