

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE AGRONOMIA

**Estudio del Desarrollo Radicular de algunas
Especies Forrajeras Nativas en
estado de Plántula**

TESIS PRESENTADA COMO
PARTE DE LOS REQUISITOS
PARA OPTAR AL TITULO
DE INGENIERO AGRONOMO

JUAN MIGUEL GASTÓ CODERCH

SANTIAGO DE CHILE

1960

AGRADECIMIENTOS.-

Deseo expresar mis agradecimientos a los Señores Profesores, Ingenieros Agronomos, Agustín Cano, Carlos Muñoz y especialmente Edmundo Pisano y Mario Rogers por su valiosa colaboración en la realización de la presente Tesis.-

Ademas a la Señorita Mercedes San Martín, del Ministerio de Agricultura.-

INTRODUCCION

CAPITULO PRIMERO

REVISION BIBLIOGRAFICA

Métodos de estudio de las raíces	3
Lavado de las raíces	5
Descripción de las raíces	6
Crecimiento de las raíces	6
Desarrollo y supervivencia de las plántulas	7
Resistencia a la sequía	9
Variaciones genéticas y ecológicas de las raíces.....	13

CAPITULO SEGUNDO

MATERIAL Y METODO

Material	16
Método	18

CAPITULO TERCERO

PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

<i>Nassella chilensis</i> (Trin) Des. Rinconada	22
<i>Nassella chilensis</i> (Trin) Des. Las Condes	26
<i>Bromus unioides</i> HBK	29
<i>Poa holciformis</i> Presl	32
<i>Stipa papposa</i> Nees	35
<i>Trifolium glomeratum</i> L.....	38
<i>Phalaris tuberosa</i> var. <i>stenoptera</i> (Hack) Hitch.....	42

CAPITULO CUARTO

INTERPRETACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Largo mayor de las raíces	45
Largo medio de las raíces	46
Número de raíces	48
Número de hojas y de tallos	49
Largo mayor de las hojas y altura de la planta	50
Peso de las raíces y peso de la parte aérea	52
Correlación	53

CAPITULO QUINTO

CONCLUSIONES Y RESUMEN

Conclusiones	54
Resumen	55
Summary	57

APENDICE	58
----------------	----

BIBLIOGRAFIA	68
--------------------	----

I N T R O D U C C I O N

En las zonas áridas y semiáridas de Chile Central, existen ciertas especies perennes de gramíneas y leguminosas nativas que posiblemente sean de gran valor forrajero para su cultivo en condiciones de secano. Antiguamente estas especies estaban distribuídas en toda la zona, pero en la actualidad sólo se las encuentra en forma natural como integrantes de la pradera en aquéllos sitios inaccesibles al ganado o poco frecuentados por él. Estas especies y otras anuales de alto valor nutritivo y de gran palatabilidad muestran tendencia a desaparecer dando entonces lugar a la invasión de los sitios que éstas ocupaban por plantas anuales de valor forrajero escaso de baja palatabilidad lo que trae como consecuencia una degradación paulatina de la pradera.

En condiciones ecológicas no alteradas existe un equilibrio entre las especies que forman la pradera natural. Las modalidades de mal manejo que desde hace mucho tiempo existen han destruído esta situación y han dado paso a la invasión progresiva de plantas anuales, desapareciendo, en muchos casos, completamente las perennes. Esto se ha visto traducido en una menor carga animal por unidad de superficie.

Existe en estas especies una mala adaptabilidad ecológica a las condiciones alteradas de habitat en que viven. En estado de planta adulta son capaces de vivir y desarrollarse normalmente, pero en estado de plántula no compiten favorablemente con las anuales y les resulta muy difícil su establecimiento. En esta forma el stand de plantas perennes va disminuyendo a medida que desaparecen las adultas, pues se observa que el establecimiento de nuevas plantas de este tipo es insuficiente o simplemente no existe, o sea, que la regeneración es inferior a la desaparición de las ya existentes.

Se ha pensado que las características del desarrollo foliar y radicular de estas especies pueda ser el factor limitante al éxito de su establecimiento en competencia con especies malezas. Estas últimas, pertenecientes al grupo de las efímeras, que escapan al período de sequía estival, completando su ciclo de desarrollo cuando el terreno tiene aún cierta cantidad de humedad, son capaces de hacer un mejor uso del agua del suelo y formar una cubierta más densa desplazando así a las especies forrajeras perennes de desarrollo más lento.

A fin de comprobar esta hipótesis se ha planeado la presente tesis, eligiéndose como testigo para apreciar las modalidades del crecimiento de las primeras hojas y raíces de las forrajeras nativas perennes a la especie introducida de más amplio uso en regiones climáticamente comparables

a la nuestra, como es el Phalaris tuberosa var. stenoptera (Hack) Hitch.

La importancia potencial de estas especies de forrajeras nativas perennes es considerable. Ya el mero hecho de su confinamiento actual a localidades protegidas del talaje excesivo por el ganado, indica su palatabilidad y valor como fuente de alimentos. Si a esto se suma el hecho de que, a pesar de sus dificultades para establecerse en competencia con malezas anuales, son especies adaptadas a nuestras condiciones ecológicas, es fácil comprender el interés que su estudio ha despertado entre botánicos, especialistas en plantas forrajeras y mejoradores de plantas, tanto chilenos como extranjeros, con miras a un posible aprovechamiento como especies forrajeras.-

Reconocemos que en esta tesis se han deslizado algunos errores, pero esperamos que ellos no afecten fundamentalmente los resultados. Su causa principal ha sido la falta de experiencia en la solución de problemas presentados durante su desarrollo, situación que puede ser paliada al considerar que éste es el primer trabajo sobre este tema ejecutado en el país y se ha carecido de instrumental adecuado para la preparación del material y la apreciación exacta de las variaciones encontradas. Debido a su naturaleza, de trabajo exploratorio en un campo desconocido, se espera que en experiencias posteriores estas dificultades puedan ser vencidas.-

CAPITULO PRIMERO

REVISION BIBLIOGRAFICA

Métodos de estudio de las raíces.-

El desarrollo de las raíces puede estudiarse en condiciones muy variadas; en el campo (en su habitat natural), en parcelas experimentales y en maceteros; las dos últimas pueden ser en laboratorio o invernaderos y en el campo. En general es deseable que las investigaciones se realicen en las condiciones naturales del habitat (49).-

El examen de la morfología de las raíces puede hacerse por el método "in situ", o en el laboratorio por el método del "Block de suelo" o método del "monolito" (49).-

"Examen in situ" El primer investigador que usó y describió este método fué Weaver (47). En líneas generales consiste en lo siguiente: se elige una planta que esté en su medio natural, en condiciones normales de competencia. En seguida se cava una zanja a unos 20 a 30 cm. de distancia, de 1.80 a 3.60 m. de largo y de profundidad algo mayor que las raíces. Una vez construída se procede a desenterrar el sistema radicular. Para esto se usa un martillo de geólogo, cuchillo, punzón o algún instrumento semejante y se van separando las raíces del suelo. Se comienza desde arriba y se les sigue hasta llegar al extremo. Luego, si es posible, se fotografían, pero como generalmente es muy difícil, o simplemente no se puede, se hace un dibujo a escala a medida que van apareciendo. Para ciertas plantas y cierto tipo de estudios es necesario también uno horizontal.-

El método permanece en la actualidad esencialmente igual, aún cuando se le han hecho ciertas modificaciones. Haas y Rogler (19) construyen la primera trinchera en la misma forma, luego desentierran también algunas raíces con martillo o cuchillo pero terminan con el lavado a manguera de una capa vertical de unos 5 cm. de suelo. Luego se pintan las raíces con una bomba a presión que lanza esmalte blanco. Como el suelo también lo recibe, se procede a despintarlo con el mismo instrumento. En esta forma se obtienen fotografías más nítidas y contrastadas. Coetzie y colaboradores (8) introdujeron ligeras modificaciones al método de Weaver, tales como marcar la pared de la zanja en cuadros de 15 cm.-

El método de la trinchera permite el examen visual y la confección de planos de distribución o fotografías y da datos relacionados con la extensión lateral y vertical de las raíces, tipo y grado de ramificaciones, etc. Es apto para lugares lejos de laboratorios o donde se cuente con pocas facilidades. Es adecuado para el estudio de plantas aisladas o bien definidas dentro de asociaciones, más bien que para cu-

biertas densas. Las desventajas del método consisten en la falta de datos cuantitativos, la pérdida de muchas raíces finas y el hecho de que requiere mucho trabajo manual (49).-

"Método del block de suelo" o "Método del Monolito". En líneas generales el método consiste en elegir una planta y dejar a su alrededor un prisma de suelo de varios pies de largo y un pié de ancho y de igual profundidad que las raíces de la planta. Se cubre este monolito con una armazón cuyos ángulos son de hierro galvanizado y el resto de malla de alambre. Luego se atraviesan alambres afilados a través del block, se saca la capa superficial suelta del suelo y se reemplaza por una capa de yeso y que cuando fragua mantiene el cuello de la planta en su lugar. A continuación se le lanza un chorro de agua con una bomba. Los alambres atravesados mantienen las raíces en posición normal, donde posteriormente se les fotografía y estudia (47).-

Algunos investigadores le han introducido al método algunas variables importantes. Así Pavlychenko (33) aunque usa fundamentalmente el mismo retira el block. Aisla un prisma de suelo que rodea con una armazón metálica y levanta con una grúa; luego lo remoja por varias horas en un estanque con un lado sacable y una vez que la tierra se ha desprendido, se extrae el agua del estanque y las raíces son lavadas con un rociador. Se ponen finalmente en posición normal, se secan y se prensan. En esta forma se fotografían.-

El método presenta el inconveniente de que se obtiene sólo una parte del sistema radicular, pudiendo no estar las raíces principales en el prisma. Además, requiere mucho trabajo, gran suministro de agua y muchas horas de lavado para sacar el suelo. La gran presión del agua rompe muchas de las raíces más finas (47). Sin embargo, Williams y Baker (49) manifiestan que por medio del agua se reducen las roturas de las raíces producidas por otros métodos y se obtiene un sistema radicular más completo. Los perfiles obtenidos por este método pueden ser conservados indefinidamente junto con el sistema radicular de plantas o comunidades que crecen en el suelo (41).-

"Método del macetero". Puede realizarse en invernadero o al aire libre. Presenta algunos inconvenientes bastante serios: se estudia la planta en un habitat muy diferente al que existe en su medio ambiente natural, pudiéndose producir sistemas radiculares diferentes a los desarrollados en condiciones normales. Esto es una desventaja importante para el método, pero su importancia se diluye si como medida de comparación se usa una especie cuyo comportamiento en el terreno se conoce.-

De las informaciones aportadas por los trabajos revisados se deduce que al producirse cambios en el suelo, ya sean de fertilidad, hu-

medad, textura, compactidad, etc., todas las especies presentan reacciones semejantes, etc. (21)(27)(34). Como medida de comparación se recomienda usar una especie cuyo comportamiento en el terreno sea conocido y basándose en la premisa de que frente a ciertas alteraciones artificiales del substrato todas las especies reaccionan de manera similar, es posible deducir lo que ocurriría con las estudiadas. Este método en cambio, presenta grandes ventajas sobre los otros pues requiere muy poca obra de mano y los medios materiales necesarios para el estudio radicular son mínimos. Por estas razones, se le ha preferido en esta tesis.-

Para estudios especiales Blodworth (4) ha usado la máquina para tomar muestras de cilindros de suelo que es capaz de sacar testigos hasta profundidades cercanas a los 3 m., no alterando su estructura. Estos cilindros que miden aproximadamente 30 cm. de alto por 10 de diámetro son posteriormente lavados para separar las raíces que contienen.-

Ultimamente se han usado otros métodos totalmente diferentes, pero que requieran un equipo de trabajo especial y que aprovechan los avances más recientes de la ciencia, como el uso de los "isótopos radiactivos" para indicar las zonas de actividad radicular y de absorción (20) y la "técnica de elementos trazadores" para examinar la actividad de las raíces (10).-

Lavado de las raíces.-

Los diversos métodos usados en el proceso del lavado de raíces se basan en separar el suelo del sistema radicular por medio del agua.-

En primer lugar debe obtenerse el prisma del suelo o del macetero con tierra donde se han colocado las plantas a estudiar. Uno de los más empleados es el de Bloodworth, Burleson y Cowley (4). Consiste en sumergir en agua el suelo, sin alterar su estructura, dejando que la tierra se vaya eliminando lentamente y posteriormente mediante el lavado con un chorro de agua se elimina la tierra que aún le queda. Fribourg (15) en cambio, sugiere que se vaya desmenuzando la tierra con la mano, quedando finalmente pedazos de menos de 1 cm. de diámetro junto a las raíces. Luego se corta la parte aérea, se lleva a una llave y se lava ayudando levemente con los dedos. Este método resulta demasiado lento cuando se trata de muchas muestras. Se usa entonces una máquina para el lavado de las raíces, la que consiste en una serie de 14 bandejas de 35 x 22.5 x 5 cm. En cada bandeja se coloca el sistema radicular de una planta, se superponen las 14 y se amarran firmemente todas juntas. Se introducen a continuación en un tambor de 200 lt. lleno de agua con un agente humectante (Calgón). Cuando la tierra se ha soltado casi completamente se sacan las raíces y se ponen una por una en una especie de bañera de madera que en

la parte superior, frente a cada bandeja, tiene una boquilla que aspersa el agua, la que termina de lavar. Este sistema permite una apreciable economía de tiempo, como se puede constatar en el cuadro siguiente:

Tiempo necesario para lavar 100 muestras de raíces
Según Fribourg (15)

Especies	Lavada a mano	Método de Fribourg
Alfalfa, Lotus	50 horas-hombre	5.4 horas-hombre
Trébol Ladino	100 horas-hombre	5.4 horas-hombre

Williams y Baker (49) describen el método usado por ellos para lavar raíces: se emplea una máquina basada en el mismo principio, lanzando varios chorros simultáneos de agua. Gates (17) hace también descripción del aparato usado con el mismo objeto.-

Descripción de las raíces.-

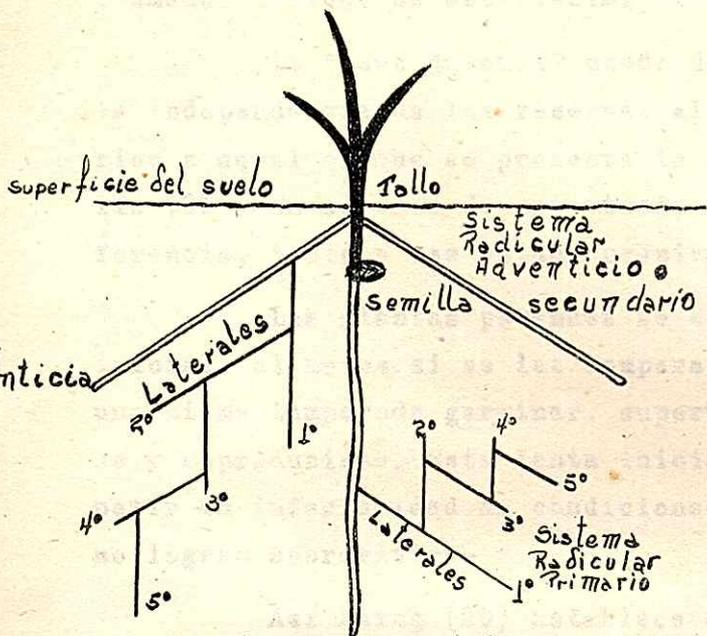
Las semillas de los pastos (gramíneas) al germinar desarrollan en su extremo inferior la raíz primaria, que es la primera que aparece y que presenta ciertas características especiales de gran importancia, como su rápido desarrollo y vigor y su geo-tropismo fuertemente positivo. Luego comienzan a aparecer ramificaciones de menor diámetro y dirección generalmente algo más horizontal, que reciben el nombre de laterales, pudiendo ser de primer orden, segundo orden, etc. Las raíces que salen de las semillas reciben el nombre de raíces seminales y todo esto con sus ramas y a veces otras raíces primarias constituye el sistema radicular primario. El resto del sistema radicular proviene de los nudos o uniones del tallo en el suelo; las raíces que no provienen de las semillas o como ramas de las raíces seminales, sino que de los tallos u hojas se llaman adventicias (7)(47).-

En el caso de las gramíneas, casi la totalidad del sistema radicular está compuesto por raíces fibrosas, que en su mayor parte corresponden a adventicias y que colectivamente forman el sistema radicular secundario. A menudo se encuentran reunidos en una misma planta el sistema primario y el secundario. En el trébol y otras dicotiledóneas, la semilla al germinar, desarrolla una raíz primaria principal, raíz pivotante que penetra fuertemente hacia abajo y se ramifica a través de toda su extensión. No hay sistema radicular secundario ni raíces adventicias (7)(47).-

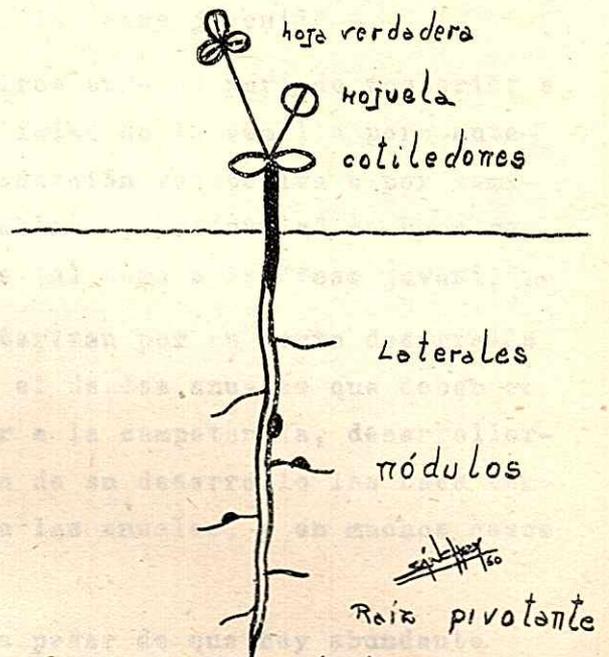
Crecimiento de las raíces.-

Según Haas (18), las informaciones obtenidas de la mayoría de las especies permiten una uniformidad de criterio suficiente como para afirmar que el aumento en la producción de raíces tiene lugar en los pri-

Gramínea
según Carrón (7)



Leguminosa



meros 3 ó 4 años después de sembradas. Stevenson y White (43) han encontrado que en algunas especies el crecimiento continúa hasta los 8 años, y que en otras, llega sólo hasta el segundo.-

En las condiciones de las zonas áridas no puede esperarse, sin embargo, este mismo tipo de comportamiento, pues durante la sequía lo más probable es que las raíces no crezcan o su ritmo de desarrollo sea muy lento. En estas condiciones las plantas crecerían durante los períodos lluviosos o cuando aún queda humedad en el suelo y se obtendrían en las épocas secas, repitiéndose este ciclo anualmente.-

La edad de las plántulas tiene una marcada influencia en el aumento del peso de sus raíces en los primeros estados de su desarrollo, siendo mayor cuanto más edad tengan. Según experiencias de Lamba y colaboradores (27), la ganancia en peso, de las raíces fué mayor de los 61 a 88 ds. que los 45 a 60 ds.-

El crecimiento de la parte subterránea está íntimamente ligado al de la parte aérea y viceversa. Barker (3) ha demostrado que la intensidad de elongación de las raíces se reduce grandemente por la defoliación. Tanto en el invernadero como en el campo el corte reduce el número de raíces y tallos por planta, pero aumenta el número de raíces por tallo. Según Robertson (39), la época de crecimiento de las raíces corrientemente coincide con la de los brotes o la aventaja levemente.-

Desarrollo y supervivencia de las plántulas.-

Pelton (35) considera al estado de plántula como el corto período de vida que va desde la emergencia de la radícula hasta el agotamiento de las reservas alimenticias de la semilla, aún cuando antes de que esto acontezca la plántula puede nutrirse parcialmente por medio de su sistema radicular. Frecuentemente se considera que incluye también al

llamado "período de establecimiento" y a la "fase juvenil" -

La "fase juvenil" puede definirse como el período posterior a la independencia de las reservas alimenticias de la semilla pero anterior a aquel en que se presenta la reproducción vegetativa o por semilla (35). En el caso de esta tesis al hablar de "plántula" se hace referencia, tanto a ese estado propiamente tal como a la "fase juvenil".-

Las plantas perennes se caracterizan por su lento desarrollo inicial, al menos si se las compara con el de las anuales que deben en una misma temporada germinar, sobrevivir a la competencia, desarrollarse y reproducirse. Esta lenta iniciación de su desarrollo las hace competir en inferioridad de condiciones con las anuales, y en muchos casos no logran sobrevivir.-

Así Laing (26) establece que a pesar de que hay abundante producción de semilla en stande de Ammophila breviligulata muy pocas llegan a establecerse. Una de las causas principales es la competencia por agua que se establece entre las plántulas que han alcanzado a emerger, lo que parece que elimina a aquellos individuos poseedores de un sistema radicular de menor longitud o más lento para crecer. Este mismo fenómeno se presenta en algunas plántulas de regiones áridas donde el agua, en las épocas de sequías tempranas, queda bajo el alcance de las raíces que no han completado su desarrollo y mueren por desecación.-

Daubenmire (11) sostiene que el agua penetra y percola en los suelos arenosos tan rápidamente que la mayor parte de ella se acumula bajo el alcance de las plantas con arraigamiento superficial. Consecuentemente las plantas perennes que tienen mayores posibilidades de éxito en suelos arenosos son aquellas de arraigamiento profundo.-

Existen notorias diferencias entre las plántulas de distintas especies y variedades. Smith (42) lo demuestra con variedades de alfalfa y Cook (9) con Bromus inermis. Si esas diferencias se correlacionan con la sobrevivencia, productividad, y otros factores de adaptación podrían probar ser de considerable valor en el mejoramiento de la alfalfa y otras especies forrajeras para zonas áridas.-

La edad de la plántula dice McAlister (30) que juega un importante papel en su supervivencia. Esto es lógico de suponer, por cuanto, en igualdad de condiciones, las de mayor edad tendrán un sistema radicular más desarrollado y estarían por consiguiente, en mejores condiciones para resistir a la sequía.-

Frischknecht (16) hace notar que excelentes stande de plántulas de pastos son a menudo destruidos total o parcialmente por temperaturas y sequías extremas. Su capacidad de tolerancia a las bajas

temperaturas aumenta la supervivencia invernal pero su capacidad intrínseca para resistir a la sequía tiene probablemente menor importancia para la supervivencia que sus modalidades de desarrollo radicular en estado de plántula. Sostiene además que el estímulo de un primer crecimiento más rápido puede ser un factor que contribuye a una supervivencia estival más alta.-

Pelton (35) agrega que el estado de plántula se considera frecuentemente como la fase más crítica del ciclo de vida vegetal. Es un período crítico para el establecimiento de pastos perennes durante el cual muchas plantas sucumben a los rigores del medio ambiente. Plummer (37) y Olmsted (32), han demostrado también que la resistencia a la sequía aumenta con el desarrollo radicular en plántulas de gramíneas.-

Resistencia a la sequía.

Las plantas elegidas para la experiencia con una excepción (*Trifolium glomeratum* L), corresponden a especies nativas de la zona árida y semiárida del centro de Chile y en estado adulto son capaces de soportar las condiciones ambientales. Sin embargo, en estado de plántula, existen serias dudas para aceptar su perfecta adaptabilidad a las condiciones artificialmente alteradas de suelo, medio ambiente, competencia, manejo, etc., que actualmente existen. Observaciones directas en el campo demuestran que, con pocas excepciones, el establecimiento de individuos jóvenes es inferior al necesario para mantener la población.-

Una de las causas del escaso número de plántulas que logran sobrevivir a las condiciones adversas del medio puede ser un desarrollo radicular insuficiente que no alcance a una profundidad adecuada del suelo antes de la sequía.-

Los factores que proporcionan resistencia a la sequía se pueden agrupar según Cook (9) en tres grupos:

- a) estructura anátomo-morfológica de la planta,
- b) propiedades físico-químicas del protoplasma,
- c) características del desarrollo radicular.-

Los dos primeros se refieren a la manera de cómo retener el agua, y el tercero a cómo alcanzarla.-

El régimen de lluvias de la zona árida de Chile central con precipitaciones en invierno y sequía de verano (clima de tipo mediterráneo), obliga a las plantas perennes a tener un desarrollo radicular profundo y estar en contacto con la humedad del suelo durante la época seca. En este sentido Cook afirma que "la profundidad de penetración es muy importante en áreas de precipitación invernal donde el suelo se

seca en el verano hasta varios pies de profundidad".-

Muchos investigadores han demostrado que la resistencia a la sequía aumenta con el desarrollo radicular en plántulas de gramíneas (2)(9) y (37). Cook (9) establece que las medidas de las raíces coinciden con la resistencia a la sequía.-

Para evaluar el desarrollo radicular se usan diversas mediciones, tales como profundidad de penetración, crecimiento lateral, áreas de mayor concentración de raíces, largo total axil, peso de la raíz, relación peso aéreo-peso radicular, superficie de absorción, etc. (9)(49) etc.-

Cook (9) afirma que muchas veces las medidas tomadas tienen relación directa con la resistencia a la sequía, pero en cambio, otras son independientes. "La profundidad de penetración es un buen índice de resistencia a la sequía, pero en cambio, la extensión lateral no está relacionada con esta característica. La parte aérea y el peso de la raíz y su relación dan valiosos datos sobre la resistencia a la sequía. El peso solo, es de poco valor o no lo es tanto como las medidas lineales, pues ignora la extensión, diámetro, raíces superficiales, superficie de absorción, etc. Las más resistentes poseen mayor cantidad de raíces cortas y largas.-

Se obtiene una mejor comparación del sistema de distribución de las raíces, analizando el número y tamaño para una profundidad de suelo, a pesar de que la mayoría de los estudios radiculares le dan más importancia al peso de la raíz en relación al incremento de la profundidad del suelo (4).-

Albertson (1) y Pavlychenko (33) hacen resaltar la importancia de la extensión de las raíces para resistir a la sequía. Noll (31), afirma que en períodos de sequía las plantas con sistemas radiculares superficiales mueren, las de profundidad media sufren pero la soportan, y las profundas la soportan en buenas condiciones. Cook (9) en Bromus inermis encontró que la media principal es el "largo total axil" pero, no basta para apreciar la resistencia a la sequía.-

La extensión de las raíces en proporción a la parte aérea es también muy importante y alcanza a veces cifras bastante grandes. Muchos datos de la relación peso aéreo-peso radicular, son difíciles de interpretar, por cuánto las raíces son mucho más finamente divididas y por consiguiente, tienen una superficie mucho mayor. En su funcionamiento, las raíces más grandes, gruesas y pesadas son de poca significación para la planta y las ramificaciones delicadas, que a menudo se pierden, agregan poco al peso pero significan mucho para la planta (47). En una experiencia realizada por Hubbard (23) se encontró que la exten-

sión de las raíces de las variedades resistentes fué la responsable de los mayores rendimientos durante los períodos de sequía. Las líneas más resistentes de Cook tenían mayor proporción de raíces en relación a la parte aérea.-

Según Weaver (47) "indiscutiblemente, el mejor método es el de comparación del área de absorción, pero su determinación es larga y costosa". La absorción del agua puede ocurrir en toda la superficie de las raíces, pero es más activa en las partes más jóvenes, generalmente más profundas.-

En algunos estudios se ha encontrado que un gran porcentaje de las raíces ocupa los primeros 30 cm. de suelo, especialmente los 15 primeros (4). Las gramíneas producen numerosas raíces adventicias en el primer pié de suelo, con unos pocos órganos más finos que penetran al segundo pié. Las numerosas raíces adventicias están concentradas en el pié superior de suelo, con algunas de las más viejas que alcanzan mayor profundidad (21). Weaver y Zinck (48) encontraron que aproximadamente el 45% de las raíces se encuentran en los 10 cm. superiores, y el 80% en los primeros 30 centímetros de suelo.-

El tamaño de las raíces en medidas longitudinales y de superficie es muy superior al de la parte aérea, aún cuando las comparaciones superficiales en muchos casos indiquen lo contrario. Dittmer (12) encontró que las raíces de una planta de centeno de 4 meses de edad, tenían un largo combinado de 619 Km. y una superficie total de 619 metros cuadrados. Aunque generalmente el peso es superior en la parte aérea que en la radicular, las plantas perennes son capaces de producir sistemas radiculares de peso seco superior al de la parte aérea (2). En experiencias de Richardson (38) se ha encontrado que en cultivos anuales el sistema radicular representa generalmente menos del 15% del peso seco total y en niveles de alta fertilidad menos del 5%. Burton y colaboradores (6) sostienen que se requiere un porcentaje de raíces mucho menor en plantas de secano para suplir las necesidades de nutrientes que para satisfacer las necesidades de agua. Por esta razón, los sistemas radiculares pueden ser insuficientes para una planta más bien cuando no le proporcionan la cantidad de agua necesaria que cuando no son capaces de proporcionarle los nutrientes que la planta necesita. Al respecto, Daubenmire (11) sostiene que la habilidad del sistema radicular para absorber agua es directamente proporcional a la cantidad de superficie expuesta, siendo muy importantes las abundantes raicillas y más los numerosos pelos radicales.-

Algunos consideran que un bajo contenido de agua en el suelo, dentro de ciertos límites, estimula un mayor desarrollo radicular, re-

sultando una superficie de absorción grandemente aumentada (47). Sin embargo, Veihmeyer (45) ha demostrado en experiencias posteriores que sometiendo algunas plantas a desecaciones sucesivas del suelo, no se aumenta su capacidad de extracción de agua. Olmsted (32), Walter (46), Hendrickson y Veihmeyer (22) y Loomis y Evan (28) y muchos otros más, han encontrado que las raíces no son capaces de crecer en suelo seco. Sin embargo, Hunter y Kelley (24) empleando una técnica similar a la de Hendrickson y Veihmeyer obtuvieron la conclusión que las raíces pueden crecer en suelos secos.-

La evaporación se produce por la parte aérea de la planta. Las adaptaciones que presentan las xerófitas para disminuir la transpiración son de varios tipos. Las hojas de algunas mueren en los grandes períodos de sequía pero quedan protegiendo a las yemas de la desecación. Otras pueden ser deciduas, produciendo delicadas hojas en la época de las lluvias. También se puede reducir la evaporación mediante el cambio de posición o de forma de las hojas lo que proporciona una protección a los estomas (29).-

La mayoría de las plantas perennes xerófitas no suculentas transpiran más libremente que la mesófitas cuando disponen libremente de agua. El control sobre las pérdidas de estas dos clases ecológicas: mesófitas y xerófitas, se hace muy diferente cuando se alcanza el "Porcentaje de Marchitez Permanente", entonces se producen cambios fisiológicos en las xerófitas que les permiten resistir a la sequía (29).-

Las hojas de la mayoría de las mesófitas contienen de 100 a 300% de agua en relación a su materia seca y pueden tolerar una pequeña desecación sin perjuicio; las plantas perennes de los desiertos soportan considerables pérdidas de agua, algunas hasta el 50% de su peso seco (40). Las xerófitas se caracterizan por el relativamente pequeño tamaño de sus células y de sus vacuolas. El papel que juega el tamaño de las células en la resistencia a la sequía es oscuro, pero es posible que las células de este tipo estén sujetas a pequeñas deformaciones durante la marchitez permanente.-

Daubenmire (11) sostiene que la presión osmótica de las plantas varía inversamente con el suministro de agua. La alta presión osmótica es característica de las plantas perennes xerófitas no suculentas. Esta condición no le permite a las xerófitas extraer más agua del suelo sino que se cree que juega un importante papel para reducir la transpiración.-

La cantidad de agua que las xerófitas pueden extraer de un suelo por unidad de superficie es igual para todas las especies, variedades o líneas, pues depende de la cantidad aportada por las precipita-

ciones atmosféricas. De ésta, parte se pierde por percolación profunda, parte por escurrimiento superficial y parte directamente por evaporación. El suelo retiene una cierta cantidad de agua, sin que sea posible que las plantas la aprovechen. Las plantas solo son capaces de aprovechar lo que se conoce como "la humedad fácilmente aprovechable", valor que depende exclusivamente de las características del suelo, siendo independiente de la especie que en él crezca. Según esto, la cantidad de agua disponible por unidad de superficie es igual para cualquier especie de que se trate.-

Como la cantidad de agua de que disponen las plantas es constante e igual a la "humedad fácilmente aprovechable" lo que interesa es que sea bien aprovechada; que la planta tenga lo que Briggs y Schantz (5) llamaron una buena "eficiencia en la utilización del agua" que es: "la proporción entre el peso del agua absorbida por la planta durante su crecimiento y el peso de la materia seca producida".-

En Dactylis glomerata Keller (25) encontró que los genotipos con alta producción de forraje eran los de mayor "eficiencia en la utilización del agua" pues eran capaces de producir la mayor cantidad de materia seca, con determinadas cantidades de agua. La eficiencia de la planta puede ser alterada por factores ajenas a ellas, como la fertilidad del suelo. Al respecto, Burton y colaboradores (6) sostienen que el incremento de la fertilidad del suelo por la agregación de nitrógeno (200 unidades/ha) aumenta la eficiencia del uso del agua por las gramíneas.-

En resumen puede decirse que para la resistencia a la sequía interesan tres cosas:

- 1º) Que las plantas tengan distribuido su sistema radicular en las zonas del suelo donde está la humedad, especialmente en los horizontes más profundos, donde se la encuentra en la época de sequía.-
- 2º) Que dispongan de medios especiales de adaptación para economizar el líquido en la época en que éste escasea.-
- 3º) Que puesto que la cantidad de agua disponible por unidad de superficie es limitada, se le utilice con la máxima "eficiencia".-

Variaciones genéticas y ecológicas de las raíces.-

La forma de las raíces al igual que toda la de la planta está determinada por dos factores principales: uno que le da la forma característica y el otro que la modifica, son el factor genético y el ecológico respectivamente. El grado en que influye cada uno de ellos es algo contradictorio, aún cuando nadie desconoce la acción de los dos. Distintos autores les atribuyen diferentes valores de importancia según las especies y las condiciones ambientales.-

Algunos le dan mayor importancia a la especie, variedad o ecotipo: Así Dittmer (13) indica "la forma de las raíces es característica de cada especie y cualquiera familiarizado con los sistemas radiculares puede reconocer a muchas especies solamente por ellos. Aunque muchos investigadores consideran estas diferencias como debidas al medio ambiente edáfico, hay fuertes factores genéticos inherentes que indiscutiblemente contribuyen a las características del sistema radicular. La herencia ejerce una fuerte influencia sobre las raíces y el tipo de sistema radicular permanece esencialmente el mismo, bajo cualquier condición que se pueda encontrar". Sin embargo, variaciones extremas de medio ambiente, pueden hacer variar grandemente su morfología.-

Weaver (47) también sostiene que "Los hábitos de las raíces, al igual que los de la parte aérea, son más o menos característicos para cada clase de planta y están gobernados en primer lugar por características hereditarias del crecimiento de las especies o variedades. Sin embargo, le da también gran importancia a las variaciones debidas a factores del medio ambiente.-

Mientras Smith (42) demostraba que existen considerables diferencias en el desarrollo radicular de plántulas de variedades de alfalfa, Upchurch y Lovvorn (44) sostienen que "el sistema radicular de la alfalfa reacciona marcadamente a las variaciones de suelo y de clima". Aunque estas opiniones de ningún modo se contradicen, indican al menos que existe distinta valorización del efecto de los factores en juego.-

Se ha demostrado en muchas experiencias que las formas de las raíces cambian gradualmente al cambiar las condiciones del medio. Según Helmers y otros (21) la profundidad del suelo y las características de las rocas del subsuelo modifican grandemente las raíces. Las opiniones de Lamba y colaboradores (27), Paulsen (34) y otros autores más, coinciden en que el crecimiento de las raíces es mayor en suelos arenosos que en los arcillosos, tanto en estado de plántulas como en estado adulto y agregan que el éxito inicial de las plántulas es mayor en los suelos de textura suelta. Esto mismo sostiene Weaver (47) al indicar que los suelos con alto contenido de arcilla ofrecen considerable resistencia mecánica a la penetración de las raíces y por consiguiente la extensión y grado de ramificación de las raíces disminuye. Debido a ésto es que según Daubenmire (11), en las regiones con largo período de sequía la sobrevivencia de las plántulas es mejor donde el suelo es de textura suelta, porque al menos el sistema radicular puede penetrar profundamente antes que la capa superior de suelo se seque, encontrando zonas con suficiente humedad para sobrevivir.-

Por medio de la genética se ha logrado producir strains y variedades de especies forrajeras más resistentes a la sequía. Cook (9) en

un estudio radicular que realizó en plántulas de Bromus inermis, logró comprobar que las líneas que presentaban en el campo mejores características para resistir a la sequía, eran las que poseían un sistema radicular más desarrollado, las que se habían obtenido por la selección de las mejores plantas de esa especie.-

La cantidad en que se encuentran algunos nutrientes en el suelo tendría también gran importancia en las modificaciones que se producen en las especies para un determinado suelo. Estas modificaciones son semejantes para todas ellas, es decir, que reaccionan en forma similar cuando se les presentan las mismas condiciones. El desarrollo limitado de las raíces en el horizonte superior de un suelo fué interpretado por Fox y otros (14) como asociado al bajo calcio intercambiable y al bajo contenido de nitrógeno; se presentó un desarrollo radicular profundo en un suelo con suministro abundante de nutrientes en todas las profundidades del perfil. El desarrollo radicular restringido se debe en algunos casos a diversas limitaciones del fósforo aprovechable.-

La competencia subterránea de las raíces ejerce también un efecto negativo en el desarrollo radicular de las otras plantas. Persin y Chapman (36) demostraron en una experiencia realizada en maceteros, en invernadero, que "El promedio de peso seco de las plántulas de pino fué significativamente mayor en los cultivos sin pasto que en aquellos en que el pasto estaba presente, indicando que el pasto retarda indefinidamente el crecimiento de los pinos.-

No todas las especies, sostiene Weaver (47), reaccionan en igual forma cuando se les modifican las condiciones del medio edáfico. Hay especies que son capaces de cambiar grandemente cuando cambian las condiciones, otras no cambian tanto, siendo menos adaptables. Existe por lo tanto un grado de adaptación de las raíces, pero esto varía dentro de ciertos límites, y para cada especie este margen de variabilidad es diferente, pero en todo caso, el sistema radicular continúa siendo esencialmente el mismo. Estos límites son relativamente estrechos pues de lo contrario las especies y variedades se encontrarían distribuidas en áreas mucho más amplias, y no con las limitaciones de distribución que realmente existen.-

De lo expuesto anteriormente se desprende que aunque las condiciones en que se desarrollaron las plantas con las que se condujo la experiencia de esta Tesis hayan sido algo diferentes a las que existen en el habitat natural de las plantas estudiadas, puede esperarse que todas las especies hayan reaccionado en forma semejante y que por lo tanto los resultados obtenidos, que se han comparado con la especie de comportamiento conocida tomada como testigo, puedan aplicarse en cierto modo a lo que ocurriría en el medio natural.-

CAPITULO SEGUNDO

MATERIAL Y METODO

Material.-

El material elegido corresponde a especies nativas y a una introducida que se presentan en buenas condiciones de desarrollo en el medio en que viven. No ocurre lo mismo cuando éste ha sido alterado con el manejo, debido a la preferencia que muestra el ganado por estas especies, generalmente más apetecibles. Cuando así sucede, sólo es posible coleccionar semillas de aquellas plantas que se encuentran en condiciones especiales de protección tales como rocas, terrenos con exceso de pendiente, etc., siendo, por lo tanto, bastante escasas y la poca semilla que producen se desgrana muchas veces inmediatamente después de madurar. Es por esta última razón que se hace aún mucho más difícil obtener semilla en cantidades suficientes para la realización del trabajo. A esto debe agregarse que sólo se introdujo en la presente tesis a aquellas especies o variedades que presentaban características de extraordinario interés para una posible utilización como especies forrajeras cultivadas para las condiciones del secano de Chile Central. Luego se hizo una segunda selección del material previamente elegido, al comprobarse que su poder germinativo era muy bajo y la cantidad de plántulas obtenidas, menor que la necesaria.-

Las especies estudiadas y el lugar de procedencia son las siguientes:

<u>Nassella chilensis.</u> (Trin.) Desv.	Rinconada. Maipú.-
<u>Nassella chilensis.</u> (Trin.) Desv.	Las Condes. Km 23. Camino Farellones
<u>Stipa papposa.</u> Nees.	Concón. Km 6. Camino a Quintero.-
<u>Poa holciformis.</u> Prel.	San José de Maipo. Lo Valdés.-
<u>Bromus unioloides.</u> HBK.	San José de Maipo. La Yesera.-
<u>Trifolium glomeratum.</u> L.	Rinconada. Maipú.-
<u>Phalaris tuberosa</u> var. <u>stenoptera.</u> (Hack.) Hitch.	Corriente.-

El material elegido, cumple con algunos requisitos indispensables de toda planta forrajera para secano: se desarrollan normalmente en las condiciones de sequía en que viven con el agua que proviene exclusivamente de las precipitaciones atmosféricas y producen abundante cantidad de forraje o bien, éste es de alto valor nutritivo. Aparentemente, presentan mayor crecimiento que el resto de las especies herbáceas que sirven de alimento al ganado y tienen además un período de crecimiento más largo.-

Son gramíneas perennes, con excepción del Trifolium glomeratum que es leguminosa anual. Se caracterizan por crecer activamente en la época de las lluvias y comienzos de primavera, tanto las del Valle Central

como las de la Costa y las provenientes de la cordillera lo hacen una vez que se derrite la nieve, o sea, durante la primavera y verano, utilizando el agua acumulada en el otoño e invierno.-

Nassella chilensis. (Trin.) Desv.-

Planta de amplia dispersión en Chile Central. Crece desde el nivel del mar hasta cerca de 2.000 m. de altitud. Es extremadamente resistente a la sequía; se la encuentra en la provincia de Coquimbo en regiones con precipitaciones menores de 100 mm. Se desarrolla en suelos muy variados desde el arcilloso hasta el arenoso, e incluso en simple cascajo. Aunque puede también estar en suelos de buena calidad es notable el desarrollo que alcanza en los más pobres y delgados, creciendo a veces entre las rocas en sitios donde prácticamente no hay suelo.-

Aparentemente, en localidades diferentes adquiere distintos hábitos de desarrollo lo que hace pensar que se trate de ecotipos diferentes. En su aspecto externo se presenta con abundantes tallos y escasa cantidad de hojas lo que no deja de ser un inconveniente como planta forrajera. Produce en el extremo de los tallos espigas con gran cantidad de semillas las que luego de madurar desgranar fácilmente. Como se la considera de grandes posibilidades forrajeras, se ha colectado material en varias localidades: Fray Jorge, Los Vilos, Concón, Los Andes, Cuesta de Chacabuco, Camino a Farellones, Rinconada, etc. De este material sólo fué posible usar el proveniente de Las Condes que, aún cuando se dispuso de poca semilla, ésta tuvo excelente germinación y el de Rinconada a pesar que tuvo mala germinación, hubo suficiente cantidad de semilla. El resto no fué posible utilizarlo porque no se obtuvo el número de plantas que el trabajo requería.-

Poa holciformis. Prel.-

Colectada en el Cajón del Maipo a 5 Km. de Lo Valdés en el camino que conduce a La Yesera. Produce abundante cantidad de semilla de la que se observó buena germinación. Un porcentaje alto de ellas produjo 2 raíces y dos hojas, las que inmediatamente se eliminaron. En condiciones e invernadero produce abundante cantidad de hojas de color verde oscuro, delgadas y blandas, gran desarrollo invernal y de baja altura, propagándose activamente en forma vegetativa por la emisión de numerosos tallos subterráneos. En su medio natural es de color grisáceo, de follaje escaso y tamaño relativamente pequeño. En esos lugares se la encuentra viviendo en suelos de la peor calidad, prácticamente roca desintegrada, mezclada con algo de material más fino y tierra proveniente de deslizamientos de lugares más altos de las montañas, o bien en suelos formados por material grosero arrastrado por los ríos.-

Bromus uniolooides. HBK.-

En su medio natural crece en condiciones semejantes a la ante-

rior, aunque a veces a mayor altitud. De buen desarrollo, abundantes hojas y de gran tamaño y aparentemente muy palatable. En invernadero ha demostrado desarrollo extraordinario siendo de espigadura muy tardía. Se la cultivó en el sector Experimental de Secano de la Estación Experimental Agronómica durante el año 1959 y demostró un desarrollo más o menos bueno provista de abundante cantidad de hojas blandas y suaves pero desprovista totalmente de tallos florales. Los suelos en que se ha encontrado creciendo son de mala clase, baja fertilidad, pobres en materia orgánica, de textura arenosa y con abundantes piedras de todos tamaños. Esta especie y la anterior, en las condiciones de la experiencia adquieren hábitos muy diferentes al que tienen en su medio natural: las hojas se tornan suaves, de mayor tamaño y muestran una coloración más oscura.-

Stipa papposa. Nees.-

Ha sido colectada en Concón y Santo Domingo. Es perenne al igual que las ya descritas, pero de menor desarrollo; de semillas muy delgadas y blandas, de aspecto delicado y desprovista del callo filudo que hace inadecuadas como plantas forrajeras a la mayor parte de las especies del género. Se encuentra en sitios protegidos, donde no se ara frecuentemente, pero que el ganado las utiliza. A pesar de esto se presentan en buenas condiciones. Los suelos en que se ha encontrado viviendo son de buena calidad.-

Trifolium glomeratum. L.-

Leguminosa anual introducida y naturalizada, de amplia distribución creciendo en forma natural en una gran variedad de suelos y climas de la zona; alcanza desarrollos muy variables según las condiciones en que se encuentre. Se incluyó en este trabajo con el objeto de conocer las características radiculares de una planta anual que podría formar parte de asociaciones con esas gramíneas perennes. De esta especie se dispuso de mucha semilla de alto poder germinativo, al menos después del tratamiento que se les aplicó para ablandarlas.-

Phalaris tuberosa var. stenoptera. (Hack) Hitch.-

Especie forrajera cultivada de amplia difusión en las zonas semiáridas del mundo. Su comportamiento es bien conocido tanto en el secano de Chile como en otras regiones similares.-

Método.-

Las semillas colectadas en el campo, luego de su desinfección se ponen en disco Petri previamente preparado con papel filtro humedecido. Luego se introducen en la germinadora manteniéndose la temperatura entre 20° y 25° C. Se eligió esta temperatura por considerarse como el mejor promedio requerido por la mayoría de las semillas de géneros o es-

pecies similares, pues para las especies en estudio se desconocen las condiciones en que se obtiene la mejor germinación.-

No se hizo tratamientos previos a las semillas de las gramíneas para romper la latencia y aumentar, en esta forma, el porcentaje de germinación; sólo en Trifolium glomeratum L. que, por poseer casi la totalidad de sus semillas duras, fué necesario el tratamiento con ácido sulfúrico concentrado durante 15 minutos, al cabo del cual se lavaron con abundante agua para evitar el alza de temperatura y eliminar totalmente el ácido. Luego se ponen a germinar.-

Una vez germinadas, cuando recién ha aparecido la primera hoja en las gramíneas y cuando ya han alcanzado cierto desarrollo los cotiledones de las leguminosas y aún no aparece la primera hojuela, se procede a transplantarlas a los respectivos maceteros en número de cinco plantas en cada uno. En esta forma se completaron doce o más maceteros de cada especie.-

La tierra usada en los maceteros consiste en una mezcla en terceras partes de: tierra de hojas provenientes de un bosque de Peumos (Criptocarya alba) de la Quebrada de la Plata; arena pura sin piedras, de partículas de más o menos 0.5 a 1 mm. de diámetro proveniente del río Mapocho y de un suelo de cultivos de secano, de textura limosa. La mezcla es de alto contenido en materia orgánica y de textura franco arenosa.-

El transplante a los maceteros requiere el máximo de cuidado, pues de lo contrario se destruye una gran cantidad de raíces seminales, lo que obliga a eliminar la plántula; pues no se puede transplantar a ninguna que le falte parte de su sistema radicular.-

Se coge la planta con los dedos y ayudándose con una pinza o una lanceta se desprenden las raíces del disco. Muchas veces quedan pegadas al papel filtro y se cortan, en ese caso deben ser eliminadas. Previamente se hace un pequeño hoyo en la tierra y luego se introduce la parte subterránea de la plántula en él; con una pipeta se le agrega agua a su alrededor hasta que la raíz quede completamente cubierta de tierra y en íntimo contacto con ella. Se hace en esta forma con el objeto que la tierra quede en completo contacto con la raíz y no le produzca daños mecánicos. Debe recordarse que en esa época el sistema radicular no mide más de algunos milímetros.-

De las diez plantas transplantadas a los dos maceteros, que se emplean en cada tratamiento, se eliminan las que presenten características anormales de desarrollo, ya sea de tipo patológico, ataque de insectos o simplemente que se alejen en forma manifiesta de lo normal. Basándose en otras experiencias (9) se pretendió obtener sólo seis plantas para cada tratamiento, considerando a cada una como una repetición.

Si al término de la experiencia quedan aún más de 3 plantas en cada macetero, se elimina el exceso al azar hasta llegar a ese número.-

El método de medición consiste en lo siguiente: cada cierto número de días se desentieran las plantas de dos maceteros, 6 en total y se miden y pesan sus raíces. Luego de transcurrido algunos días se vuelve a desenterrar otro grupo de plantas y se miden y se pesan nuevamente y así durante cinco o seis veces a un intervalo de 15 a 25 días. Esto mismo se repite para cada especie.-

Si se supone que se tienen varios grupos de plantas en iguales condiciones y de la misma edad cuyo desarrollo es normal y cuyos sistemas aéreos y radiculares son de aspecto semejante y estos grupos se van desenterrando periódicamente, es de esperar que el desarrollo alcanzado por cada uno de ellos sea el mismo que habría tenido el primero si no se le hubiese desenterrado. De esta manera se puede conocer el desarrollo de las raíces de una especie a través de un tiempo determinado y compararse y observarse las diferencias y semejanzas que existan entre las especies.-

De cada especie se trató de obtener siete grupos de seis plantas cada uno con el objeto de estudiar su desarrollo radicular y foliar cada 15 días y conocer la forma, época e intensidad de crecimiento de las raíces durante el período de establecimiento.-

A medida que pasa el tiempo el tamaño de las raíces va siendo mayor y por consiguiente el volumen de tierra que necesitan para su desarrollo será también cada vez mayor. A esto se suma que, en un estudio de esta naturaleza, no es conveniente que las raíces encuentren algún obstáculo mecánico que impida su libre desarrollo, pues los resultados que se obtendrían serían diferentes a lo normal. Se comprende entonces la necesidad de usar cada vez receptáculos (maceteros o cajones) capaces de contener un volumen de tierra cada vez mayor. En un comienzo se usaron maceteros de 15 cm. de profundidad y los del término de la experiencia medían 0.55 m. de profundidad y 0.50 m. de ancho. En algunos casos, las raíces alcanzaron levemente a los costados y en otros no fué posible utilizarlas debido a que el envase se hizo demasiado chico para contenerlas.-

Posteriormente se efectúa el lavado de las raíces, las que primeramente se extrae la planta con tierra del macetero o se saca un lado del cajón y luego con la mano, ayudado con una lanceta, cuchillo o cualquier otra herramienta fina se va extrayendo la tierra que rodea a las raíces. Cuando ya no es posible continuar en esta forma se procede a aplicar un suave chorro de agua con una manguera, de manera de extraer la tierra que aún queda, ayudando también con los dedos. Luego, se remojan las plantas durante media o una hora en un vaso, donde se extrae totalmen-

te la tierra que aún permanece adherida a ellas. Este método ocasiona un mínimo de pérdida de raíces, aunque a veces se producen algunas. Generalmente son muy pequeñas, y en algunos casos prácticamente no las hay.-

Luego de terminadas de lavar, se estudia cada una de las plantas separadamente y se hacen todas las mediciones que se estimen convenientes, tanto de las raíces como de la parte aérea. Luego se eligen las plantas más representativas de cada especie, se ponen sus raíces en forma natural y se fotografían. En seguida se extienden las raíces y las hojas entre papeles para secarlas. Si se desea un secado más rápido, se hace en la estufa a 110° C.-

Se ha preferido que el pesaje, especialmente el de las raíces, sea hecho en base a su peso seco, por cuanto, en tiempo muy breve se pierde una gran cantidad de agua de los tejidos, ya que se vió que pesajes repetidos cada cierto tiempo para una misma planta, daban resultados muy diferentes.-

Las fotografías de las raíces se tomaron inmediatamente después de terminado el lavado. Se eligieron primeramente las plantas más representativas de cada tratamiento, y se extendieron sus raíces y sus hojas en forma normal sobre un vidrio liso y transparente, completamente limpio y exento de rayaduras o cualquier otra marca. Luego, con un secante se elimina el agua que aún queda adherida a las raíces y hojas y las gotas que se encuentran sobre el vidrio. En seguida, en un cuarto oscuro, que disponga sólo de luz roja, se pone bajo el vidrio, en cuya cara superior está extendida la planta, una hoja de papel fotográfico de mayor tamaño que el de las raíces y hojas de la planta que se desea fotografiar. En este caso se usó papel para ampliaciones de 18 x 24 cm. del número 2. Cuando la planta era de mayor tamaño que el del papel, fué necesario usar varias hojas. Finalmente se pone sobre éste, a unos 0.6 cm. de distancia una luz blanca que puede ser de una ampolleta corriente o de una linterna y se mantiene encendida durante 2 á 3 segundos. Posteriormente se revela en la forma usual de revelado de papeles, obteniéndose así fotografías perfectamente contrastadas, en que el fondo aparece de color negro y las raíces y hojas completamente blancas.-

La experiencia se realizó en el invernadero de la Estación Experimental Agronómica de la Universidad de Chile, en Rinconada, Maipú. Las temperaturas y humedad ambiente en que se mantuvo el aire dentro del edificio durante la experiencia fueron muy similares a las del exterior, por cuanto no se usó calefacción de ninguna clase y las ventanas permanecieron completamente abiertas. Se eligió ese lugar por ser el único capaz de ofrecer protección de tipo mecánico a las plantas y no con el objeto de modificar las condiciones ambientales. De todos modos, los resultados obtenidos se han comparado con una especie testigo, cuyo comportamiento en las condiciones naturales de secano es perfectamente conocido.

CAPITULO TERCERO

PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

Las cifras que aparecen en los cuadros del presente capítulo corresponden a los valores obtenidos en cada planta para cada una de las características estudiadas. En ellos aparecen la edad de la planta expresada en días y los valores de cada una de las características medidas.-

Número de raíces, de hojas y de tallos.- Se contaron exclusivamente las raíces seminales principales y las que nacen de los nudos de la planta o adventicias. No se consideró ninguna de sus ramificaciones. En cuanto a las hojas y tallos, se tomó en cuenta el total de ellos, descartando ubicación y tamaño.-

Largo mayor de las raíces y de las hojas.- Estas medidas se refieren a las mayores longitudes de las raíces y hojas, medidas desde la base de la planta. Al estirarlas, para efectuar las mediciones, se eliminan las curvaturas pero se conserva su ondulación natural.-

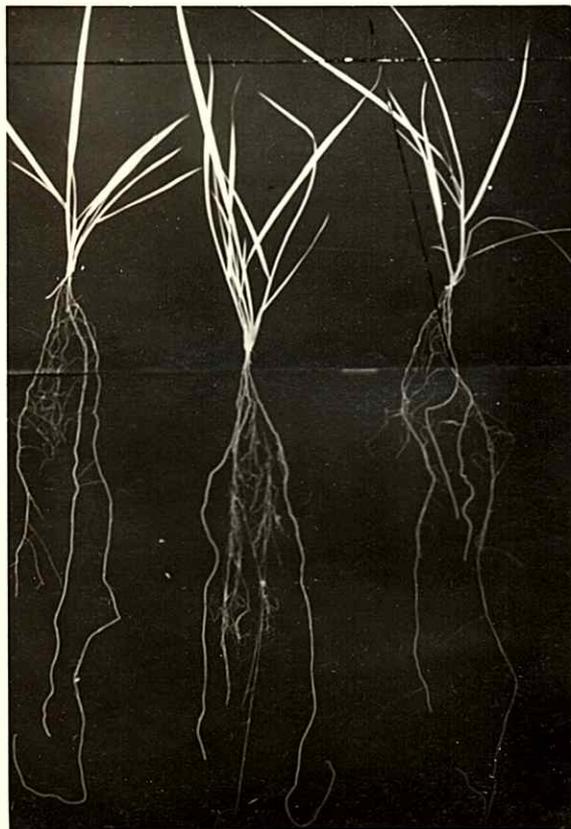
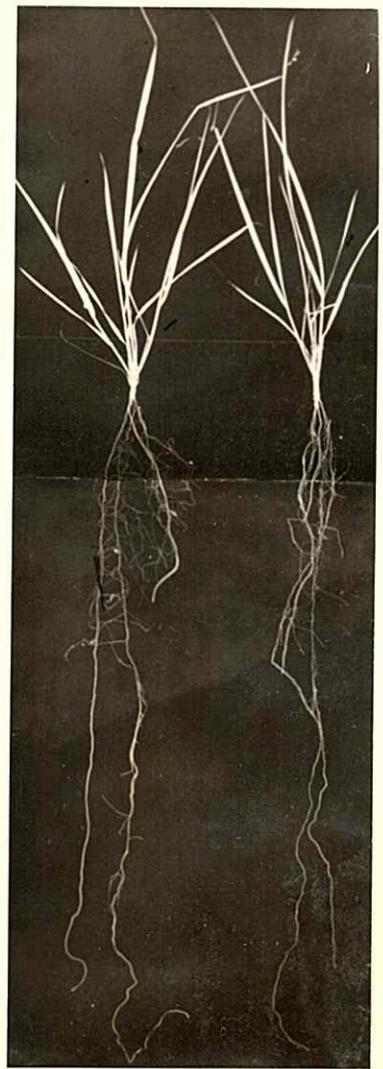
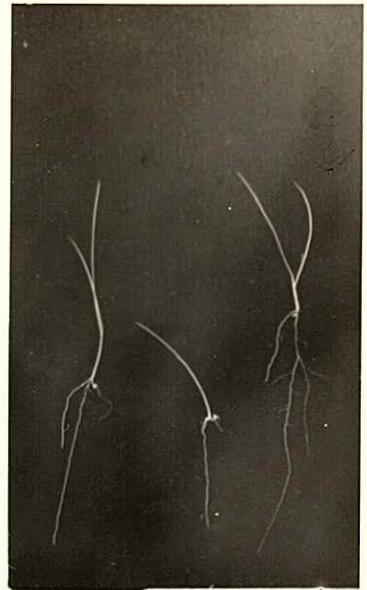
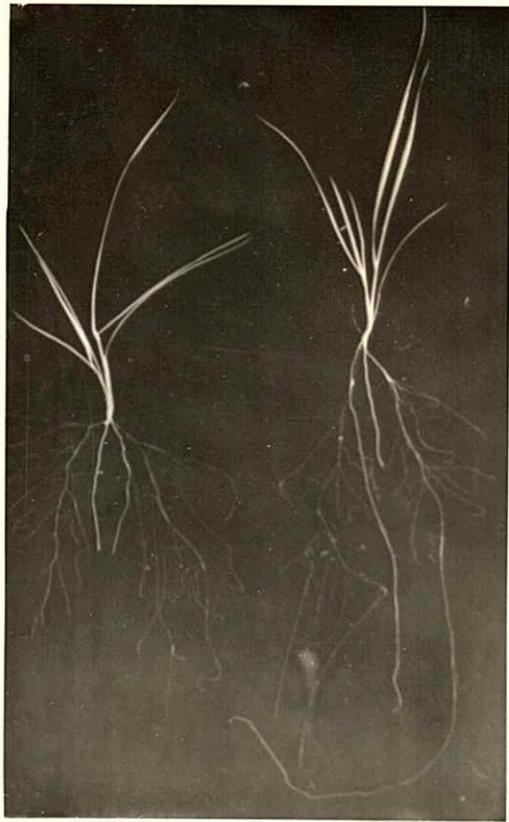
Largo medio de las raíces y de las hojas.- Se refiere a la profundidad y altura media que alcanzan estas partes de la planta en su forma normal. En cada planta aparecen siempre unas pocas hojas y raíces de longitud mucho mayor que la mayoría del resto. Los largos medios corresponden, por lo tanto, a la longitud que alcanza la gran mayoría de las raíces y de las hojas haciendo abstracción de aquellas que sean mucho más largas o cortas.-

Peso de las raíces y de las hojas.- Es el peso seco al aire de la parte subterránea y aérea respectivamente.-

Nassella chilensis (Trin.) Desv. Rinconada.-

20 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	1	3.8	3.8	1	1	3.4	-	0.0004	0.0005
2	2	4.6	2.4	1	2	5.5	4.1	0.0007	0.0010
3	1	3.2	3.2	1	2	3.4	2.0	0.0006	0.0006
4	1	2.8	2.8	1	2	4.6	2.9	0.0004	0.0008
5	1	3.1	3.1	1	2	3.4	3.2	0.0004	0.0008
6	1	7.0	7.0	1	2	4.2	3.8	0.0007	0.0013
Pr	1.2	4.1	3.7	1	1.8	4.1	3.2	0.0005	0.0008



Nassella chilensis (Trin.) Desv. Rinconada de 20, 35, 60 y 75 días de edad,-

35 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	4	9.2	6.0	2	6	7.1	5.0	0.0034	0.0092
2	4	19.5	10.5	2	6	10.1	6.5	0.0060	0.0089
3	4	17.7	9.5	2	6	8.0	5.9	0.0029	0.0068
4	3	10.2	7.0	2	8	4.5	3.3	0.0030	0.0049
5	3	14.6	8.0	2	7	7.7	5.1	0.0049	0.0069
6	5	12.2	6.5	2	9	10.0	6.0	0.0054	0.0132
Pr	3.8	13.9	7.0	2	7	7.9	5.3	0.0042	0.0083

50 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	7	25.9	12.3	4	10	13.1	7.3	0.0116	0.0238
2	7	22.0	11.0	5	12	15.9	8.8	0.0162	0.0358
3	6	23.7	10.4	3	9	14.2	6.9	0.0102	0.0236
4	5	26.7	14.2	6	16	12.1	7.5	0.0172	0.0373
5	5	21.4	14.0	5	14	12.8	6.4	0.0178	0.0300
6	5	22.7	12.2	6	15	13.8	9.0	0.0127	0.0313
Pr	5.8	23.7	12.4	4.8	12.7	13.7	7.7	0.0143	0.0303

75 días

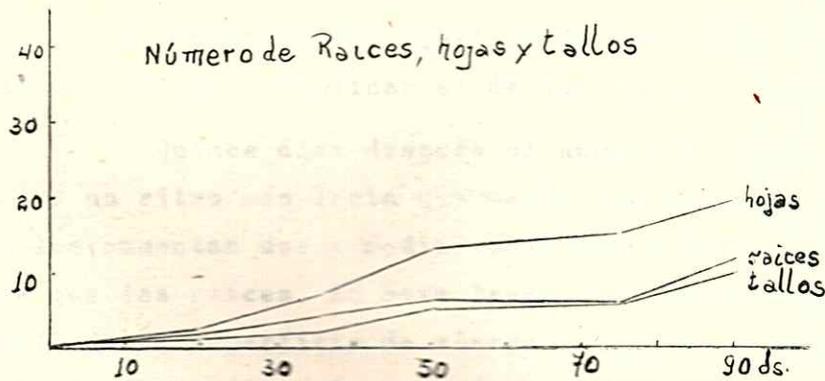
	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	5	31.0	13.0	6	13	17.0	10.5	0.0223	0.0478
2	6	28.0	14.0	4	11	17.0	11.5	0.0162	0.0401
3	5	35.5	15.5	7	20	16.0	10.5	0.0278	0.0459
4	8	31.0	14.0	6	16	18.0	9.5	0.0278	0.0573
5	6	26.5	13.5	5	13	16.5	9.5	0.0221	0.0430
6	5	37.0	12.5	6	16	21.0	12.0	0.0470	0.0818
Pr	5.3	31.5	13.8	5.7	14.8	17.6	10.7	0.0272	0.0526

90 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	10	26.5	11.5	5	15	20.2	8.5	0.0334	0.0994
2	10	45.0	11.5	6	20	22.4	13.5	0.1058	0.1626
3	10	13.0	9.5	6	21	23.2	14.0	0.0749	0.1746
4	14	38.0	11.0	6	19	19.5	12.0	0.0977	0.1833
5	15	20.5	8.5	5	19	19.5	11.0	0.0888	0.1510
6	13	27.0	12.5	6	22	24.5	13.5	0.1158	0.2192
Pr.	12	28.3	10.8	10.0	19.3	21.6	12.1	0.0861	0.1650

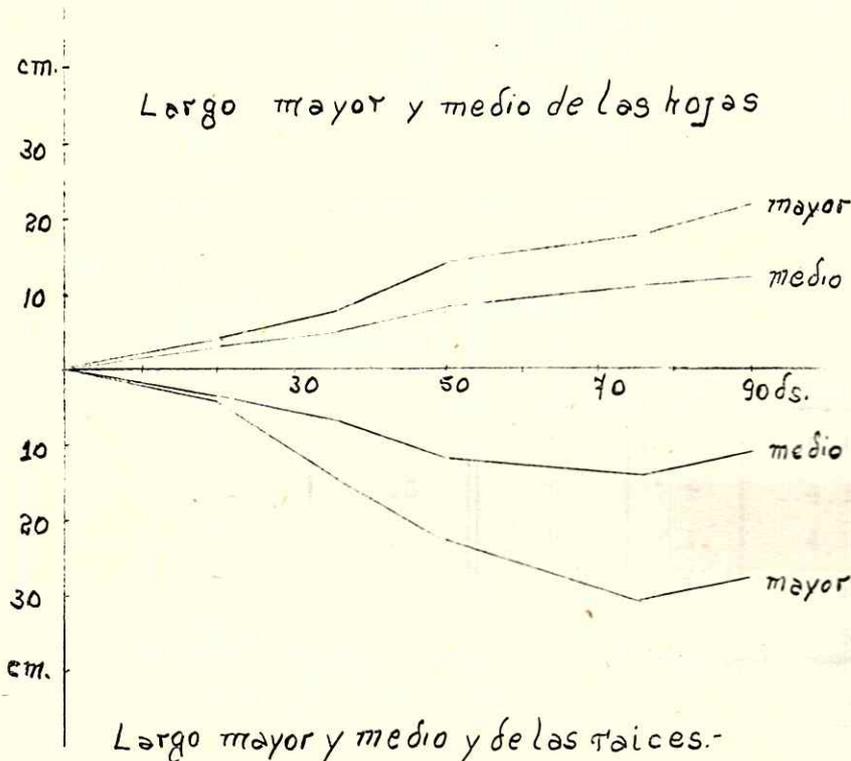
Desde un comienzo hasta los veinte días de edad se puede observar que las seis repeticiones muestran algunas características más o menos iguales. Presentan solamente una raíz por planta, siendo ésta semi-

nal y de aspecto vigoroso. Cada planta tiene también un tallo y dos hojas, sucediendo lo mismo (con una excepción) en las seis repeticiones. El largo mayor que alcanzan las raíces corresponde también al largo medio, para todos los individuos con una sola raíz pero para la que presenta dos, hay una algo



menor. Es interesante notar que el promedio de los largos mayores de las raíces es exactamente igual al de las hojas y el largo medio es ligeramente superior. El peso en cambio es superior en la parte aérea en cinco

de las repeticiones, siendo igual en la otra.-



A los treinta y cinco días se observa que ha ocurrido un rápido aumento en el número de raíces llegando ya a cerca de cuatro por planta, en cambio el número de tallos se mantiene en dos, exactamente la mitad que el de raíces, pero las hojas llegan a 7 por planta, vale decir, que casi duplican el número de raíces. La raíz de mayor largo es también casi dos veces superior a la hoja de mayor largo, pero el largo medio de las

raíces es prácticamente igual al de las hojas y el peso de la parte aérea casi llega a duplicar al de las raíces.-

Quince días después el número de raíces sigue aumentando aunque a un ritmo más lento que hasta los primeros 35 días, en cambio, los tallos aumentan dos y media veces más y las hojas continúan siendo el doble que las raíces. En este lapso de crecimiento, las raíces siguen aumentando su superficie de absorción debido a la mayor elongación y producción de ramificaciones, más bien que por el aumento de su número. El ritmo de crecimiento en el largo de las hojas se mantiene prácticamente igual; el largo medio de las raíces y el largo mayor de las hojas también continúan siendo iguales, pero el peso de la parte aérea aumenta más rápidamente que el resto y lo duplica.-

Llama la atención, a los 75 días, que el número de raíces se mantiene igual porque aumentan considerablemente en largo y producen mayor número de ramificaciones. El largo medio de las raíces aumenta levemente pero en cambio el largo mayor de las hojas crece rápidamente aventajando en forma notoria a las raíces. Existe igual número de raíces que de tallos, pero hay tres veces más de hojas. El peso de la parte aérea continúa siendo el doble que el de las raíces, manteniéndose esta propor-

ción hasta el término de la experiencia.-

A los 90 días, el largo de raíces es ligeramente inferior que a los 75 días, lo que presumiblemente podría deberse al error experimental. En estos últimos 15 días se ha duplicado el número de raíces y las hojas han crecido más rápidamente que en períodos anteriores.-

Nassella chilensis (Trin.) Desv. Las Condes.-

10 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	2	3.7	2.2	1	1	5.0	5.0	0.0004	0.0005
2	2	4.5	2.5	1	1	4.1	4.1	0.0006	0.0005
3	2	3.5	2.0	1	1	4.2	4.2	0.0004	0.0005
4	2	2.4	1.3	1	1	3.9	3.9	0.0005	0.0006
5	2	3.6	2.1	1	1	4.5	4.5	0.0005	0.0004
Pr	2	3.5	2.0	1	1	4.3	4.3	0.0005	0.0005

20 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	3	4.5	3.5	1	2	5.5	5.5	0.0008	0.0012
2	3	7.1	4.4	1	3	6.5	5.7	0.0009	0.0020
3	3	9.6	5.5	1	3	8.5	8.2	0.0015	0.0023
4	3	9.6	6.0	1	2	5.7	5.3	0.0011	0.0016
5	3	>2.8	---	1	2	4.5	4.3	0.0010	0.0014
6	2	13.7	4.9	1	3	4.7	4.0	0.0010	0.0013
Pr	2.8	5.8	4.1	1	2.5	5.9	5.5	0.0010	0.0016

35 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	6	10.2	10.0	2	6	8.1	5.0	0.0036	0.0083
2	5	12.6	10.5	3	8	8.5	5.5	0.0070	0.0119
3	4	14.9	11.8	3	8	7.9	4.5	0.0050	0.0084
4	5	15.3	10.6	3	7	8.0	5.0	0.0058	0.0139
5	4	13.3	8.7	2	6	7.8	4.3	0.0050	0.0086
6	5	12.7	9.2	3	6	7.5	4.5	0.0048	0.0074
Pr	4.8	13.2	10.1	2.7	6.8	8.0	4.8	0.0052	0.0097

50 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L. mayor	L. medio	Tallos	Hojas	L. mayor	L. medio	Raíz	Hojas
1	6	27.0	13.5	5	17	13.5	5.5	0.0249	0.0536
2	5	26.5	10.5	5	15	11.0	5.5	0.0141	0.0305
3	6	21.5	9.5	4	14	10.5	5.0	0.0108	0.0197
4	6	22.5	13.5	4	12	13.5	6.0	0.0133	0.0331
5	6	28.5	19.0	6	19	8.0	5.0	0.0192	0.0332
6	7	22.0	19.0	5	14	11.0	6.5	0.0228	0.0471
Pr.	6	24.7	14.2	4.8	15.2	11.3	5.6	0.0175	0.0362

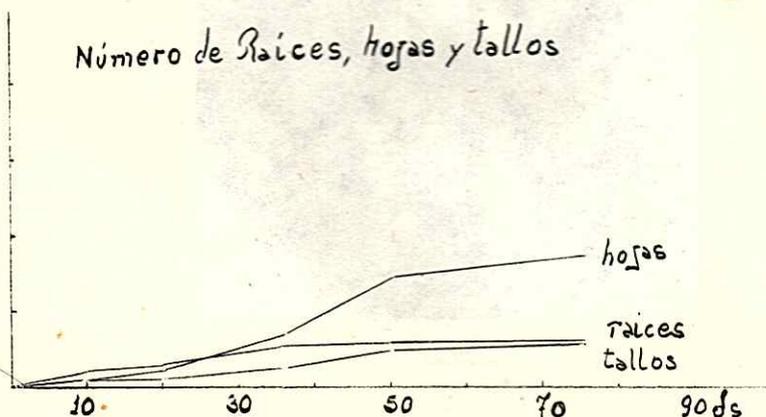
75 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L. mayor	L. medio	Tallos	Hojas	L. mayor	L. medio	Raíz	Hojas
1	7	27.5	16.5	5	16	17.0	9.5	0.0293	0.1054
2	6	34.5	22.5	5	18	13.0	8.0	0.0168	0.1001
3	7	29.0	15.5	5	17	11.5	6.5	0.0183	0.0707
4	6	32.0	17.5	6	18	14.5	9.0	0.0247	0.1051
5	6	27.5	16.5	5	16	15.0	8.5	0.0380	0.0803
6	5	33.0	17.5	7	21	14.5	8.5	0.0408	0.0925
Pr.	6.2	30.6	17.7	5.5	17.7	14.3	8.3	0.0279	0.0923

En este material ya a los 10 días se encuentran dos raíces y una hoja. El largo mayor de la raíz es notablemente menor que el de las hojas

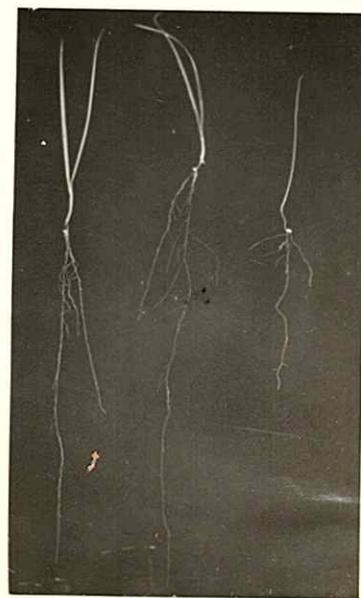
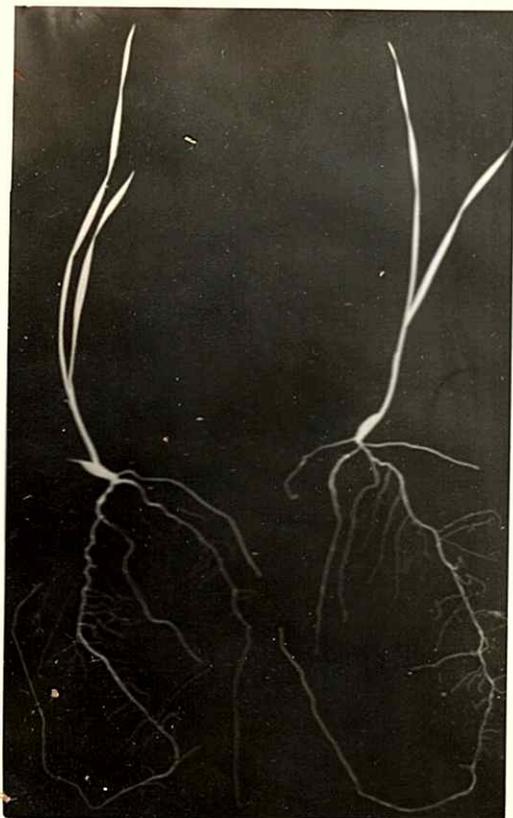
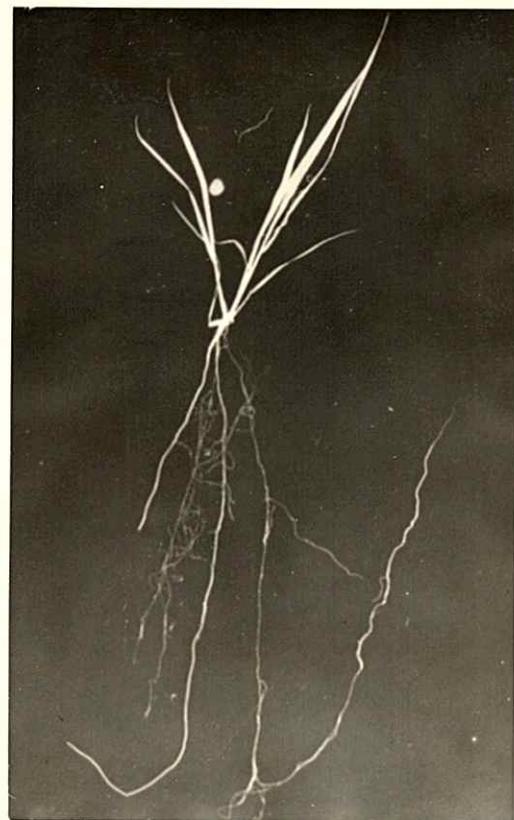
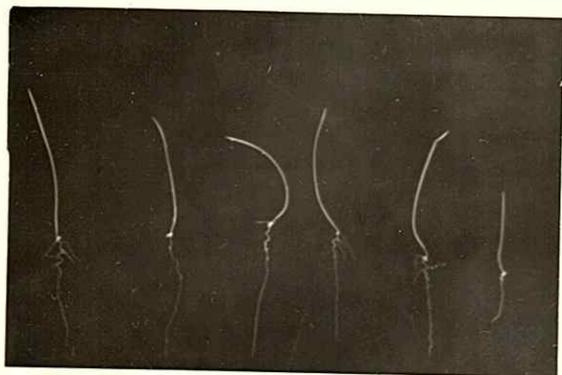
y el largo medio de la raíz es de sólo la mitad de aquellas. Hay igualdad entre el peso de la parte aérea y el de las raíces.-

Número de Raíces, hojas y tallos

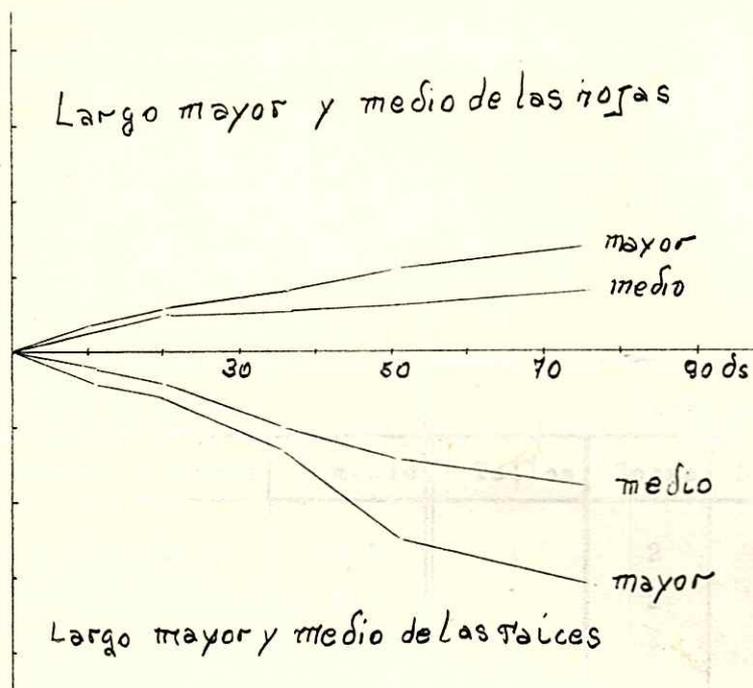


A los 20 días ya se presenta una raíz más por planta y existe casi igual número de hojas que de raíces. La velocidad de crecimiento es bastante alta llegando a bordear

los 6 cm., tanto en las raíces como en las hojas. El largo medio alcanza solamente a 4.1 cm. en las raíces y en las hojas llega a los 5.5 cm. El



Nassella chilensis (Trin.) Desv. Las Condes.- Poca después de germinar, a los 20 y a los 50 días.- En el lado inferior izquierdo Bromus unioloides HBK de 20 días de edad.-



peso de la parte aérea aventaja en forma notable al de la subterránea.-

Quince días después, las raíces llegan casi a cinco y las hojas a siete. El crecimiento radical se acelera y alcanza 13.2 cm., pero las hojas solamente 8 cm. El largo medio de las raíces (10 cm), es también superior al material de Rinconada, y las hojas llegan solamente a 4.8 cm. El peso de las hojas sigue aumentando más rápido que en las raíces y prácticamente lo duplica.-

A los 50 días hay 6 raíces, 15.2 hojas y 4.8 tallos, o sea, que por cada raíz hay casi 1 tallo y 3 hojas. La elongación de las raíces y de las hojas es notablemente superior a los períodos anteriores, haciéndose muy notorio en ésta época.-

El peso de la parte aérea continúa siendo el doble que el de la subterránea.-

A los 75 días, lo que más llama la atención es que se mantiene prácticamente estable el número de raíces. El incremento del área radicular se manifiesta solamente por su aumento en tamaño, tanto en extensión como por sus ramificaciones. Aumenta la superficie foliar debido a la mayor cantidad de tallos y hojas. Fundamentalmente, se rompe la proporción que existía entre el peso de la parte aérea y la subterránea, pues al aumentar el tamaño y número de las hojas, el peso aumenta también en forma manifiesta, en cambio los aumentos de las raíces, aunque grandes en medidas lineales, representan relativamente poco para el peso y es por esto que la parte aérea llega a pesar tres veces más que el sistema radicular.-

Puede decirse en general que, a pesar de observarse una tendencia a la producción de una gran cantidad de raíces, al término de la ex-

perencia los pesajes no lo indican. No por esto se produce un déficit del sistema radicular de la planta. El peso de las raíces, observado al término del trabajo, inferior si se le compara con el de la parte aérea, no representa fielmente la realidad, pues aunque se trata de raíces vigorosas, éstas son de pequeño diámetro y con ramificaciones finas y largas.-

Bromus unioloides. HBK.-

20 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	4	19.8	10.8	1	2	11.6	10.8	0.0067	0.0097
2	4	20.0	9.6	1	2	13.7	9.6	0.0140	0.0130
3	4	14.5	12.7	1	2	12.6	12.7	0.0116	0.0120
4	4	12.2	10.3	1	2	12.5	10.3	0.0125	0.0119
5	4	13.2	9.1	1	2	10.6	9.1	0.0070	0.0069
Pr	4	14.3	8.8	1	2	10.1	8.8	0.0086	0.0089

50 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	6	30.5	23.0	1	3	22.6	17.0	0.0475	0.0582
2	10	34.5	20.5	2	8	25.5	17.0	0.1115	0.1226
3	11	30.5	22.0	2	8	30.5	19.0	0.1268	0.1216
4	7	30.0	21.0	1	7	26.3	18.0	0.0782	0.0880
5	11	33.5	21.0	1	5	25.0	19.0	0.1183	0.1342
6	8	25.5	22.5	2	7	26.5	19.0	0.0559	0.0759
Pr	8.8	30.8	21.7	1.5	6.3	26.1	18.2	0.0697	0.1000

75 días

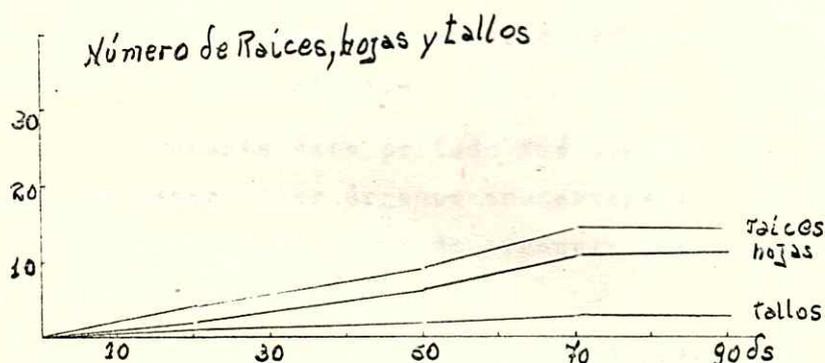
	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	14	41.5	34.0	2	11	35	22	0.4576	0.2934
2	14	39.5	26.0	2	10	33	21	0.1736	0.2437
3	15	37.5	26.0	3	12	35	22	0.3418	0.2824
4	14	50.0	29.0	2	12	29	19	0.2936	0.2682
5	13	18.5	28.0	3	12	32	19	0.2732	0.2760
Pr	14.0	37.4	28.6	2.4	11.4	32.8	20.6	0.3079	0.2727

90 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	14	57.5	36.0	3	12	37.0	25.0	0.5814	0.5576
2	16	41.0	32.0	4	17	34.5	24.0	0.6480	0.5444
3	15	52.0	38.0	3	14	34.0	24.5	0.5710	0.5699
4	13	64.0	31.0	1	6	34.0	26.0	0.4421	0.4009
5	16	63.0	36.0	2	11	28.0	21.0	0.5283	0.4625
6	11	40.5	33.0	2	7	25.5	16.0	0.2864	0.2939
Pr.	14.2	53.0	34.3	2.5	11.2	32.2	22.7	0.5097	0.4715

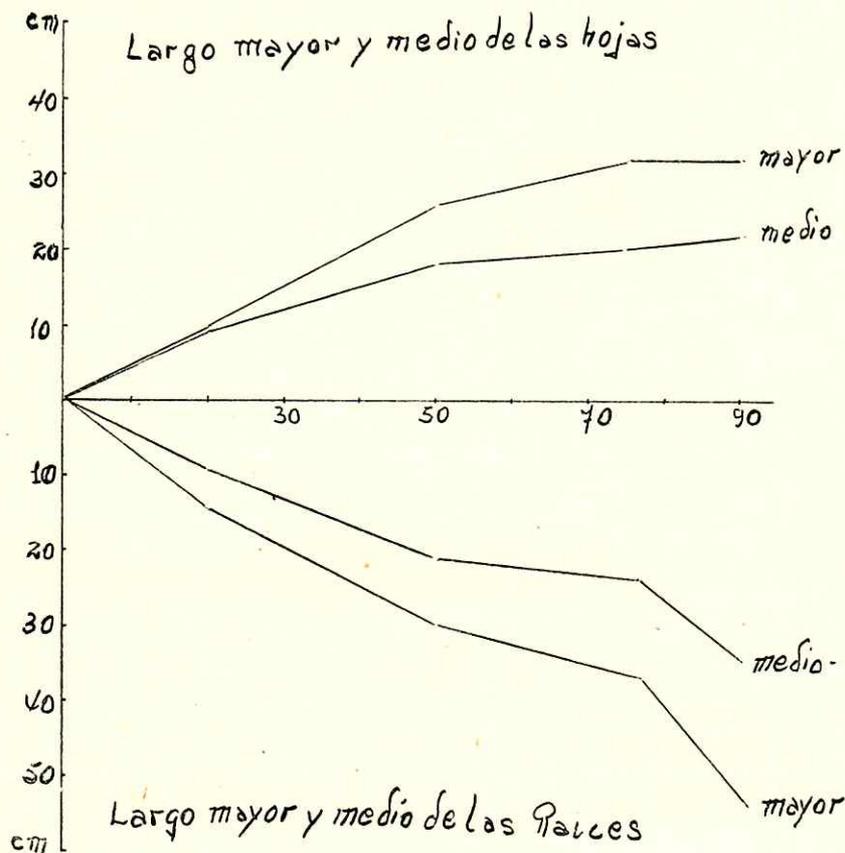
Especie, notablemente diferente al resto de las estudiadas en el presente trabajo, tanto por su origen, pues proviene de regiones altas de la cordillera, como por su aspecto, pues es la única de ellas que produce una gran cantidad de follaje. Sus semillas son de gran tamaño (12 a 16 mm x 2 a 3 mm), es tal vez la que presenta la iniciación del crecimiento en la forma más acelerada. A los 20 días tiene, en todas las repeticiones, 4 raíces, 1 tallos y 2 hojas por planta. El desarrollo es bastante rápido, tanto para las raíces que alcanzan 14.3 y 8.8 cm de largo mayor y medio respectivamente, como para las hojas que promedian 10.1 y 8.8 cm., en cada caso. El peso es prácticamente igual en la parte aérea que en la

subterránea, aunque aparece ligeramente superior en la primera.-



A los 50 ds., las raíces no aumentan en la proporción que parecía al comienzo, aunque no por eso su desarrollo deja de ser notable. Las plantas tienen 1 ó 2 tallos cada una, promediando un total de 1.5 por planta. Las raíces crecen

a gran velocidad, casi exactamente 0.5 cm. diarios, lo que es más importante aún, dada la escasa edad de las plantas. Con las hojas ocurre también algo parecido. Aunque levemente superiores, las medidas equivalentes de las raíces, puede decirse, que corresponden más o menos a los mismos tamaños. El peso de la parte aérea comienza a ser notablemente superior.-



A los 75 días, el incremento de tamaño es prácticamente el mismo para las raíces, hojas y tallos. No ocurre así con el número de hojas y tallos que en el transcurso de unos pocos días llegan casi a duplicarse. Es especialmente notable en las raíces donde el aumento fué de 8.8 a 14 y en las hojas de 6.3 a 11.4 por planta. Por esta razón, además del correspondiente crecimiento en tamaño se observó un gran aumento en el peso, el que comienza a ser ligeramente superior para las

raíces.-

A los 90 días no se observa aumento del número de raíces, de tallos, ni de hojas, pero el crecimiento continúa en forma ascendente: las raíces llegan a tener un largo máximo promedio de 53 cm. y un largo medio de 34.3 y las hojas alcanzan 32.2 cm. de largo mayor promedio. Termina el estudio para esta especie con plantas que poseen raíces de mayor peso que la parte aérea.-

Durante éste período fué posible observar que esta especie es capaz de desarrollar órganos subterráneos y aéreos de gran tamaño y vigor, que también es capaz de producir gran cantidad de hojas y que sus raíces son muy largas.-

En esta especie se nota, especialmente a los 90 días, un marcado predominio de las medidas de las raíces sobre la parte aérea. Esto puede indicar una condición favorable para la resistencia a la sequía en su primera edad. También el gran volumen de fallaje producido destaca sus posibilidades como planta potencialmente forrajera.-

Poa holciformis. Prel.-

20 días

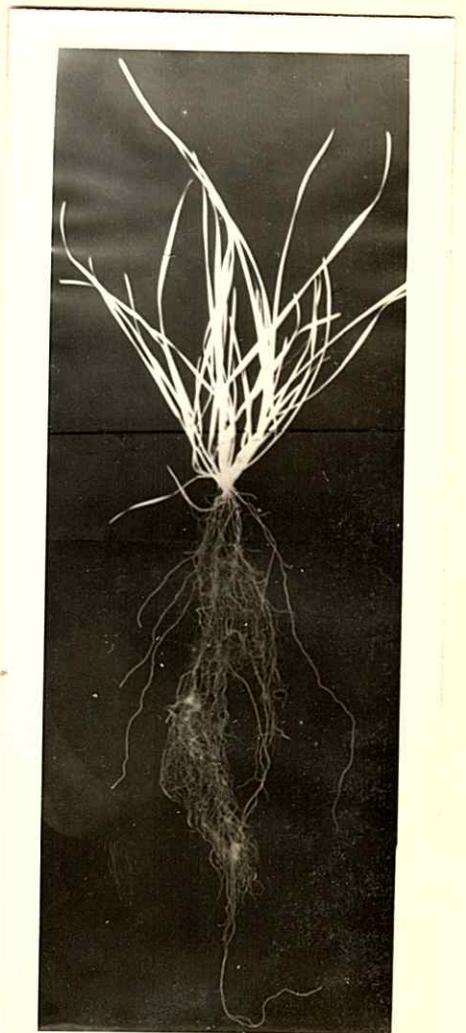
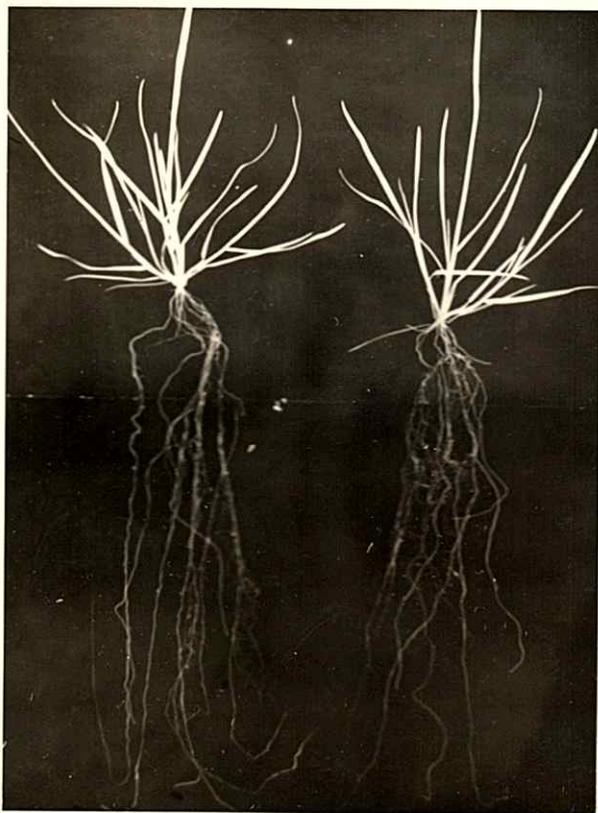
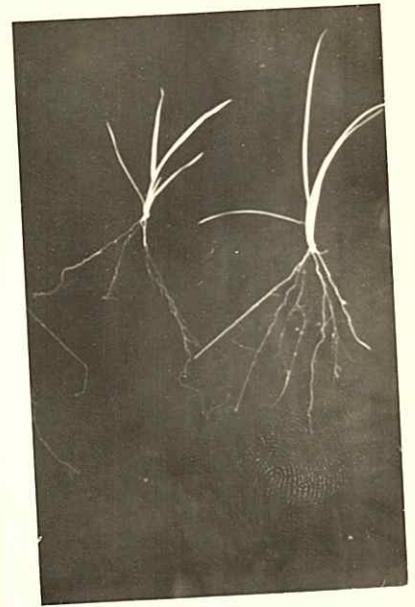
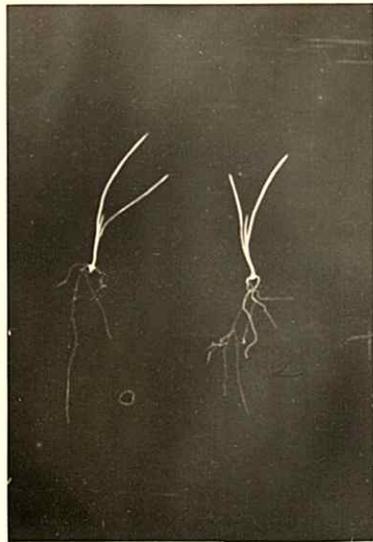
	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	4	2.9	2.7	1	3	4.8	3.3	0.0004	0.0011
2	5	5.4	4.0	1	3	4.9	5.7	0.0006	0.0015
3	4	5.2	2.7	1	3	4.6	3.9	0.0005	0.0011
4	4	3.9	2.6	1	3	5.4	4.0	0.0005	0.0013
5	4	3.8	2.3	1	2	6.0	4.3	0.0005	0.0012
6	4	2.6	2.6	1	3	5.6	4.5	0.0007	0.0018
Pr	4.2	4.0	2.8	1	2.8	5.2	4.3	0.0005	0.0013

35 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	7	6.7	6.1	2	5	7.3	5.5	0.0021	0.0065
2	6	9.1	4.8	1	4	5.0	4.0	0.0016	0.0038
3	6	8.8	8.3	1	4	5.6	4.5	0.0020	0.0048
4	7	9.6	7.4	1	3	5.5	5.0	0.0012	0.0034
5	8	11.8	9.7	2	6	7.5	5.0	0.0031	0.0078
6	8	9.0	6.8	1	4	5.9	5.0	0.0025	0.0048
Pr	7	9.2	7.2	1.3	4.3	6.1	4.8	0.0021	0.0052

50 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	12	25.4	18.5	6	19	10.7	6.5	0.0299	0.0475
2	13	20.5	15.0	4	18	10.9	6.5	0.0168	0.0372
3	14	20.0	14.7	5	17	9.0	6.0	0.0148	0.0314
4	15	22.0	16.3	5	20	11.6	5.5	0.0262	0.0540
5	11	15.9	12.1	4	13	10.6	6.5	0.0116	0.0275
6	13	19.6	14.3	6	19	10.4	7.0	0.0188	0.0438
Pr	13.0	20.6	15.2	5	17.7	10.5	6.3	0.0189	0.0402



Poa holciformis Presl. de 20, 35, 50 y 75 días de edad.-

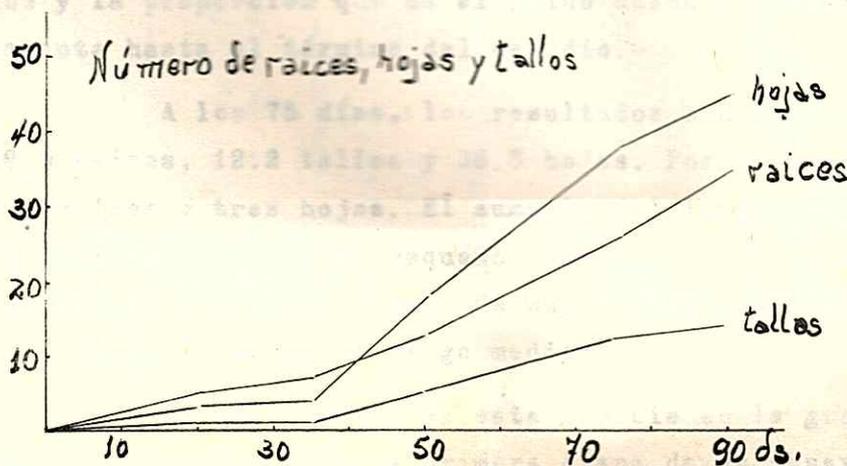
75 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	25	24.0	14.0	11	32	15.0	11.0	0.0738	0.1324
2	21	31.0	17.0	11	31	18.0	13.5	0.0556	0.1439
3	25	24.5	16.5	10	33	17.0	11.5	0.0820	0.1302
4	36	24.5	20.5	18	55	20.5	14.5	0.1379	0.3019
5	25	24.0	20.0	10	37	20.0	14.0	0.0621	0.1636
6	26	30.0	16.5	13	42	22.0	13.5	0.1058	0.2230
Pr.	26.5	26.3	17.3	12.2	38.3	18.8	13.0	0.0862	0.1825

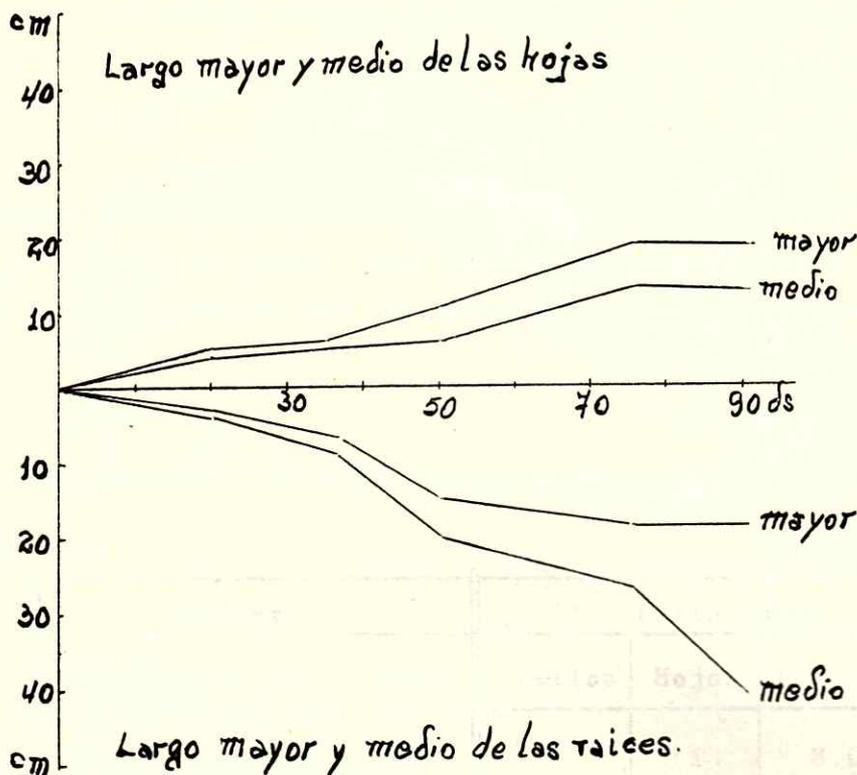
90 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	34	44.5	18.0	14	45	18.5	13.0	0.1200	0.2537
2	29	25.5	18.0	13	34	19.5	11.5	0.0850	0.2168
3	37	45.5	18.5	17	61	19.0	12.5	0.2474	0.4679
4	27	54.0	22.0	12	46	17.5	12.5	0.2573	0.2900
5	25	37.0	15.5	8	36	16.0	11.5	0.1023	0.2093
6	39	42.0	16.0	20	46	18.0	14.0	0.1712	0.3501
Pr.	33.5	41.4	18.0	14.2	44.7	18.1	12.5	0.1638	0.2979

Desde un comienzo, a los 20 ds., aparece como productora de una gran cantidad de hojas y raíces. Sin embargo, en cuanto al tamaño, no ocurre lo mismo pues sólo llega a 4.0 cm existiendo relativamente pequeñas di-



ferencias entre los ejemplares estudiados. El largo medio de la raíz, es también mucho menor, pues sólo alcanza a 2.8 cm. Las hojas, en cambio, son de tamaño mucho mayor que las raíces, 5.2 y 4.3 cm., respectivamente. Este mayor tamaño de la parte aérea se refleja también en el peso, pues es dos y media veces más



pesadas que las raíces.-

A los 35 ds., el número de raíces sigue siendo proporcionalmente más alto; pero su largo, en cambio, aunque aumenta considerablemente en esos 15 ds., cae dentro de lo normal para otras especies. En las hojas ocurre lo contrario, pues aunque el crecimiento es pequeño, hay un notable aumento en su número. Si se considera el crecimiento de las hojas y su mayor cantidad, es fácil comprender el mayor peso de la parte aérea en este período. Como en las raíces, ocurre tam-

bién un aumento similar al de la parte aérea, se mantiene la relación de sus pesos.-

El crecimiento de las raíces hasta los 50 días es rápido, ocurriendo lo mismo con las hojas. En quince días las raíces se duplican y se desarrollan velozmente llegando a alcanzar un tamaño dos veces superior al período anterior. No sucede lo mismo con las hojas, pues en igual lapso de tiempo, su número se triplica, pero crecen a menor velocidad que las raíces. Tanto el desarrollo de la parte aérea, como el de las raíces es bastante grande, lo que se comprueba por los aumentos de peso registrados y la proporción que ha existido desde el comienzo se mantiene prácticamente hasta el término del estudio.-

A los 75 días, los resultados son bien característicos: hay 26.5 raíces, 12.2 tallos y 38.3 hojas. Por cada tallo hay prácticamente dos raíces y tres hojas. El aumento del largo máximo de las raíces en este lapso de tiempo, es pequeño, pero no ocurre así con el de las hojas; las raíces continúan siendo de mayor tamaño que las hojas, tanto en el largo mayor como en el largo medio.-

Lo más notable de esta especie es la gran cantidad de raíces emitidas durante toda la primera etapa de su desarrollo y el acelerado ritmo con que aumentan, llegando a los 90 días con 33.5 raíces. El largo

mayor crece también considerablemente en estos últimos quince días pero no ocurre así con el largo medio. Los tallos siguen siendo la mitad de las raíces y las hojas aumentan bastante, aunque nunca tanto como en el período anterior.-

Resumiendo los resultados puede decirse que se trata de una especie que produce abundantes raíces, de pequeño diámetro pero de longitud media a grande, que crecen constantemente a un ritmo mayor. Las hojas son también muy abundantes, aunque no de gran tamaño.-

Stipa papposa. Nees.-

20 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	3	1.6	1.6	1	1	3.9	3.9	0.0003	0.0003
2	3	1.2	1.2	1	1	4.9	4.9	0.0004	0.0004
3	2	2.0	2.0	1	1	4.4	4.4	0.0004	0.0003
4	2	1.3	1.3	1	2	3.4	3.4	0.0004	0.0003
5	2	2.2	2.2	1	1	3.9	3.9	0.0003	0.0003
6	1	2.0	2.0	1	1	3.2	3.2	0.0002	0.0003
Pr.	2.2	1.7	1.7	1.0	1.2	4.0	4.0	0.0003	0.0003

35 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	5	4.0	2.2	1	3	3.8	3.6	0.0007	0.0007
2	4	6.0	5.1	1	3	4.7	4.6	0.0012	0.0012
3	2	12.2	2.0	1	3	3.1	2.8	0.0009	0.0009
4	3	10.0	4.2	1	2	5.2	2.8	0.0010	0.0007
5	3	6.2	2.4	1	2	4.5	3.6	0.0005	0.0005
6	2	9.2	0.7	1	2	4.1	3.8	0.0007	0.0007
Pr.	3.2	7.9	2.8	1.0	2.5	4.2	3.5	0.0008	0.0008

50 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	3	18.8	8.2	3	7	4.4	2.5	0.0029	0.0034
2	5	16.4	9.7	1	4	7.1	5.0	0.0040	0.0048
3	5	15.7	9.5	3	8	6.6	4.0	0.0077	0.0066
4	5	14.0	7.5	3	7	4.6	3.0	0.0048	0.0035
5	5	13.3	8.0	3	7	6.7	4.0	0.0047	0.0065
6	5	13.0	7.8	1	4	7.0	4.0	0.0030	0.0034
Pr	4.7	14.4	8.5	2.3	6.2	6.1	3.8	0.0045	0.0047

75 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	6	14.5	12.0	6	14	9.5	7.5	0.0249	0.0287
2	10	17.0	10.5	9	28	11.5	7.5	0.0372	0.0575
3	11	21.0	15.0	12	31	15.5	9.0	0.1139	0.1015
4	8	17.5	11.5	5	13	14.5	8.0	0.0308	0.0398
5	7	24.0	14.0	7	18	14.5	9.5	0.0571	0.0686
6	8	21.5	15.5	14	43	10.5	6.5	0.0603	0.0886
Pr	8.3	19.3	13.1	8.8	24.5	12.7	8	0.0540	0.0641

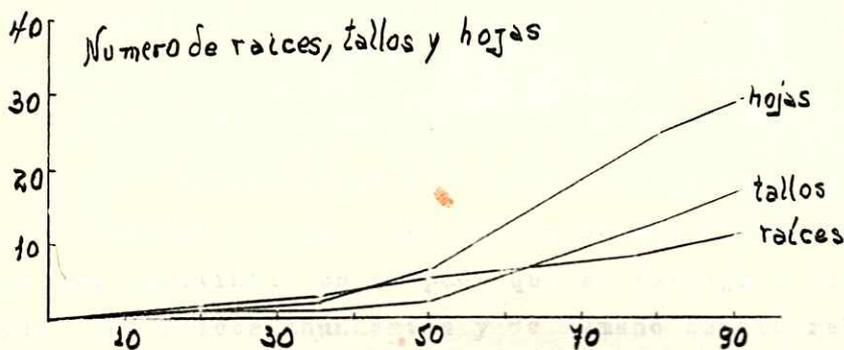
90 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	11	25.8	18.5	12	34	18.2	12.5	0.1235	0.1129
2	14	22.5	15.5	12	34	16.5	10.5	0.1161	0.1048
3	13	38.0	18.0	14	41	16.3	11.5	0.1681	0.1603
4	11	25.5	16.0	11	33	17.0	11.0	0.1573	0.1541
5	9	22.0	15.0	8	14	16.9	10.0	0.0629	0.0755
Pr	11.6	26.8	16.6	11.4	29.2	17.0	11.1	0.1259	0.1215

A los 20 días, el peso de las raíces representa fielmente lo que ocurre, pues nos encontramos con plantas que en promedio tienen algo más de 2, aunque en algunos casos llegan a 3, en cambio las hojas, recién co-

mienzan a formarse y se encuentra prácticamente con sólo una por planta siendo mucho más largas que las raíces.-

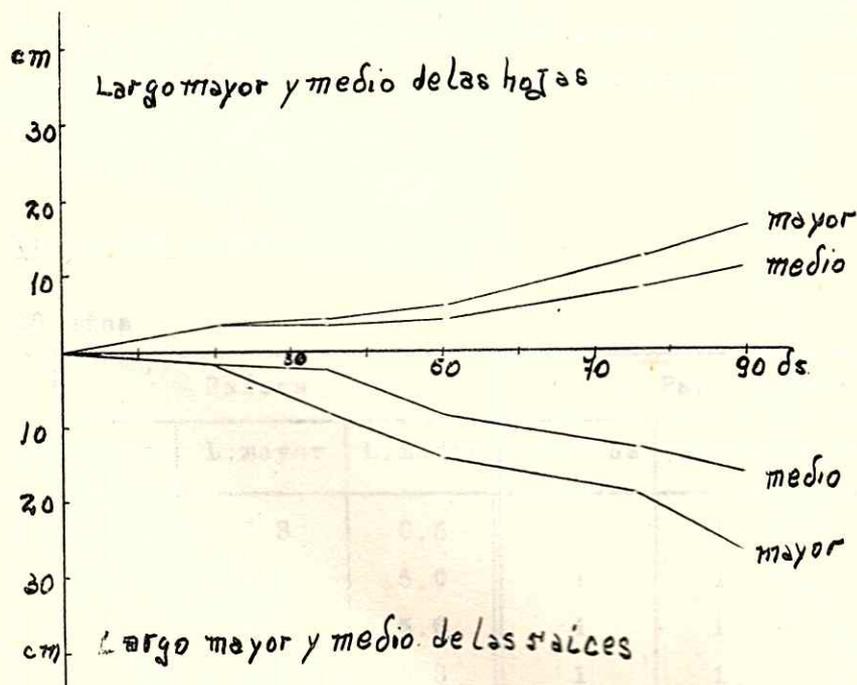
Al alcanzar 35 días de edad, ya disponen de una raíz más: 3



por planta, pero su largo es cuatro veces superior al encontrado a los 20 días, llegando a 8 cm. El largo medio, aunque escaso, duplica al encontrado quince días antes. El tamaño mayor de las hojas sigue siendo inferior al de las raíces. El peso de éstas es prácticamente igual al de la parte aérea.-

A los 50 días, hay generalmente 5 raíces, pero mayor número de

hojas por planta. El peso comienza a ser ligeramente mayor en la parte aérea. La raíz de mayor largo es dos veces superior a la altura máxima de la planta y el largo medio de las raíces mantiene la misma proporción.-



75 días después de emerger, las raíces han seguido creciendo activamente y bordean los 20 cm. para su largo mayor y los 13 para el medio. Las hojas por su parte, entran en un período de desarrollo más activo sólo llegan a 12.7 cm. de largo mayor y a 8 cm. de largo me-

dio. La cantidad de raíces y de hojas ha aumentado también en forma notable llegando a 8.3 y 24.5 respectivamente. Para estas últimas se encuentra

que hay 4 veces más que en la fecha anterior. Es el mayor aumento a través de toda la experiencia. Ahora, el peso de la parte aérea se hace notablemente superior, al menos comparado con los muestreos anteriores, donde las diferencias eran muy pequeñas.-

Cuando la experiencia llega a su término a los 90 ds., las plantas tienen 11.6 raíces y un aumento casi igual de tallos, pero las hojas continúan superándolos sin discusión. El largo mayor de las raíces en todo el período es de sólo 26.7 cm., pero el largo medio llega a 16.60. El tamaño de las hojas alcanza dimensiones menores que las raíces: 16.9 y 11.1 cm., respectivamente. Ambos pesos se equiparan nuevamente.-

El hecho que esta planta tenga hojas pequeñas y delgadas, aunque abundantes y gran desarrollo de sus raíces, pudo haber sido la causa de ese equilibrio en el peso que se refleja a través de toda la experiencia. Sus raíces abundantes y de tamaño considerablemente superior al de las hojas y tallos, colaboran en parte para igualar y en algunos casos sobrepasar el peso de la parte aérea. El tamaño de las raíces, medido durante todo el tiempo que duró la experiencia, es pequeño, considerablemente menor que el de las demás especies estudiadas y la cantidad de ellas es relativamente baja. Con el peso ocurre lo mismo. Las hojas son también pequeñas pero abundantes y su peso es escaso. Puede decirse que es una especie, al menos en las primeras etapas de su vida, alcanza escaso desarrollo, tanto aéreo como subterráneo, pero que presenta algunas características, como su escasa superficie aérea, que reduce las pérdidas de agua por transpiración que pueden ayudarla en condiciones más favorables a resistir la sequía que corrientemente sigue al período de su establecimiento.-

Trifolium glomeratum L.-

20 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	1	7.8	6.5	1	1	1.6	1.1	0.0005	0.0010
2	1	5.2	5.0	1	1	1.3	0.8	0.0003	0.0006
3	1	6.1	5.6	1	1	1.4	0.9	0.0004	0.0007
4	1	9.1	5.3	1	1	1.3	0.8	0.0005	0.0009
5	1	6.9	8.0	1	1	1.3	0.8	0.0007	0.0011
6	1	8.4	5.8	1	1	1.6	1.1	0.0007	0.0013
Pr	1	7.2	6.0	1	1	1.4	0.9	0.0005	0.0009

35 días

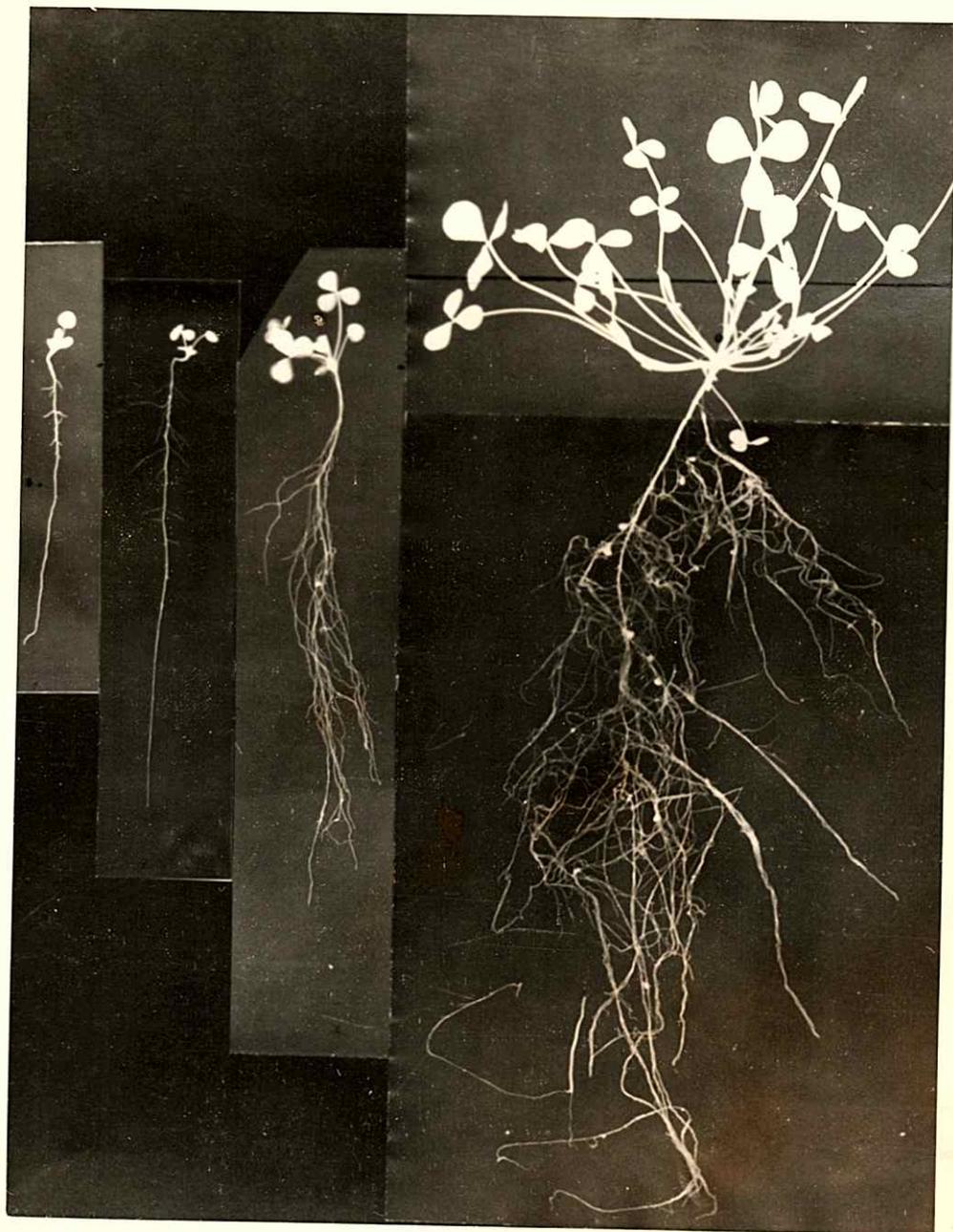
	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	1	12.2	9.1	1	1	1.3	0.6	0.0013	0.0013
2	1	13.5	11.2	1	1	1.4	1.0	0.0019	0.0016
3	1	18.8	16.3	1	2	2.1	1.6	0.0032	0.0032
4	1	9.2	7.2	1	1	1.7	1.2	0.0014	0.0022
5	1	12.3	9.0	1	1	1.6	1.0	0.0018	0.0021
6	1	12.2	10.1	1	1	1.6	1.1	0.0017	0.0021
Pr	1	13.0	10.5	1	1.2	1.6	1.1	0.0019	0.0021

50 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	1	13.5	12.0	1	5	1.7	2.0	0.0071	0.0052
2	1	12.3	11.5	1	4	2.3	2.8	0.0050	0.0082
3	1	15.8	13.0	1	4	2.0	2.5	0.0069	0.0082
4	1	17.0	10.3	1	4	1.5	1.7	0.0043	0.0037
5	1	9.2	9.0	1	4	1.7	2.1	0.0038	0.0061
6	1	8.7	7.7	1	4	1.4	1.5	0.0041	0.0044
Pr	1	12.7	10.6	1	4.2	1.8	2.1	0.0053	0.0060

60 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	1	22.7	14.7	2	9	5.2	4.7	0.0208	0.0356
2	1	19.9	16.1	3	10	5.2	4.0	0.0281	0.0356
3	1	19.7	17.6	3	9	4.5	3.3	0.0217	0.0300
4	1	17.0	17.0	3	9	4.1	3.0	0.0270	0.0303
5	1	19.9	17.0	3	9	4.2	3.0	0.0276	0.0299
6	1	21.5	18.5	3	9	5.7	3.5	0.0200	0.0314
Pr	1	20.1	16.8	2.8	9.2	4.8	3.6	0.0242	0.0338



Trifolium glomeratum L. de 20, 35, 50 y 75 días de edad.-

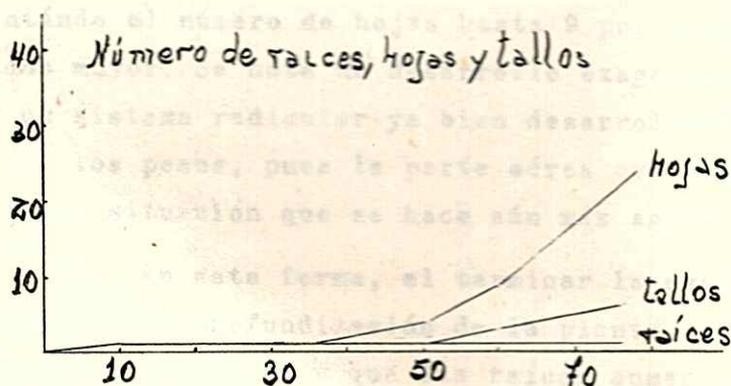
Nota: Dibujo de Enrique Sánchez y Fotografías del autor.-

75 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	1	27.0	22.0	6	24	8.0	6.5	0.0837	0.2095
2	1	32.0	21.0	6	23	7.0	6.0	0.0713	0.1694
3	1	36.5	25.0	5	21	7.5	6.0	0.0728	0.1353
4	1	32.0	21.0	5	21	8.0	7.0	0.0605	0.1757
5	1	25.0	17.5	3	12	7.0	5.0	0.0243	0.0644
6	1	35.5	24.5	7	29	9.5	7.0	0.1169	0.2402
Pr.	1	31.3	21.8	5.3	21.7	7.8	6.3	0.0716	0.1657

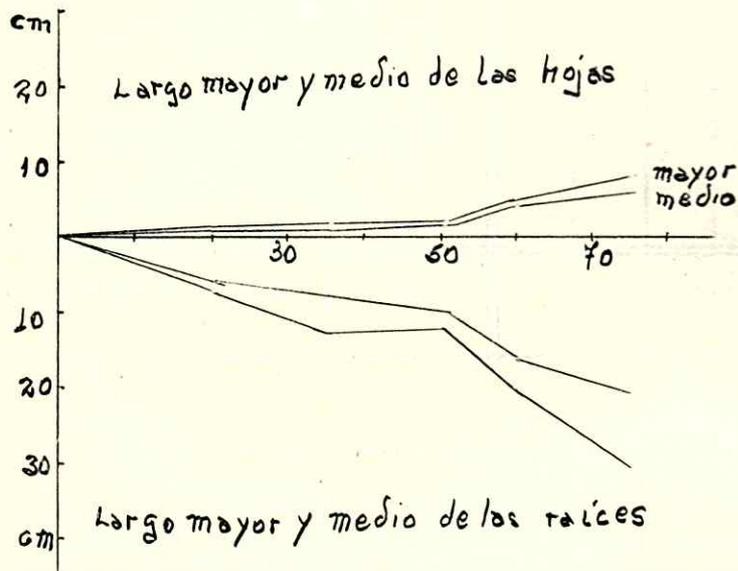
Especie completamente diferente a las demás, tanto por el hecho de ser leguminosa como también por su caracter de planta anual y efimera. Por la primera razón carece de sistema radicular secundario y durante todo el período de la experiencia aparece con una sola raíz que se dirige directamente hacia abajo, emitiendo ramificaciones que ocupan íntegramente el volumen de tierra que rodea a la planta. Por el hecho de ser efimera no necesita disponer de raíces profundas capaces de utilizar el agua durante durante los períodos de sequía, ni de otros órganos o adaptaciones especiales para resistir cuando el agua es escasa. En cambio, su sistema radicular fino y bien ramificado ocupa la parte superior de suelo, tiene

un rápido desarrollo y le permite utilizar al máximo el agua caída durante la época de las lluvias. El desarrollo de la raíz principal es extraordinariamente marcado y rápido al comienzo, pues cuando la planta apenas tiene dos cotiledones ya ha profundizado 7.2 cm. Los cotiledones sólo llegan hasta una altura



tura de 1.4 cm. El peso sin embargo es muy superior en la parte aérea. Prácticamente no se producen todavía ramificaciones radicales laterales de alguna importancia y si las hay no alcanzan a más de 1 cm.-

A los 30 días, la raíz sigue avanzando rápidamente hacia abajo y las ramificaciones son de tamaño mucho mayor. La altura máxima de las hojas



sigue siendo insignificante, al menos si se le compara con las raíces. El peso de ambas partes es prácticamente igual.-

A los 50 días se vé, según los resultados, una disminución en el largo de la raíz que debe atribuirse al error experimental y que indica que prácticamente no hay aumento de tamaño. No ocurre lo mismo con las ramificaciones que aumentan tanto en número como en tamaño y entran a jugar un papel importante en la planta. Es entonces cuando comienzan a for-

marse las hojas verdaderas y nos encontramos ya con 4 por planta. El tamaño es ligeramente superior y el peso es varias veces mayor que el encontrado a los 30 días, manteniéndose siempre el equilibrio entre los sistemas aéreos y radicales.-

Otro impulso al crecimiento se presenta hasta los 60 días, aumentándose el número de hojas hasta 9 por planta. La altura que alcanzan es mucho mayor. Se nota un desarrollo exagerado de la parte aérea a expensas de un sistema radicular ya bien desarrollado. Esto comienza a manifestarse en los pesos, pues la parte aérea aventaja en forma clara a la subterránea, situación que se hace aún más aguda a los 75 días.-

En esta forma, al terminar la experiencia, se ve que se produce una mayor profundización de la planta, que el número de hojas aumenta extraordinariamente y que las raíces aumentan en longitud y ramificaciones como nunca antes lo habían hecho. Todo esto se traduce en un peso muy superior de las raíces, aunque pequeño si se le compara con el de la parte aérea.-

Phalaris tuberosa var. stenoptera. (Hack). Hitch.-

20 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	5	9.4	2.4	1	2	7.7	3.4	0.0016	0.0024
2	4	6.2	4.4	1	2	9.7	9.8	0.0015	0.0040
3	4	6.8	4.5	1	3	7.0	5.5	0.0019	0.0044
4	5	11.0	5.0	1	2	7.2	5.2	0.0019	0.0028
5	1	4.7	---	1	1	3.7	---	0.0011	0.0019
6	1	4.6	---	1	1	4.7	---	0.0010	0.0012
Pr.	3.3	7.1	4.1	1	1.8	6.7	6.0	0.0015	0.0028

50 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	7	25.8	17	3	8	21	12	0.0398	0.0733
2	7	27.4	13	2	7	20	12	0.0316	0.0465
Pr.	7	26.6	15	2.5	7.5	20.5	12	0.0357	0.0599

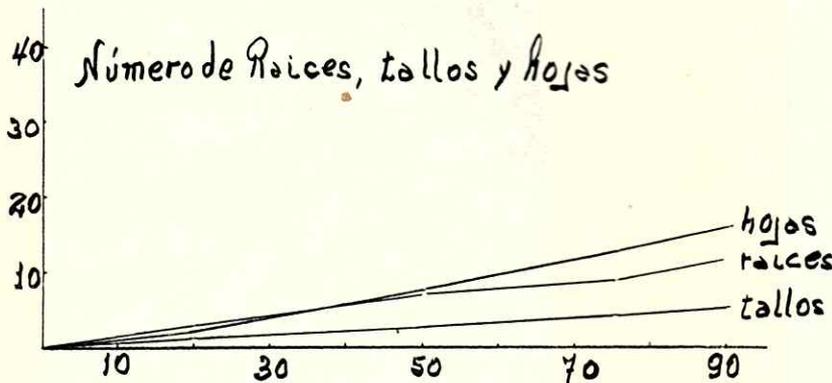
75 días

	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	10	52.0	26.0	4	12	40.0	21.0	0.0950	0.1726
2	11	29.5	30.0	6	18	35.5	22.0	0.0673	0.1847
3	7	34.0	26.5	4	14	36.5	20.5	0.1045	0.1802
4	10	30.0	20.5	4	12	42.0	23.0	0.1160	0.2359
5	6	31.5	18.0	3	10	34.5	17.0	0.0539	0.0993
6	9	32.0	20.5	3	11	32.0	19.0	0.0487	0.0990
Pr.	8.8	34.8	23.6	4.0	12.8	36.8	20.4	0.0809	0.1616

90 días

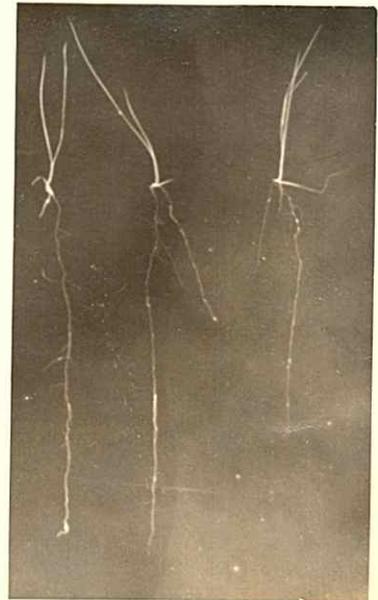
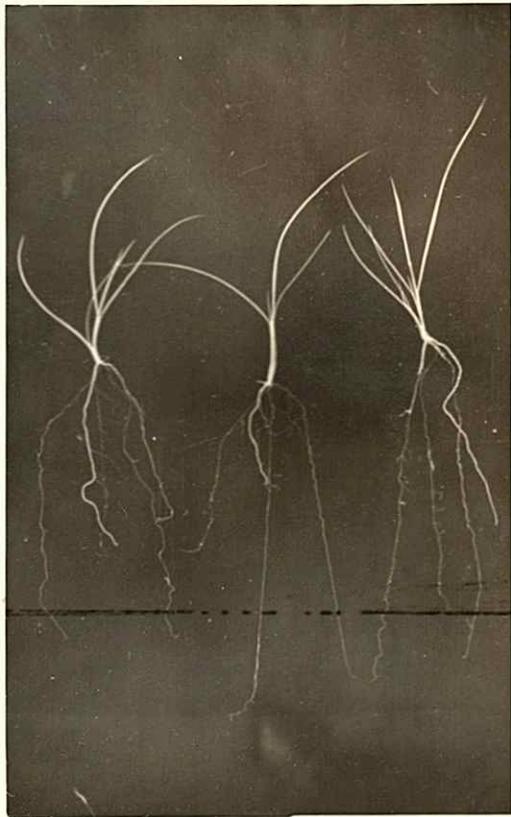
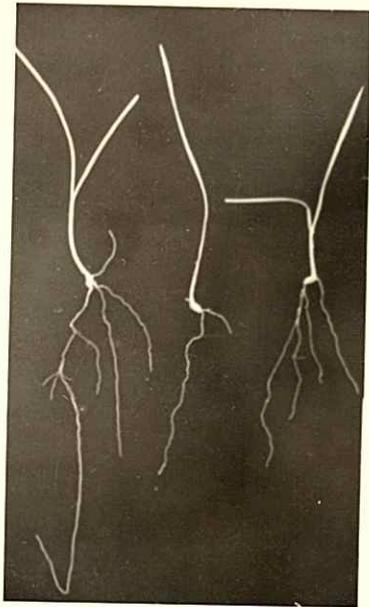
	Raíces			Parte aérea				Peso	
	Número	L.mayor	L.medio	Tallos	Hojas	L.mayor	L.medio	Raíz	Hojas
1	8	54	26.0	4	11	31.5	23.0	0.1871	0.2435
2	12	57.5	21.0	5	17	36.0	22.0	0.2833	0.3784
3	14	57.0	22.5	5	20	25.0	18.0	0.2813	0.2351
4	13	73.0	32.0	5	16	30.0	19.0	0.4078	0.3038
5	10	58.0	28.0	5	17	31.0	20.5	0.2681	0.3399
6	12	68.5	32.0	5	17	34.5	22.0	0.3544	0.3554
Pr.	11.5	61.4	26.9	4.8	16.3	31.3	20.8	0.2970	0.3093

Es la especie que se usó como patrón de comparación o testigo, pues su comportamiento en el terreno, en las condiciones de aridez del centro de Chile, es suficientemente conocido. Si no es sometida a una gran competencia con las especies anuales durante el primer año de vida, logra establecerse perfectamente bien y sobrellevar las condiciones de sequía estival que existen en la zona. Sin embargo, su comportamiento radicular en nuestras condiciones naturales no ha sido estudiado in situ, pero se presume que si es capaz de establecerse, las características del desarrollo de sus raíces le permiten resistir en buena forma a la sequía.-

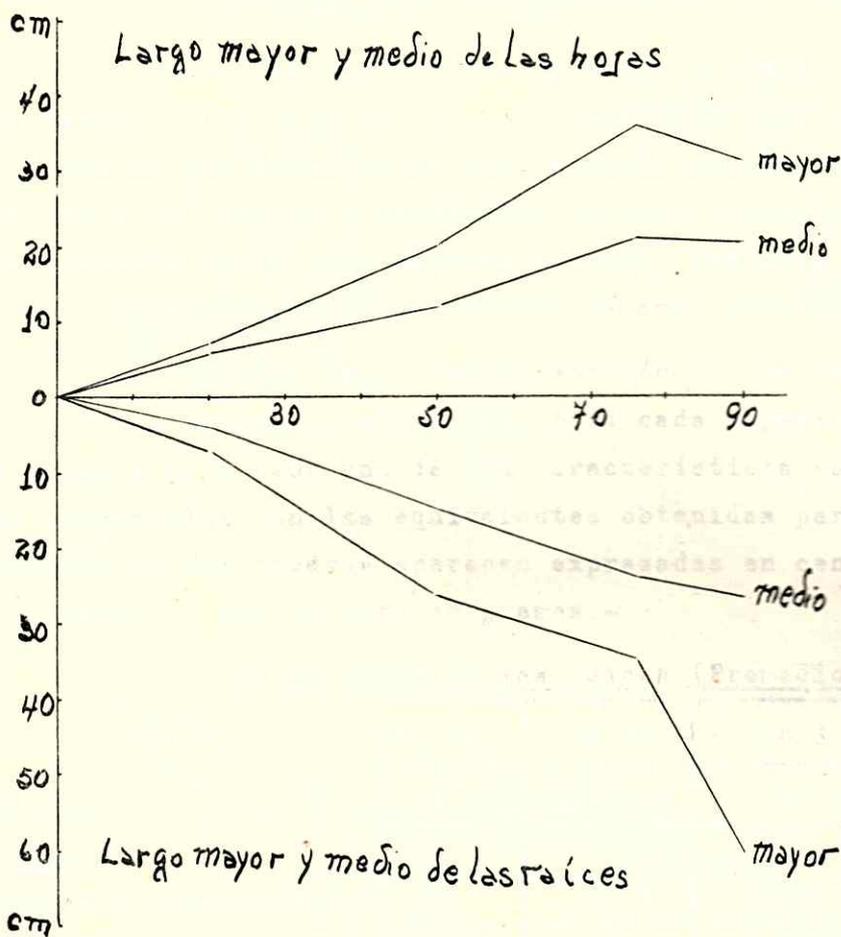


A través de los resultados, puede verse que se trata de una planta que, ya a los 20 ds. de edad dispone de 3.3 raíces por planta, aumentando en las otras fechas a 7, 8.8 y finalmente termina con 11.5 raíces por planta.

Estas cantidades están situadas entre los valores obtenidos para el resto, aunque para algunas edades es algo más bajo. El número de hojas y el de tallos es también reducido, si se les compara con las otras especies. El peso de la raíz es alto, desde la iniciación del crecimiento hasta el término de la experiencia. Pero, lo más notable de todo es la extraordinaria elongación de las raíces que lo sitúa sobre todas las demás especies



Phalaris tuberosa var. steroptera de 20 y 75 días de edad y Stipa papposa Nees de 35 y 50 días de edad.-



estudiadas. Si a esto se añade su gran vigor, se comprenderá su capacidad para establecerse y resistir a las condiciones de sequía que existen en la zona donde se le puede cultivar en condiciones de secano.-

Algunas de las otras especies incluídas en el trabajo, le aventajan en cada una de las características estudiadas y sólo se sitúa parcialmente en primer lugar por el largo máximo de las raíces a los 90 días de edad habiendo sido hasta los 75 días aventajado levemente por *Bromus unioloides*.-

CAPITULO CUARTO

INTERPRETACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Como las condiciones de medio ambiente en que se realizó la experiencia, (invernaderos) no corresponden a las que existen en el terreno, y como lo que interesa es precisamente conocer lo que probablemente ocurriría a las especies estudiadas en condiciones naturales se introdujo en la presente tesis, una especie testigo, *Phalaris tuberosa* var. *stenoptera* cuyo comportamiento en el terreno es ampliamente conocido.-

Para una mejor interpretación de los resultados se han agrupado las cifras promedios obtenidas, para cada especie en cada edad de las plantas y para cada una de las características estudiadas, con el objeto de compararlas con las equivalentes obtenidas para la especie testigo. Las medidas de los cuadros aparecen expresadas en centímetros, las que expresan tamaño y las de peso en gramos.-

Largo mayor de las raíces (Promedios)

	20 ds.	35 ds.	50 ds.	75 ds.	90 ds.
<u>Bromus</u>	14.3	---	30.8	37.4	53.0
<u>Stipa</u> (°)	1.7	7.9	14.4	19.3	26.8
<u>Nassella</u> Rinconada	4.1	13.9	23.7	31.5	28.3
<u>Nassella</u> Las Condes	5.8	13.2	24.7	30.6	----
<u>Poa</u> (°)	3.9	9.2	20.6	26.3	41.4
<u>Trifolium</u>	7.2	13.0	12.7	31.3	----
<u>Phalaris</u> (Testigo)	7.1	----	26.6	34.8	61.4

(°) Significativamente inferiores al *Phalaris* para $P = 0.05$

A los 20 días se encuentra que *Bromus* tiene el sistema radicular muy desarrollado, duplicando al largo alcanzado por *Phalaris*; *Trifolium* es ligeramente mayor. Muy inferior a todos está *Stipa* con un largo realmente muy pequeño. Le sigue *Poa* que, aunque su desarrollo no es grande, ya ha alcanzado a penetrar los primeros centímetros de suelo. *Nassella* de Rinconada tiene en un comienzo una menor capacidad de penetración que la procedente de Las Condes.-

Este primer impulso para penetrar las raíces a mayores profundidades de suelo es de gran importancia para especies que viven en las condiciones de pluviosidad que existen en la zona semi-árida del Centro de Chile. Muchas veces ocurre que la primera lluvia cae con una diferencia de 20 ó 30 y aún más días que la siguiente. Las semillas que germinan e inmediatamente emiten alguna raíz que alcance a varios cm. de profundidad tienen mayores posibilidades de éxito, pues en esa época el suelo se seca fácilmente, especialmente en su parte superior.-

A los 35 días, Trifolium sigue con un buen desarrollo, pero lo más notable es el gran crecimiento alcanzado por Nassella de Las Condes, que aunque prácticamente es igual al Trébol indica que al menos entre los 20 y 35 días tiene mayor velocidad de crecimiento.-

A los 50 días, las cifras van siendo más claras aún. Sólo Bromus aventaja a Phalaris. Nassella de Las Condes sigue creciendo bien y prácticamente está a la altura de Phalaris. La otra procedencia de Nassella tiene un desarrollo muy semejante y se encuentra prácticamente en el mismo lugar que la de Las Condes. Stipa se sitúa algo sobre ellas, aventajándolas levemente.-

Veinticinco días después, a los 75, las cifras se uniforman bastante. Bromus que al comienzo era muy superior a Phalaris crece a menor ritmo, aunque mantiene el primer lugar, tiene una longitud muy semejante. Stipa permanece en el nivel inferior y Poa, entre ésta y el resto. Las demás están más o menos parejas aunque unos 4 cm. inferiores que Phalaris. Nassella de Rinconada crece más que todas las demás y logra igualarse e incluso superior a la de Las Condes. Lo que ocurre aparentemente con las dos procedencias de esta especie es que tienen el mismo desarrollo radicular, pero se produce más temprano en una que en la otra. El Trébol presenta también buen desarrollo.-

Al término de la experiencia, Bromus ocupa el segundo lugar, detrás de Phalaris que es el que demuestra el mayor crecimiento. Poa tiene también un gran desarrollo, al menos superior al que había tenido hasta la fecha y Stipa termina también con poco desarrollo, mientras que Nassella de Rinconada se mantiene estacionaria.-

Puede decirse que el mayor desarrollo final lo presenta Phalaris, característica que le es de mucho valor para resistir a la sequía. Presenta raíces gruesas y vigorosas que se dirigen directamente hacia abajo. Bromus le aventaja durante casi todo el tiempo que duró la exper., perdiendo el primer lugar sólo al término del período experimental. El aspecto de sus raíces es casi igual al de Phalaris y en la parte aérea también presentan algunas semejanzas. Se obtiene la impresión que Nassella tiene un desarrollo radicular inicialmente más lento que Bromus y Phalaris, razón que puede explicar el gran alargamiento que estos presentan a los 90 ds., el que no se produce aún en ella. Stipa en cambio se mantiene siempre con escaso desarrollo radicular, no así Poa que aunque a los 75 ds. se muestra lenta, luego acelera su crecimiento a los 90 días.

Largo medio de las raíces (promedios)

Al comparar los resultados obtenidos de los largos medios de las raíces para plántulas de 20 días de edad, se puede ver que conservan el mismo orden correlativo que para el largo mayor de las raíces, aunque en

	20 ds.	35 ds.	50 ds.	75 ds.	90 ds.
<u>Bromus</u> (°)	8.8	---	21.7	28.6	34.3
<u>Stipa</u> (°°)	1.7	2.8	8.5	13.1	16.6
<u>Nassella</u> Rinconada	3.7	7.0	12.4	13.8	10.8
<u>Nassella</u> Las Condes	4.1	10.1	14.2	17.7	----
<u>Poa</u>	2.8	7.2	15.2	17.3	18.0
<u>Trifolium</u>	6.0	10.5	10.6	21.7	----
<u>Phalaris</u>	4.1	---	15.0	23.6	26.9

(°) Significativo.-

(°°) Altamente significativo.-

algunos casos, las diferencias no son iguales. Bromus está en primer lugar a bastante distancia del que le sigue, que es Trifolium, luego sigue Phalaris que tiene el mismo tamaño que Nassella de Las Condes, y por último están Poa y Stipa. Hasta los 35 ds., se ve que el mayor aumento lo mantiene Nassella de Las Condes y Trifolium.-

Stipa se mantiene durante toda la experiencia en condiciones inferiores al resto, llegando al término de ella sólo con 16.6 cm. de longitud. Nassella Rinconada, a pesar de que en comienzo presenta tendencia a un mayor desarrollo, al término del período experimental se ve que el aumento, si lo hay, es muy pequeño. La de Las Condes, en cambio, se caracteriza por crecer a mayor velocidad. Nos encontramos, entonces, ante dos plantas que tienen un crecimiento máximo igual pero cuyo crecimiento radicular medio es muy diferente. Poa aparece a los 20 días con poco desarrollo y crece con mayor ritmo hasta los 50. Pasado esto se mantiene hasta los 90 en un ritmo menor que en la primera parte de la experiencia. Trifolium, a pesar de los pocos datos que disponemos parece que creciera a igual velocidad durante todo el tiempo. Esto es de especial importancia pues como se sabe se trata de una especie anual que debe aprovechar al máximo el agua del suelo durante la época de las lluvias, que es cuando existe en cantidades aprovechables. Además debe considerarse que esta especie, en unos pocos meses debe desarrollar todas sus funciones vitales y que por lo tanto, el período que se puede considerar como plántula es realmente más corto que para las perennes, muchas de las que alcanzan su desarrollo completo al segundo e incluso al tercer año de vida.-

Es por eso que para esta especie es de mayor importancia esta medida de las raíces, como también lo sería la cantidad de ramificaciones de ellas y el volumen de suelo ocupado.-

En cuanto al tamaño del sistema radicular, Bromus presenta durante toda la experiencia el sistema radicular más completo y ocupa un mayor volumen de suelo. Phalaris, en cambio, ocupa un volumen a mayor pro-

fundidad pero no tan completo como Bromus. Para la resistencia a la sequía tal vez sea preferible el sistema radical de Phalaris, pues es capaz de aprovechar el agua disponible a mayores profundidades del suelo, donde la competencia por otras plantas, especialmente las anuales es menor, o simplemente no existe. Poa presenta el mismo aspecto aunque más vigorosas y cubre el suelo en buena forma. La diferencia con la anterior estaría en que las raíces más largas alcanzan hasta una profundidad mucho mayor; y por consiguiente son capaces de aprovechar una mayor cantidad de agua y durante un período más largo de tiempo.-

Número de raíces (Promedios)

	20 ds.	35 ds.	50 ds.	75 ds.	90 ds.
<u>Bromus</u> (°)	4.0	---	8.8	14.0	14.2
<u>Stipa</u>	2.2	3.2	4.7	8.3	11.6
<u>Nassella</u> Rinconada	1.2	3.8	5.8	5.8	12.0
<u>Nassella</u> Las Condes	2.8	4.8	6.0	6.2	----
<u>Poa</u> (°)	4.2	7.0	13.0	26.5	33.5
<u>Trifolium</u>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<u>Phalaris</u>	3.3	---	7.0	8.8	11.5

(°) Significativo para $P = 0.05$

El hecho de encontrar que Trifolium mantiene a través de toda la experiencia el mismo número de raíces se debe a que no dispone de un sistema radicular secundario.. En esta especie debería contabilizarse el número de ramificaciones, al menos las de primer orden que es bastante grande y, si fuera posible, evaluar, en alguna forma, al resto de las ramificaciones más pequeñas.-

A los 20 días de edad, Poa, Bromus y Phalaris tienen respectivamente las mayores cantidades de raíces por planta. Nassella de Rinconada tiene un número pequeño pero que puede no ser tan importante si se considera el largo de éstas, no ocurre así con Stipa, que además dispone de raíces sumamente cortas.-

A los 35 días se ve nuevamente que la especie con mayor número de raíces es Poa, lo que continúa ocurriendo hasta los 90 ds., cuando llega a tener en promedio más de 33.5 raíces por planta. Bromus, hasta los 50 ds., se mantiene en segundo lugar, inmediatamente superior a Phalaris. Las dos procedencias de Nassella tienen también un buen número de raíces cuando su edad llega a los 50 ds. Al llegar a 75 ds., el número de raíces de Poa es realmente grande pues alcanza a los 26.5 por planta, habiendo sido capaz en los últimos 15 días de duplicar el número de las que

tenía a los 50 ds, pero luego hasta los 90 ds., el ritmo de aumento disminuye. De los 75 a los 90 ds., Bromus prácticamente no presenta diferencias en número.-

Nassella de Rinconada, produce el mayor aumento en 15 días, y equivale a la mitad de su valor. Phalaris termina con igual cantidad que Stipa, con la diferencia que las raíces de ésta son de menor diámetro y longitud.-

Si se compara el número de raíces por planta con sus largos se obtiene la impresión de que, en general, existe una relación inversa: cuando se presenta un período de activo elongamiento radical, su número muestra una tendencia a no aumentar mucho y viceversa. Esto contribuye a que se produzcan aumentos graduales en la superficie del sistema radical, resultantes del aumento en número y de la elongación de las raíces individuales.-

Número de hojas y de tallos (Promedios)

	<u>Hojas</u>				
	20 ds.	35 ds.	50 ds.	75 ds.	90 ds.
<u>Bromus</u>	2.0	---	6.3	11.4	11.2
<u>Stipa</u> (°)	1.2	2.5	6.2	24.5	29.2
<u>Nassella</u> Rinconada	1.8	7.0	12.7	14.8	19.3
<u>Nassella</u> Las Condes	2.5	6.8	15.2	17.7	---
<u>Poa</u>	2.8	4.3	17.7	38.3	44.7
<u>Trifolium</u>	1.0	1.2	4.2	21.7	---
<u>Phalaris</u>	1.8	---	7.5	12.8	16.3

(°) Significativo para $P = 0.05$.-

(Sólo se comparó estadísticamente Bromus y Stipa con Phalaris).-

	<u>Tallos</u>				
	20 ds.	35 ds.	50 ds.	75 ds.	90 ds.
<u>Bromus</u>	1.0	---	1.5	2.4	2.5
<u>Stipa</u>	1.0	1.0	2.3	8.8	11.4
<u>Nassella</u> Rinconada	1.0	2.0	4.8	5.7	5.6
<u>Nassella</u> Las Condes	1.0	2.7	4.8	5.5	---
<u>Poa</u>	1.0	1.3	5.0	12.2	14.2
<u>Trifolium</u>	1.0	1.0	1.0	5.3	---
<u>Phalaris</u>	1.0	---	2.5	4.0	4.8

Para no entrar en repeticiones se considerará simultáneamente el número de tallos y de hojas, pues en la mayor parte de las veces se

presentan resultados semejantes para estas dos características, aunque, por supuesto que el número es inferior para los primeros.-

A los veinte días se vé que Trifolium tiene solamente una hoja y Stipa la aventaja levemente. Nassella de Rinconada se ha desarrollado en igual forma que Phalaris y es superada levemente por Bromus. Poa comienza también demostrándose desde un comienzo como productora de la mayor cantidad de hojas. Todas presentan en esta época un sólo tallo. A los 50 ds., se ve que Poa, y las dos procedencias de Nassella son los que han producido una mayor cantidad de hojas, superando notablemente a Phalaris. Bromus, cuyas hojas son anchas tiene un número escaso de ellas, al igual que Stipa, con la sólo diferencia que las de ésta última son muy delgadas y que con el transcurso de algunos días aumenta apreciablemente su número, especialmente entre los 50 y los 75 ds. en que suben de 6.2 a 24.5 hojas por planta. Bromus, en cambio, sube sólo a 11.4 a los 75 ds.. Las dos procedencias de Nassella, que al comienzo emiten una gran cantidad de hojas luego de transcurrido un tiempo continúan aumentando a un ritmo más lento, quedando ligeramente superior a Phalaris. Trifolium aumenta aceleradamente desde los 50 a los 75 ds., siendo éste uno de los mayores observados entre las especies estudiadas.-

En cuánto al número de tallos se ve que existe una estrecha relación con el número de hojas y se pueden aplicar conclusiones semejantes.-

La parte foliar es de gran importancia para todo el organismo de la planta, pues es la que elabora los productos absorbidos por las raíces y la que produce la fotosíntesis de los elementos que luego irán sirviendo para la nutrición de los tejidos de las raíces. Como se demostrará posteriormente un mayor desarrollo de la parte aérea indica también mayor desarrollo de las raíces.-

Largo mayor y medio de las hojas (Promedios)

Largo mayor

	20 ds.	35 ds.	50 ds.	75 ds.	90 ds.
<u>Bromus</u>	10.1	---	26.1	32.8	32.2
<u>Stipa</u>	4.0	4.2	6.1	12.7	17.0
<u>Nassella</u> Rinconada	4.1	7.9	13.6	17.6	21.6
<u>Nassella</u> Las Condes	5.9	8.0	11.3	14.3	----
<u>Poa</u>	5.2	6.1	10.5	18.8	18.1
<u>Trifolium</u>	1.4	1.6	1.7	7.8	----
<u>Phalaris</u>	6.6	---	20.5	36.7	31.3

Largo medio

	20 ds.	35 ds.	50 ds.	75 ds.	90 ds.
<u>Bromus</u>	8.8	---	18.2	20.6	22.7
<u>Stipa</u>	4.0	3.5	3.8	8.0	11.1
<u>Nassella Rinconada</u>	3.2	---	---	10.6	12.1
<u>Nassella Las Condes</u>	5.5	4.8	5.6	8.3	---
<u>Poa</u>	4.3	4.8	6.3	13.0	12.5
<u>Trifolium</u>	0.9	1.1	2.1	6.3	---
<u>Phalaris</u>	6.0	---	12.0	20.4	20.8

Se puede llegar a conclusiones semejantes a las sostenidas para el largo mayor de las raíces si se compara el largo mayor de las hojas. Generalmente las mayores longitudes de las raíces corresponden también a las mayores de las hojas. Así Bromus presenta valores muy semejantes a los de Phalaris salvo el hecho que al término de la experiencia el largo de las hojas es superior en Bromus, ocurriendo lo contrario en las raíces. Los dos procedencias de Nassella y Poa mantienen también esa proporción y ocupan más o menos los mismos lugares que para las raíces. Para todas estas especies, al comienzo, las raíces aventajan en tamaño levemente a las hojas pero a medida que transcurre el tiempo ésta diferencia se va haciendo cada vez mayor. En la Stipa ocurre algo diferente pues a los veinte días las raíces miden 1.7 cm., cuando las hojas miden ya 4.0 cm., pero a los 35 ya ocurre lo que es normal para el resto de las especies, es decir, que el tamaño de las raíces es superior al de las hojas. La gran diferencia se presenta en Trifolium, que tiene la raíz varias veces más larga que las hojas, cosa que no ocurre en ninguna de las otras especies; las hojas son sumamente pequeñas cuando la raíz ya presenta un desarrollo bastante grande. Se ve la tendencia de esta planta de crecer primeramente hacia abajo, desarrollando en forma desequilibrada las raíces, para luego, restarle importancia al crecimiento subterráneo y desarrollar principalmente la parte aérea.-

Las plantas de mayor altura son también las que tienen una mayor profundidad media de las raíces, haciendo Trifolium, también en este caso, la misma excepción que en el anterior.-

Comparando el tamaño de la parte aérea con el del sistema radicular puede verse que a mayor tamaño de la primera, ya sea del largo mayor como de la altura de la planta, se obtienen equivalencias de las mismas medidas en el sistema radicular. Según los resultados obtenidos, se puede comparar indistintamente el largo mayor o la altura con cualquiera de las otras dos medidas de las raíces pues la correlación es semejante para las dos características. Sin embargo, parece preferible hacerlo con el largo

mayor de las hojas, pues este valor, además de ser menos subjetivo, está más cerca de su equivalente para las raíces.-

Peso de las Raíces y Peso de la Parte aérea (Promedios)

	<u>Raíces</u>				
	20 ds.	35 ds.	50 ds.	75 ds.	90 ds.
<u>Bromus</u>	0.0086	-----	0.0697	0.3079	0.5097
<u>Stipa</u>	0.0003	0.0008	0.0045	0.0540	0.1259
<u>Nassella Rinconada</u>	0.0005	0.0043	0.0143	0.0272	0.0861
<u>Nassella Las Condes</u>	0.0010	0.0052	0.0175	0.0279	-----
<u>Poa</u>	0.0005	0.0021	0.0189	0.0862	0.1638
<u>Trifolium</u>	0.0005	0.0019	0.0053	0.0716	-----
<u>Phalaris</u>	0.0015	-----	0.0357	0.0809	0.2970

	<u>Parte aérea</u>				
	20 ds.	35 ds.	50 ds.	75 ds.	90 ds.
<u>Bromus</u> (°)	0.0089	-----	0.1000	0.2727	0.4715
<u>Stipa</u> (°)	0.0003	0.0008	0.0047	0.0641	0.1215
<u>Nassella Rinconada</u>	0.0008	0.0083	0.0303	0.0526	0.1650
<u>Nassella Las Condes</u>	0.0016	0.0097	0.0362	0.0923	-----
<u>Poa</u> (°)	0.0013	0.0052	0.0402	0.1825	0.2979
<u>Trifolium</u>	0.0009	0.0021	0.0060	0.1657	-----
<u>Phalaris</u>	0.0028	-----	0.0599	0.1616	0.3093

(°) Significativo para $P = 0.05$.-

El peso de las raíces es una de las medidas más ampliamente usada por los investigadores que se han dedicado al estudio de ellas. Desgraciadamente, tiene escasa relación con la extensión, superficie de absorción y resistencia a la sequía; pero sirve al menos para comparar la proporción que existe entre la parte aérea y la radicular. En forma aislada en plantas adultas indica muy poco; pero en plántulas es de mayor valor, pues en este caso prácticamente las raíces absorben agua y elementos nutritivos a lo largo de toda su extensión. Es conveniente, además de esto, conocer la profundidad que alcanzan, su número y sus ramificaciones, lo que equivale a conocer, aunque en forma indirecta la superficie de absorción de la planta.-

Durante el tiempo que transcurre la experiencia se ve que las raíces de mayor peso son las de Bromus y de Phalaris, que son también las de mayor longitud y diámetro. Al comienzo también están las de Nassella y

Poa, pero a partir de los 50 días algunas especies crecen más rápidamente que las otras y las superan. Ocurre así con Poa, Trifolium y Stipa, que logran dejar en último lugar a las dos procedencias de Nassella.-

Existe una relación entre el peso de las raíces y su tamaño, especialmente en lo que respecta al largo medio, aunque también se observa para su largo mayor. La única excepción a esto la presenta Trifolium especialmente al comienzo del crecimiento. No ocurre lo mismo con el número de raíces pues aparentemente no existe relación entre estos valores y conociendo su peso no es posible calcular ni remotamente su cantidad.-

Correlación.-

La relación que existe entre algunas características del sistema radicular y de la parte aérea se averiguó por medio de fórmulas matemáticas. Se buscó correlación en todas las especies consideradas en este trabajo y se encontró que en todos los casos estudiados, era altamente significativa.-

Para todas las gramíneas se buscó la correlación que existía hasta los 90 días de edad entre el número de raíces y el número de hojas; número de raíces y número de tallos; largo mayor de raíces y largo mayor de las hojas; peso de las raíces y peso de la parte aérea.. En todos los casos se obtuvo correlación positiva significativa para $P = 0.01$. Lo mismo ocurrió con Trifolium, aunque sólo se buscó para peso de la raíz y peso de la parte aérea y para número de hojas y peso de raíces.-

Como la correlación es altamente positiva, en estado de plántula y juvenil, al hacer posteriormente selecciones en el campo para elegir individuos en qué basar líneas con buen desarrollo radicular deberá elegirse a aquellas que presenten las hojas de mayor longitud, plantas de mayor altura, con mayor cantidad de follaje y en lo posible, con un número mayor de ellas, pues serán estas las que tengan una mayor cantidad de raíces, más grandes y desarrolladas, capaces de penetrar más profundamente en el suelo y en esta forma aprovechar el agua que se encuentra en zonas más profundas del suelo y estar en condiciones de resistir un tiempo mayor a la sequía que se produce durante los meses de verano y que se prolonga durante la mayor parte del año. Esta masa de raíces les permite aprovechar más efectivamente el agua y los nutrientes que existen en el suelo y competir ventajosamente, al mismo tiempo con las plantas anuales de rápido desarrollo primaveral y con mejores condiciones para subsistir durante los primeros meses de vida y lograr en consecuencia un mejor establecimiento.-

CONCLUSIONES:

Los resultados obtenidos durante el período de estudio permiten llegar a las siguientes conclusiones sobre las especies estudiadas:

1°) La especie que produce raíces de mayor longitud y peso es el Bromus unioloides y la que emite mayor cantidad de raíces principales y ramificaciones es Poa holciformis. Ambas fueron colectadas en la alta cordillera.-

2°) La especie testigo, Phalaris, cuyo buen comportamiento en las condiciones de aridez es atribuído principalmente a su desarrollo radicular, es aventajada en este respecto, prácticamente en todas las edades por algunas de las otras especies, ocupando generalmente el segundo o tercer lugar en la clasificación. Sólo hace excepción a esto en el largo mayor de las raíces cuando alcanza la edad de 90 días.-

3°) Aparentemente el desarrollo de las raíces de estas gramíneas (Exc. Stipa) es muy similar al de Phalaris tuberosa var. stenoptera en cuanto a las características más importantes para resistir a la sequía.-

4°) En el primer año de vida durante la época de las lluvias, las raíces de estas plantas alcanzarían un desarrollo suficiente como para resistir en buena forma la sequía de verano.-

Con la extensión y profundidad del sistema radicular de las plántulas de la mayoría de las especies estudiadas es posible que ellas alcancen a extraer una pequeña cantidad de agua y de nutrientes situados inmediatamente por debajo del alcance de las raíces de las plantas anuales. En esta forma, cuando las anuales agotan totalmente el agua almacenada en los horizontes superiores de suelo y se secan, las perennes pueden seguir aprovechando la que se encuentra más abajo y continuar su crecimiento, lo que les permitiría alcanzar niveles más profundos de suelo donde existen cantidades suficientes de humedad como para subsistir en el verano.-

5°) Cuando crecen en buenas condiciones, su desarrollo radicular durante el período de establecimiento es superior al de las anuales y llega a horizontes inferiores para extraer del suelo el agua que necesitan para subsistir durante la época seca del año. Si durante este período son sometidas a cualquier tratamiento que retarde o detenga el crecimiento radicular es probable que no alcancen a llegar hasta aquellas profundidades donde normalmente existe algo de humedad cuando las lluvias han cesado.-

6°) La cantidad de crecimiento de las raíces de las especies estudiadas

(Exc. Stipa) es muy similar al de Phalaris. La diferencia principal que existe está en la velocidad de desarrollo, siendo ésta una de los más veloces. Es muy importante, en estas condiciones, por cuanto dispone de muy pocos meses para completar el período de establecimiento.-

7°) Existe correlación positiva, altamente significativa, entre la longitud de las raíces y la longitud de las hojas, entre la cantidad de raíces y la cantidad de hojas y tallos, y entre el peso de las raíces y el peso de la parte aérea, para las gramíneas. Para la leguminosa, Trifolium glomeratum, ella se ha encontrado entre el número de hojas y peso de las raíces y entre el peso de las raíces y el peso de la parte aérea. Esto significa que, para estas especies, una mayor longitud de las hojas y una mayor altura de las plantas corresponde probablemente a raíces que alcanzan una mayor profundidad media y máxima. Significa que con mayor cantidad de hojas hay un número mayor de raíces y que si la parte aérea es más pesada son posiblemente más pesadas las raíces. Por lo tanto, dentro de una especie o ecotipo, las plántulas que tengan la parte aérea de mayor altura y desarrollo formarán probablemente las raíces más profundas y desarrolladas y estarán por consiguiente, en mejores condiciones para resistir a la sequía.-

8°) Los resultados obtenidos, aparentemente, indican que aquellas especies que disponen de muchas hojas de pequeño tamaño y abundantes raíces principales, disponen también de gran cantidad de ramificaciones radiculares de pequeño grosor y, por lo general, sus raíces ocupan principalmente la parte superior de suelo.-

9°) Trifolium glomeratum L. presenta una raíz principal muy vigorosa en los primeros cm., provista de una gran cantidad de raíces laterales, muy finas y largas que ocupan completamente la parte superior del suelo. La raíz principal se ramifica también activamente en el extremo inferior disminuyendo, en esta forma, su tamaño y vigor y llega prácticamente a la misma profundidad que las demás. No tiene raíces profundizadoras.-

RESUMEN:

En el presente trabajo se estudia el crecimiento radicular y aéreo durante el estado de plántula de cinco especies, una de ellas con dos ecotipos, de plantas forrajera nativas de la zona árida y semiárida del centro de Chile y de la cordillera de la provincia de Santiago. Cuatro de ellas son gramíneas perennes: Bromus unioloides, Stipa papposa, Nassella chilensis Rinconada, N. chilensis Las Condes y Poa holciformis. La otra es una leguminosa anual naturalizada, Trifolium glomeratum.-

El estudio se hizo en invernadero, sin calefacción, pero se comparan los resultados con una especie testigo cuyo comportamiento en

el terreno se conoce (Phalaris tuberosa var. stenoptera). El método empleado, en líneas generales, consiste en sembrar las especies estudiadas en maceteros o cajones y luego cada 15 a 25 días tomar seis individuos de cada una, sacarles la tierra y lavar sus raíces con agua. En seguida se toman todas las mediciones que se necesitan. Con estos valores se hizo el estudio del crecimiento radicular y aéreo de las especies mencionadas, durante los primeros 90 días de su desarrollo.-

Se encontró en general que el crecimiento radicular de estas especies ofrecía ciertas semejanzas con el testigo, aunque fué menor en algunas y levemente superior en otras. B. uniolooides fué superior en el largo medio, y en el largo máximo durante gran parte de la duración de la experiencia siendo súperado por el testigo sólomente en las últimas mediciones. P. holciformis se caracterizó por producir el mayor número de raíces y hojas. A mucha distancia de ésta, en segundo lugar se encuentra B. uniolooides pero sólo en lo que se refiere a la cantidad de raíces, aunque por su gran tamaño es la que presenta sistema radicular y aéreo de mayor peso. S. papposa se manifiesta en la mayoría de las mediciones significativamente menor que el resto de las especies estudiadas. T. glomeratum, como especie anual, carece de raíces vigorosas profundizadoras, pero, en cambio posee un sistema radicular superficial muy desarrollado y ramificado.-

Se observó la existencia de una estrecha relación entre el sistema aéreo y radicular. En todos los casos se encontró correlación altamente positiva entre algunas características de las medidas aéreas con sus equivalentes de las raíces.-

SUMMARY

The root and aerial growth during the seedling period of five native forage species (one with two ecotypes) from the arid, semi-arid, and mountain zones of central Chile is studied. Four of them are perennial grasses: Bromus unioloides, Stipa papposa, Nassella chilensis from Rinconada and Las Condes, and Poa holciformis, the fifth is a naturalized annual legume: Trifolium glomeratum.-

The work was conducted in a greenhouse, without artificial heating, but the results were compared with a control (Phalaris tuberosa var. stenoptera) whose behaviour in the field is known.-

The method employed was as following: the studied species and the control were seeded in pots and wooden boxes. Each 15 to 25 days six individuals of each were removed. Their roots were cleaned and washed in water, and the necessary measurements were taken. With these data the study of the radical and aerial growth was done for the aforementioned species, during their first 90 days of age.-

It was found that the root development of these species was somewhat similar to that of the control, even if it was inferior for some and slightly higher for others.-

During most of the experimental period B. unioloides showed a superior average and maximum root length than the control, however in the last measurements it proved to be inferior than this. P. holciformis was the greater producer of roots and leaves. Far from it, but as a second, was B. unioloides, but only a producer of roots. This species, due to its large size, had the heaviest weight of both roots and aerial organs. S. papposa yielded significantly lower values than the other species at most of the measurements. T. glomeratum, as an annual, lacks strong and deep roots, but it has, however, a superficial, well developed and branched root system.-

A narrow relationship between the aerial and root systems was observed. In each case a highly positive correlation between some characteristics of the aerial measurements and their root equivalents was found.-

En este anexo se han incluido todos aquellos cálculos que puedan proporcionar en alguna forma una mejor comprensión de los resultados obtenidos.-

CALCULO DE LA SIGNIFICACION

El cálculo de los valores de " t " se hizo mediante las siguientes fórmulas:

1.- Cuando se trata del mismo número de observaciones:

$$t = \frac{\bar{d}}{s \sigma}$$

$$s \sigma = \frac{\sqrt{\frac{\sum \sigma^2}{n}}}{\sqrt{\frac{1}{n}}}$$

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{\sqrt{\frac{\sum \sigma^2}{n}}}{\sqrt{\frac{1}{n}}}}$$

donde: \bar{d} = diferencia entre las observaciones (x - y)
 σ = desvíos de la diferencia
 n = número de pares de observaciones

Esta primera fórmula se utilizó cuando se comparaba el mismo número de observaciones. Para el cálculo se usaron las cifras promedios de las especies que se deseaba comparar. Todas las comparaciones se hicieron con Phalaris y al hablar de la diferencia significativa, se refiere siempre con respecto a esa especie testigo.-

2.- Cuando se trata de grupos de distinto número de observaciones:

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{\sum \sigma_x^2}{n} + \frac{\sum \sigma_y^2}{n'}} \sqrt{\frac{n+n'}{n n'}}}$$

σ = desvío
 $\sigma_x = \bar{x} - x$
 $\sigma_y = \bar{y} - y$
 n = número de pares de observaciones

I.- Comparación del Número de Raíces.-

a) Bromus - Phalaris

Bromus	Phalaris
4.0	3.3
8.8	7.0
14.0	8.8
14.2	11.5

$$\bar{d} = 2.6$$

$$\sum \delta^2 = 11.0$$

$$t = 3.76$$

Significativo para
P = 0.05

b) Stipa - Phalaris

Stipa	Phalaris
2.2	3.3
4.7	7.0
8.3	8.8
11.6	11.5

$$\bar{d} = 1.0$$

$$\sum \delta^2 = 3.6$$

$$t = 2.0$$

No es significativo

c) Nassella Las Condes - Phalaris

Nassella	Phalaris
2.8	3.3
6.0	7.0
6.2	8.8
---	11.5

$$\bar{X} = 5.0$$

$$\bar{Y} = 7.6$$

$$\sum \delta_x^2 = 7.2$$

$$\sum \delta_y^2 = 35.5$$

$$t = 1.18$$

No es significativo

d) Nassella Rinconada - Phalaris

Nassella	Phalaris
1.2	3.3
5.8	7.0
5.8	8.8
12.0	11.5

$$\bar{d} = 1.7$$

$$\sum \delta^2 = 3.8$$

$$t = 3.58$$

Significativo para
P = 0.05

e) Poa - Phalaris

Poa	Phalaris
4.2	3.3
13.0	7.0
26.5	8.8
33.5	11.5

$$\bar{d} = 11.5$$

$$\sum \delta^2 = 295.9$$

$$t = 2.67$$

Significativo para
P = 0.05

II.- Comparación del Largo Mayor de las Raíces.-

a) Bromus - Phalaris

Bromus	Phalaris
14.3	7.1
30.8	26.6
37.4	34.8
53.0	61.4

$$\bar{d} = 5.6$$

$$\sum \delta^2 = 21.6$$

$$t = 2.26$$

No es significativo

b) Stipa - Phalaris

Stipa	Phalaris		
1.7	7.1	$\bar{d} = 16.9$	
14.4	26.6	$\sum d^2 = 469.3$	
19.3	34.8	$t = 3.13$	Significativo para
26.8	61.4		P = 0.05

c) Nassella Las Condes - Phalaris

Nassella	Phalaris		
5.8	7.1	$\bar{X} = 32.5$	
24.7	26.6	$\bar{Y} = 20.3$	
30.6	34.8	$\sum d^2 = 1520.5$	
----	61.4	$\sum d^2 = 335.7$	
		$t = 0.84$	No es significativo

d) Nassella Rinconada - Phalaris

Nassella	Phalaris		
4.1	7.1	$\bar{d} = 10.6$	
23.7	26.6	$\sum d^2 = 676.6$	
31.5	34.8	$t = 1.63$	No es significativo
28.3	61.4		

e) Poa - Phalaris

Poa	Phalaris		
4.0	7.1	$\bar{d} = 9.4$	
20.6	26.6	$\sum d^2 = 164.5$	
26.3	34.8	$t = 2.94$	Significativo para
41.4	61.4		P = 0.05

III.- Comparación del largo medio de las raíces.-

a) Bromus - Phalaris

Bromus	Phalaris		
8.8	4.1	$\bar{d} = 4.6$	
21.7	15.0	$\sum d^2 = 29.6$	
23.8	23.6	$t = 3.41$	Significativo para
34.3	26.9		P = 0.05

b) Stipa - Phalaris

Stipa	Phalaris		
1.7	4.1	$\bar{d} = 7.5$	
8.5	15.0	$\sum d^2 = 44.2$	
13.1	23.6	$t = 4.54$	Significativo para
16.6	26.9		P = 0.01

c) Nassella Las Condes - Phalaris

Nassella	Phalaris			
4.1	4.1	\bar{x}	=	17.4
14.2	15.0	\bar{y}	=	12.0
17.7	23.6	$\sum \delta^2 x$	=	311.3
----	26.9	$\sum \delta^2 y$	=	98.6
		t	=	0.79

No es significativo

d) Nassella Rinconada - Phalaris

Nassella	Phalaris			
3.7	4.1	\bar{d}	=	7.3
12.4	15.0	$\sum \delta^2$	=	154.8
13.8	23.6	t	=	2.35
10.8	26.9			

No es significativo

e) Poa - Phalaris

Poa	Phalaris			
2.8	4.1	\bar{d}	=	4.41
15.2	15.0	$\sum \delta^2$	=	51.6
17.3	23.6	t	=	2.28
18.0	26.9			

No es significativo

IV.- Comparación del Peso de las Raíces.-

a) Bromus - Phalaris

Bromus	Phalaris			
0.0086	0.0015	\bar{d}	=	0.1244
0.0697	0.0357	$\sum \delta^2$	=	0.0432
0.3079	0.0809	t	=	2.17
0.5097	0.2970			

No es significativo

b) Stipa - Phalaris

Stipa	Phalaris			
0.0003	0.0015	\bar{d}	=	0.0547
0.0045	0.0357	$\sum \delta^2$	=	0.0186
0.0540	0.0809	t	=	1.62
0.1259	0.2970			

No es significativo

c) Nassella Las Condes - Phalaris

Nassella	Phalaris			
0.0010	0.0015	\bar{x}	=	0.1038
0.0175	0.0357	\bar{y}	=	0.0154
0.0279	0.0809	$\sum \delta^2 x$	=	0.0529
-----	0.2970	$\sum \delta^2 y$	=	0.0004
		t	=	1.13

No es significativo

d) Nassella Rinconada - Phalaris

Nassella	Phalaris			
0.0005	0.0015	\bar{d}	=	0.0718
0.0143	0.0357	$\sum \delta^2$	=	0.0272
0.0272	0.0809	t	=	1.79
0.0861	0.2970			

No es significativo

e) Poa - Phalaris

Poa	Phalaris		
0.0005	0.0015	$\bar{d} =$	0.0391
0.0189	0.0357	$\leq \delta^2 =$	0.0118
0.0862	0.0809	$t =$	1.45
0.1638	0.2970		No es significativo

V.- Comparación del Peso de la Parte aérea.-

a) Bromus - Phalaris

Bromus	Phalaris		
0.0089	0.0028	$\bar{d} =$	0.0799
0.1000	0.0599	$\leq \delta^2 =$	0.0148
0.2727	0.1616	$t =$	2.66
0.4715	0.3093		No es significativo

b) Stipa - Phalaris

Stipa	Phalaris		
0.0003	0.0028	$\bar{d} =$	0.0857
0.0047	0.0599	$\leq \delta^2 =$	0.0183
0.0641	0.1616	$t =$	2.53
0.1215	0.3093		Significativo para P = 0.05

c) Nassella Rinconada - Phalaris

Nassella	Phalaris		
0.0008	0.0028	$\bar{d} =$	0.0712
0.0303	0.0599	$\leq \delta^2 =$	0.0162
0.0526	0.1616	$t =$	2.25
0.1650	0.3093		No es significativo

d) Poa - Phalaris

Poa	Phalaris		
0.0013	0.0028	$\bar{d} =$	0.0134
0.0402	0.0599	$\leq \delta^2 =$	0.0002
0.1825	0.1616	$t =$	3.44
0.2979	0.3093		Significativo para P = 0.05

CORRELACION

El cálculo de la correlación se hizo tomando todas las observaciones de una determinada característica de una especie o ecotipo y comparándolas luego con las obtenidas para la otra característica de la misma planta denominando a unos " x " y a los otros " y " .-

Se usó la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sum x y - n \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{(\sum x^2 - n \bar{x}^2)(\sum y^2 - n \bar{y}^2)}}$$

r = correlación
n = número de pares de Obser.
 $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$
 $\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$

Los resultados obtenidos en las especies estudiadas para cada par de factores son los siguientes:

Bromus.-

a) Peso de las Raíces y Peso de la parte aérea.-

$$\begin{aligned}n &= 22 \\ \bar{X} &= 0.2358 \\ \bar{Y} &= 0.2203 & r = 0.98 & \text{Significativo para } P = 0.01 \\ \sum X^2 &= 2.2135 \\ \sum Y^2 &= 1.8314 \\ \sum XY &= 1.9954\end{aligned}$$

b) Largo mayor de las raíces y largo mayor de las hojas.-

$$\begin{aligned}n &= 21 \\ \bar{X} &= 35.7 \\ \bar{Y} &= 25.8 & r = 0.80 & \text{Significativo para } P = 0.01 \\ \sum X^2 &= 31576.6 \\ \sum Y^2 &= 15545.1\end{aligned}$$

c) Número de raíces y número de hojas.-

$$\begin{aligned}n &= 20 \\ \bar{X} &= 10.2 \\ \bar{Y} &= 7.9 & r = 0.94 & \text{Significativo para } P = 0.01 \\ \sum X^2 &= 2486 \\ \sum Y^2 &= 2010\end{aligned}$$

d) Número de raíces y número de tallos.-

$$\begin{aligned}n &= 21 \\ \bar{X} &= 10.2 \\ \bar{Y} &= 1.9 & r = 0.81 & \text{Significativo para } P = 0.01 \\ \sum X^2 &= 2607 \\ \sum Y^2 &= 92 \\ \sum XY &= 475\end{aligned}$$

Stipa.-

a) Peso de raíz y peso de la parte aérea

$$\begin{aligned}n &= 29 \\ \bar{X} &= 0.0340 \\ \bar{Y} &= 0.0354 & r = 0.98 & \text{Significativo para } P = 0.01 \\ \sum X^2 &= 0.1087 \\ \sum Y^2 &= 0.1076 \\ \sum XY &= 0.1071\end{aligned}$$

b) Largo mayor de las raíces y largo mayor de las hojas.-

$$\begin{aligned}n &= 28 \\ \bar{X} &= 13.6 \\ \bar{Y} &= 8.2 & r = 0.84 & \text{Significativo para } P = 0.01 \\ \sum X^2 &= 7581.9 \\ \sum Y^2 &= 2661.2 \\ \sum XY &= 4284.5\end{aligned}$$

c) Número de raíces y número de hojas.-

$$\begin{aligned}n &= 29 \\ \bar{X} &= 5.8 \\ \bar{Y} &= 12.8 & r = 0.91 & \text{Significativo para } P = 0.01 \\ \sum X^2 &= 1354.0 \\ \sum Y^2 &= 10232.0\end{aligned}$$

d) Número de raíces y número de tallos.-

$$\begin{aligned}n &= 29 \\ \bar{X} &= 5.8 \\ \bar{Y} &= 4.7 & r = 0.91 & \text{Significativo para } P = 0.01 \\ \sum X^2 &= 1354 \\ \sum Y^2 &= 1250 \\ \sum XY &= 1230\end{aligned}$$

Nassella Rinconada.-

a) Peso de las raíces y peso de la parte aérea.-

$$\begin{aligned}n &= 30 \\ \bar{X} &= 0.0265 \\ \bar{Y} &= 0.0514 & r = 0.92 & \text{Significativo para } P = 0.01 \\ \sum X^2 &= 0.0551 \\ \sum Y^2 &= 0.1952 \\ \sum XY &= 0.1026\end{aligned}$$

b) Largo mayor de las raíces y largo mayor de las hojas.-

$$\begin{aligned}n &= 30 \\ \bar{X} &= 20.3 \\ \bar{Y} &= 12.9 & r = 0.82 & \text{Significativo para } P = 0.01 \\ \sum X^2 &= 16286.2 \\ \sum Y^2 &= 6306.5 \\ \sum XY &= 9712.4\end{aligned}$$

c) Número de raíces y número de hojas.-

$$\begin{aligned}n &= 30 \\ \bar{X} &= 5.7 \\ \bar{Y} &= 11.1 & r = 0.83 & \text{Significativo para } P = 0.01 \\ \sum X^2 &= 1410 \\ \sum Y^2 &= 9680 \\ \sum XY &= 2522\end{aligned}$$

d) Número de raíces y número de tallos.-

$$n = 30$$

$$\bar{X} = 5.7$$

$$\bar{Y} = 3.8$$

$$\sum X^2 = 1410$$

$$\sum Y^2 = 569$$

$$\sum XY = 823$$

$$r = 0.70$$

Significativo para $P = 0.01$

Nassella Las Condes.-

a) Peso de las raíces y peso de las hojas.-

$$n = 29$$

$$\bar{X} = 0.0107$$

$$\bar{Y} = 0.0290$$

$$\sum X^2 = 0.0074$$

$$\sum Y^2 = 0.0619$$

$$\sum XY = 0.0199$$

$$r = 0.99$$

Significativo para $P = 0.01$

b) Largo mayor de las raíces y largo mayor de las hojas.-

$$n = 28$$

$$\bar{X} = 16.9$$

$$\bar{Y} = 9.1$$

$$\sum X^2 = 10917.3$$

$$\sum Y^2 = 2691.4$$

$$\sum XY = 5237.5$$

$$r = 0.97$$

Significativo para $P = 0.01$

$$r = 0.88$$

Significativo para $P = 0.01$

c) Número de raíces y número de hojas.-

$$n = 29$$

$$\bar{X} = 4.5$$

$$\bar{Y} = 8.9$$

$$\sum X^2 = 661$$

$$\sum Y^2 = 3630$$

$$\sum XY = 1442$$

$$r = 0.88$$

Significativo para $P = 0.01$

$$r = 0.86$$

Significativo para $P = 0.01$

d) Número de raíces y número de tallos.-

$$n = 29$$

$$\bar{X} = 4.5$$

$$\bar{Y} = 3.1$$

$$\sum X^2 = 661$$

$$\sum Y^2 = 383$$

$$\sum XY = 479$$

$$r = 0.84$$

Significativo para $P = 0.01$

Poa.-

a) Peso de las raíces y peso de la parte aérea.-

$$n = 30$$

$$\bar{x} = 0.0545$$

$$\bar{y} = 0.1054$$

$$\sum x^2 = 0.2408$$

$$\sum y^2 = 0.8140$$

$$\sum xy = 0.4297$$

$$r = 0.95 \quad \text{Significativo para } P = 0.01$$

b) Largo mayor de las raíces y largo mayor de las hojas.-

$$n = 30$$

$$\bar{x} = 20.3$$

$$\bar{y} = 11.7$$

$$\sum x^2 = 18168.2$$

$$\sum y^2 = 5177.1$$

$$\sum xy = 9218.4$$

$$r = 0.84 \quad \text{Significativo para } P = 0.01$$

c) Número de raíces y número de hojas.-

$$n = 30$$

$$\bar{x} = 16.5$$

$$\bar{y} = 21.6$$

$$\sum x^2 = 11956$$

$$\sum y^2 = 23733$$

$$\sum xy = 16627$$

$$r = 0.97 \quad \text{Significativo para } P = 0.01$$

d) Número de raíces y número de tallos.-

$$n = 30$$

$$\bar{x} = 16.5$$

$$\bar{y} = 6.7$$

$$\sum x^2 = 11956$$

$$\sum y^2 = 2369$$

$$\sum xy = 5251$$

$$r = 0.98 \quad \text{Significativo para } P = 0.01$$

Trifolium.-

a) Peso de la raíz y peso de la parte aérea.-

$$n = 30$$

$$\bar{x} = 0.0207$$

$$\bar{y} = 0.0417$$

$$\sum x^2 = 0.0391$$

$$\sum y^2 = 0.1909$$

$$\sum xy = 0.0849$$

$$r = 0.97 \quad \text{Significativo para } P = 0.01$$

b) Número de hojas y peso de la raíz.-

$$n = 30$$

$$\bar{x} = 7.4$$

$$\bar{y} = 0.0207$$

$$\sum x^2 = 0.0391$$

$$\sum y^2 = 3597$$

$$\sum xy = 11.6$$

$$r = 0.98$$

Significativo para $P = 0.01$

Phalaris.-

a) Peso de la raíz y peso de la parte aérea.-

$$n = 20$$

$$\bar{x} = 0.1174$$

$$\bar{y} = 0.1482$$

$$\sum x^2 = 0.6040$$

$$\sum y^2 = 0.7712$$

$$\sum xy = 0.6495$$

$$r = 0.91$$

Significativo para $P = 0.01$

b) Largo de la raíz y largo mayor de las hojas.-

$$n = 20$$

$$\bar{x} = 33.6$$

$$\bar{y} = 24.5$$

$$\sum x^2 = 32196.2$$

$$\sum y^2 = 15235.0$$

$$\sum xy = 20612.4$$

$$r = 0.74$$

Significativo para $P = 0.01$

c) Número de raíces y número de hojas.-

$$n = 20$$

$$\bar{x} = 7.8$$

$$\bar{y} = 10.0$$

$$\sum x^2 = 1486$$

$$\sum y^2 = 2812$$

$$\sum xy = 1996$$

$$r = 0.92$$

Significativo para $P = 0.01$

d) Número de raíces y número de tallos.-

$$n = 20$$

$$\bar{x} = 7.8$$

$$\bar{y} = 3.2$$

$$\sum x^2 = 1486$$

$$\sum y^2 = 262$$

$$\sum xy = 611$$

$$r = 0.97$$

Significativo para $P = 0.01$

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ALBERTSON, W.F. 1937.- Ecology of mixed prairie in West Central Kansas. Ecological Monog., 7:481-547. (En Cook, C.W. Ecology 24:169-182).-
- 2.- BAILEY, L.F. 1940.- Some water relations of the western grasses II Drought resistance. III Root development. Am. Jour. Bot. 27:128-135.-
- 3.- BARKER, H.K. 1957.- Studies on the root development of herbage plants. Jour. Brit. Grass. Soc. 12:116.-
- 4.- BLOODWORTH, M.E., C.A. BURLESON and W.R. COWLEY. 1958.- Root distribution of some irrigated crops using undisrupted soil cores. Agr. Jour. 50:317-320.-
- 5.- BRIGGS, L.S. and SCHANTZ, H.L. 1913.- The water requirements of plants. U.S.D.A. Bur. Plant. Ind. Bul. 284. 49p.-
- 6.- BURTON, W.G., P.M. GORDON and Y.E. JACKSON. 1957.- Studies of drought tolerance and water use of several southern grasses. Agr. Jour. 49:498-503.-
- 7.- CANNON, W.A. 1949.- A tentative classification of root systems Ecology. 30:542-548.-
- 8.- COETZIE, J.A., M.I. PAGE and D. MEREDITH. 1946.- Root studies in high veld grassland communities. S. Afr. J. Sci. 42:105-118 (En Jour. Brit. Grass. Soc. Vol. 12: 49:55).-
- 9.- COOK, C.W. 1948.- A Study of the root of "Bromus inermis" in the relation to drought resistance Ecology 24: 169:182.-
- 10.- CHANBLEE, O.S., W.W. WOODHOUSE and N.S. HALL. 1952.- The contribution of roots occurring at different depths, to the Ladino, Fescue and Orchard Grass plant. South. Soil Rs. Comt. Phosphorus Subcomt. Sum. Field and Greenhouse Expt. Radiophosphorus South Region 41-47.-
- 11.- DAUBENMIRE, R.F. 1953.- Plants and Environment. John Wiley & Sons. New York: 1-379.-
- 12.- DITTMER, H.J. 1937.- A quantitative study of the roots and hairs of a winter rye plant. Amer. Jour. Bot. 24: 417-420.-
- 13.- DITTMER, H.J. 1959.- A study of root systems of certain sand dune plants in New Mexico. Ecology 40:265-273.-
- 14.- FOX, R.L., J.E. WEAVER and R.C. LIPPS. 1953.- Influence of some soil-profile characteristics upon the distribution of roots of grasses. Agr. Jour. 45:583-589.-

- 15.- FRIBOURG, H.A. 1953.- A rapid method for washing roots. Agr. Jour. 45:334-335.-
- 16.- FRISCHKNECHT, N.C. 1951.- Seedling emergence and survival of range grasses in Central Utah. Agr. Jour. 43:177-182.-
- 17.- GATES, C.T. 1951.- Quantitative recovery of root systems pot experiments. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 47:152-154.-
- 18.- HAAS, H.J. 1958.- Effect of fertilizers, age of stand, and decomposition on weight of grass roots and of grass and alfalfa on soil nitrogen and carbon. Agr. Journ. 50.-
- 19.- HAAS, H.J. and G.A. ROGLER. 1953.- A technique for photographing grass roots in situ. Agr. Jour. 45:145.-
- 20.- HALL, N.S., W.F. CHANDLER, C.H. van BAVEL, M. REID and J.H. ANDERSON. 1953.- A technique to measure growth and activity of plant and root systems. Bull 101. North Car. Exp. Sta. Tech: 1-40.-
- 21.- HELMERS, H., J.S. HORTON, G. JUUREN and O'KEEFER. 1955.-
Root systems of some chaparral plants in Southern California. 667-677.-
- 22.- HENDRICKSON, A.H. and F.J. VEIHMEYER. 1931.- Influence on dry soil on root extension. Plant Physiol. 6:567-576 (En Veihmeyer 1958. La humedad de suelo y su aprovechamiento por las plantas. Traducción: Min. Agric. Chile).-
- 23.- HUBARD, V.C. 1938.- Root studies of four varieties of spring wheat. Jour. Am. Soc. Agr. 30:60-62. (En C.W. Cook Ecology 24).-
- 24.- HUNTER, A.S. and O.J. KELLEY. 1946.- The extension of plant roots into dry soil. Plant. Physiol. 21:445-451. (En Veihmeyer 1958. La humedad del suelo y su aprovechamiento por las plantas. Traducción Min. Agric. Chile).-
- 25.- KELLER, W. 1953.- Water requirements of selected genotypes of orchardgrass. Dactylis glomerata L. Agr. Jour. 45.-
- 26.- LAING, CH.C. 1958.- Studies in the ecology of Amophila breviligulata. Seedling survival and its relation to population increase and dispersal. Ecology 119:216.-
- 27.- LAMBA, P.S., H.L. AHLGREEN and R.J. MUCKENHIRN. 1949.- Root growth of alfalfa, medium red clover, some grass and timothy under various soil conditions. Agr. Jour. 41: 451-458.-
- 28.- LOOMIS, W.E. and L.M. EWAN. 1936.- Hydrotropic response of roots in soil. Bot. Gaz. 97:728-743. (En Veihmeyer 1958. La humedad del suelo y su aprovechamiento por las plantas. Traducción Min. Agric. Chile).-

- 29.- MAXIMOW, N.A. 1929.- The plant in relation to water. Allen & Unwin. London, 451 pp.-
- 30.- Mc ALISTER, DEAN F. 1944.- Determination of soil drought resistance in grass seedlings. Jour. Am. Soc. Agr. 36:324-336. (En Jour. Am. Soc. Agron. 43:177).-
- 31.- NOLL, W.C. 1939.- Environment and physiological activities of winter wheat and prairie during extreme drought. Ecology 20:479-506.-
- 32.- OLMSTED, C.E. 1941.- Growth and development of Bouteloua curtipendula in relation to water supply. Bot. Gaz. 102:499-519.-
- 33.- PAVLYCHENKO, T.K. 1937.- Quantitative study of the entire root systems of weed and crop plants under field conditions. Ecology 18:62-79. (En C.W. Cook, Ecology 24).-
- 34.- PAULSEN, H.A. Jr. 1953.- A comparison of surface soil properties under mezquite and perennial grass. Ecology 34:727-732.-
- 35.- PELTON, J. 1953.- Ecological cycle of seed plants. Ecology 34:619-628.-
- 36.- PESSIN, L.J. & R.A. CHAPMAN. 1944.- The effect of living grass on the growth of longleaf pine seedlings in pots. Ecology 25:85-90.-
- 37.- PLUMMER, A.P.- The germination and early seedling development of twelver range grasses. Jour. Am. Soc. Agron. 35:19-34.-
- 38.- RICHARDSON, A.E.V. 1923.- The water requirement of farm crops. Victoria Aust. Dept. Agric. Journ.-
- 39.- ROBERTSON, J.H. 1943.- Seasonal root development of sagebrush (Artemisa tridentata. Nutt.) in relation to range reseeding. Ecology 24:125-126.-
- 40.- RUNYAN, E.H. 1936.- Relation of water content to dry weight in leaves of creosote bush. Bot. Gaz. 97:518-553.-
- 41.- SCHURMAN, J.J. and GOEDEWAAGEN, M.A.J. 1955.- A new method for the simultaneous preservation of profiles and roots.
- 42.- Smith, D. 1951.- Root branching of alfalfa varieties and strains. Agr. Jour. 43:573-575.-
- 43.- STEVENSON, T.M. and W.J. WHITE. 1941.- Root fibre production of some perennial grasses. Sci. Agr. 22:108-118.-
- 44.- UPCHURCH, R.P. and R.L. LOVVORN. 1951.- Grass morphological root habits of Alfalfa in North Carolina. Jour. Agr. 43:493-498.-
- 45.- VEIHMAYER, F.J. 1958.- La humedad del suelo y su aprovechamiento por las plantas. Traducción E. Jordán. Min. Agr. Chile.-

- 46.- WALTER, H. 1924.- Plasmaquellung un wachstum. Zeitschr. Bot.
16:353-417.-
- 47.- WEAVER, J.E. 1926.- Root development of field crops. Mc Graw
Hill. New York.-
- 48.- WEAVER, J.E. and E. ZINK. 1946.- Annual increase of underground
materials in three range grasses. Ecology 27:115-
127.-
- 49.- WILLIAMS, T.E. and H.K. BAKER. 1957.- I. Techniches of herbage
plants. Journ. Brit. Grass. Soc. 12:49-55.-

ESQUEMA BIOGRAFICO.-

Juan Miguel Gastó Llerena, nació en Valdivia el 29 de Noviembre de 1925, hijo de don Enrique Gastó Soler y de doña María Llerena Llerena.-
Comenzó sus estudios primarios y secundarios en el Colegio de los Sagrados Corazones (Padres Franceses) de Valdivia, finalizando en 1953. Al año siguiente ingresó a la Escuela de Agronomía de la Universidad de Chile, de donde egresó en 1956.-

ESQUEMA BIOGRAFICO.-

Juan Miguel Gastó Coderch, nació en Santiago el 29 de Noviembre de 1935. Hijo de don Enrique Gastó Soley y de doña Nieves Coderch Llorens.-

Cursó sus estudios primarios y secundarios en el Colegio de los Sagrados Corazones (Padres Franceses) de Santiago, finalizando en 1953. Al año siguiente ingresó a la Escuela de Agronomía de La Universidad de Chile, de donde egresó en 1958.-