

**EVALUACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS FISIOLÓGICOS DEL RAYGRASS
BESTFOR (*Lolium perenne*), BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS HÍDRICO**

Investigadores:

Juan Santiago Restrepo Soto

Andrés Felipe Escobar Ortiz

Asesores:

Jorge Mario Noreña

Gregory Mejía Sandoval

Facultad: Medicina Veterinaria y Zootecnia

Grupo de investigación: INCA – CES

**Línea de investigación: Biotecnología y desarrollo integral de sistemas
pecuarios**

Medellín 2007

**EVALUACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS FISIOLÓGICOS DEL RAYGRASS
BESTFOR (*Lolium perenne*), BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS HÍDRICO**

Investigadores:

Juan Santiago Restrepo Soto

Andrés Felipe Escobar Ortiz

Asesores:

Jorge Mario Noreña

Gregory Mejía Sandoval

Facultad: Medicina Veterinaria y Zootecnia

**Informe final presentado para optar al título de Médico Veterinario y
Zootecnista**

Medellín 2007

INDICE DE CONTENIDO

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	8
1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	8
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 GENERALIDADES DEL RAYGRASS.....	9
2.1.1 Clasificación taxonómica.....	12
2.2 ESTRÉS HÍDRICO.....	12
3. HIPÓTESIS.....	31
4. OBJETIVOS.....	32
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	32
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	32
5. METODOLOGÍA.....	33
5.1 LOCALIZACIÓN.....	33
5.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE VIDA Y CLIMATOLOGÍA.....	33
5.3 TIPIFICACIÓN DEL SUSTRATO.....	33
5.4 TIPO DE ESTUDIO.....	34
5.5 POBLACIÓN.....	34
5.6 DISEÑO MUESTRAL.....	34
5.7 DISEÑO DEL EXPERIMENTO.....	35
5.7.1 Tratamientos.....	35
5.7.2 Mantenimiento de las unidades experimentales.....	35
5.8 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES.....	37
5.9 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	37
5.9.1 Tallo.....	37
5.9.2 Raíz.....	37
5.9.3 Hojas.....	37
5.10 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	38

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
6.1 RAÍZ.....	39
6.2 TALLO.....	40
6.3 LONGITUD DE LA HOJA # 1.....	41
6.4 LONGITUD DE LA HOJA # 2.....	42
6.5 LONGITUD DE LA HOJA # 3.....	44
6.6 LONGITUD DE LA HOJA # 4.....	45
6.7 LONGITUD DE LA HOJA # 5.....	46
7. CONCLUSIONES.....	48
8. BIBLIOGRAFÍA.....	49

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la evolución de la longitud de algunos órganos vegetales del Raygrass bestfor, como lo fueron el tallo, la raíz y las cinco primeras hojas, en respuesta a un estrés hídrico inducido. Se tuvieron tres tratamientos, el tratamiento 1 estuvo a capacidad de campo (0.3 bares, 50% de la máxima capacidad de retención de agua en el suelo), el tratamiento 2 a 1.5 bares y el tratamiento 3 a 3.0 bares, induciendo en el tratamiento 2 un estrés hídrico moderado y el tratamiento 3 un estrés hídrico alto. Los resultados tuvieron una diferencia estadísticamente significativa entre la longitud del tallo y la raíz entre el tratamiento 1 y los otros dos, debido a la buena disponibilidad de agua a capacidad de campo. Mientras, se generaban las hojas en los diferentes tratamientos, se observó la tendencia de un mejor y mayor crecimiento en el tratamiento 1 con respecto a los otros dos y del dos con respecto al tres, demostrando esto que la falta de agua en el suelo afecta directamente al desarrollo fisiológico del vegetal.

Palabras claves: estrés hídrico, Raygrass, bestfor, gramíneas, disponibilidad de agua.

ABSTRACT

The present investigation had like objective to evaluate the evolution of the length of some vegetal organs of the bestfor Raygrass, as they were it the stem, the root and the five first leaves, in answer to an induced hydric stress. Three treatments were had, treatment 1 was to field capacity (0,3 bars, 50% of the maximum capacity of water retention in the ground), treatment 2 to 1,5 bars and treatment 3 to 3,0 bars, inducing in treatment 2 a moderate hydric stress and in treatment 3 a high hydric stress. The results had a statistically significant difference between the length of the stem and the root between treatment 1 and the other two, due to the good water availability to field capacity. While, the leaves were generated in the different treatments, it showed a tendency of a better and greater growth in treatment 1 with respect to the other two and in 2 with respect to 3, demonstrating this that the lack of water in the ground directly affects the physiological development of the vegetable.

Key words: hydric stress, Raygrass, bestfor, grass, water availability.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un elemento vital y articulador de la naturaleza, involucrada en el todo el desarrollo metabólico y fisiológico de todos los seres vivos, generando una sobrevivencia natural en cada una de las especies. En el ámbito productivo, la significancia de mejorar los procesos y por ende aumentar en volumen y calidad la producción ha llevado a necesitar mayores volúmenes de agua dentro de los procesos productivos.

El cambio climático y las actividades antropogénicas (que crece a una tasa acelerada), han provocado una grave disminución en el acceso a ese elemento vital que es el agua, generando largos periodos de estrés hídricos en los diferentes procesos productivos, generando en muchos de esos procesos una catástrofe comercial, cuando mueren los cultivos, siendo esto irreversible.

Se debe encaminar la investigación en el conocimiento en la adaptabilidad de los diferentes sistemas de producción agrícola, para superar estos periodos de sequías.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Debido a la accesibilidad restringida en el uso del agua para proyectos productivos agrícolas en muchas zonas de nuestro país, y al cambio climático mundial que ha generado un aumento en el tiempo de los periodos de sequías, es necesario investigar sobre el requerimiento óptimo de las especies vegetales que en este momento hacen parte de los sistemas productivos agropecuarios, para así poder generar programas de riego, haciendo una utilización racional del recurso agua.

Además, en aquellas zonas en donde el agua es muy escasa se debe investigar sobre especies vegetales resistentes a la sequía, pero que a su vez sean de buena calidad nutricional para los humanos o animales de producción. Adaptando así, vegetales que en su hábitat natural son resistentes a la escasez del agua a zonas en donde se les pueda cultivar y aprovechar comercialmente.

El objetivo de este proyecto de investigación fue conocer un poco más la respuesta del Raygrass bestfor a condiciones de estrés hídrico, ya que esta gramínea esta tomando fuerza en praderas de hatos lecheros de trópico alto.

1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Tendrá la raíz, el tallo y las hojas del Raygrass bestfor un bajo nivel de desarrollo debido al estrés hídrico?

2. MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES DEL RAYGRASS

La investigación en forrajes ha evolucionado rápidamente en el mundo, buscando obtener variedades de mayor producción y mejor calidad. Uno de los logros más significativos, fue la obtención de híbridos, especialmente entre variedades de raigrás anual (*Lolium multiflorum Lam.*) por raigrás inglés (*Lolium perenne L.*)⁽¹⁰⁾.

Posteriormente se logró duplicar el número de cromosomas y aparecieron los llamados tetraploides (4n) que presentan una serie de ventajas sobre los raigrás corrientes (2n). De acuerdo con las condiciones y las necesidades de las diferentes zonas, los materiales que presenten mejores condiciones, se seleccionan y se mezclan (*blend*), con el objeto de que el material seleccionado y comercializado, tenga amplia base genética y se adapte a condiciones variables de clima, suelo y presencia de enfermedades⁽²⁾.

La variedad perenne garantiza una larga vida de la pradera, si las condiciones del suelo, clima y manejo son adecuadas. Las variedades anuales se caracterizan por su rápido establecimiento y fácil recuperación.

Diversos autores reconocen en el pasto raigrás un gran potencial de producción de forraje, donde a diferencia del pasto kikuyo se tiene un menor contenido de carbohidratos estructurales y una más alta participación de contenidos celulares, lo cual le confiere un mayor valor energético que permite incrementos sustanciales en la producción de leche como lo reseñan diversas investigaciones y experiencias de campo en el departamento. De otro lado hay diferentes variedades de pasto raigrás que de acuerdo a la información genética correspondiente presenta unas características muy definidas^(9, 10).

Muchas de la especies de raigrás (*Lolium multiflorum*, Lam; *Lolium perenne*, L; *Lolium hybridum*) son variedades de rápido establecimiento y resistentes a las heladas y que crecen muy bien en zonas frías. Son tolerantes a enfermedades de las hojas, especialmente a la roya, y también son resistentes a la sequía moderada. Requieren suelos de alta o mediana fertilidad. Son pastos exigentes en humedad y responden bien al riego durante la época seca. Se caracterizan por ser pastos de rápido establecimiento. Se pueden utilizar en pastoreo, corte, para heno o ensilaje. Se puede hacer uso intensivo de las praderas mediante pastoreo rotacional o en franjas con cerca eléctrica ^(8, 19).

Dentro de las características medio ambientales para un buen comportamiento del pasto raigrás se tiene una temperatura entre 15 y 22°C y una altura entre 2200 y 3200 m.s.n.m. Los mejores rendimientos de los raigrás se presentan en alturas superiores a los 2500 metros. Se adaptan bien a alturas entre 2000 y 3200 m.s.n.m. ⁽⁸⁾.

Como la mayoría de pasto raigrás, las diferentes variedades requieren al momento de la siembra, entre 50 y 100 kg por hectárea de fósforo, 50 a 75 kg por hectárea de potasio y 500 a 1000 kg por hectárea de cal dependiendo del pH del suelo (acidez) ⁽³⁾.

L. multiflorum, *L. perenne*, *L. hybridum*; se siembran por semilla sexual, entre 35 a 40 kg por hectárea, distribuidos al voleo o en surcos. La semilla debe taparse de manera que no quede muy profunda, uno a dos centímetros bajo suelo ⁽¹⁹⁾.

La digestibilidad y la composición química varían con el intervalo de corte. En la Sábana de Bogotá se estudió (*L. perenne*. *L*) su capacidad de carga y producción de leche por hectárea, en mezcla con otros pastos y se encontró que era inferior al kikuyo, pero podía mantener 1,44 U.A. por ha, con una producción de 14,24 L de leche por animal, es decir 20,51 L/ha de leche ^(5, 19).

Los tetraploides anuales se caracterizan por su rápido establecimiento y abundante producción de forraje durante los primeros meses después de establecida la pradera, su duración varía entre 18 y 30 meses, en condiciones normales. Los tetraploides perennes producen menos inicialmente, pero la duración de la pradera es mayor, pudiendo llegar hasta 48 meses en buenas condiciones de producción ^(5, 6).

En general, para un buen manejo de todos los tetraploides se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos ^(5, 6):

- √ Sembrar en suelos muy bien preparados y libres de kikuyo.
- √ Aplicar la cantidad correcta de semilla por hectárea: 30 a 45 kg en suelos bien preparados, o 50 a 60 kg en suelos regularmente preparados, no muy libres de kikuyo.
- √ Cubrir ligeramente las semillas. Cuando el suelo es muy suelto, se recomienda compactarlo con un rodillo al momento de la siembra.
- √ Utilizar el pasto entre 8 y 10 semanas después de la siembra, cuando se ha desarrollado en condiciones normales.
- √ Aplicar nitrógeno después de cada corte o pastoreo y un fertilizante completo una vez al año, según análisis de suelos.
- √ Aplicar riego después de la fertilización y mantener el potrero ligeramente húmedo.
- √ Controlar malezas durante el establecimiento.
- √ Utilizarlos en explotaciones intensivas, tecnificadas y con buen manejo. renovarlos o cambiarlos cada 4 a 6 años (excepto los anuales).

Aun cuando los raigrás tetraploides presentan elevados costos de establecimiento y mantenimiento, sus óptimos resultados en las zonas frías del

país, justifica su utilización para animales de mayores requerimientos como por ejemplo, las vacas lecheras ⁽¹⁴⁾.

2.1.1 Clasificación taxonómica ⁽¹⁴⁾.

Reino: Vegetal

Clase: Angiosperma

Subclase: Monocotiledónea

Familia: Gramínea

Genero: Lolium

Especie: sp

2.2 ESTRÉS HÍDRICO

El conocimiento de los requisitos del uso de agua de las diferentes especies de pasto es importante para identificar aquellos que persisten con entradas reducidas de agua y también para desarrollar prácticas de gerencia eficientes de irrigación. El desarrollo de cultivos resistentes a la sequía ha sido el objetivo de muchos científicos que han realizado varios estudios en campo y en invernaderos para comprobar las características que debería tener un pasto para poder soportar el estrés hídrico ^(12, 17).

El agua es uno de los factores más importantes del clima debido a las siguientes razones:

- √ Constituye el solvente más importante del protoplasma.
- √ Participa directamente como reactante en muchas reacciones bioquímicas (fotosíntesis).
- √ Actúa en la planta como elemento estructural, ya que se asocia con las grandes moléculas para formar el armazón estructural.

- √ Participa en la absorción y en el transporte de nutrimentos dentro de la planta.
- √ Los tejidos de las plantas contienen generalmente un 80% de agua.

La fuente de agua más importante para las plantas son las lluvias o precipitación pluvial. La cantidad y su distribución determinan en gran parte la adaptación de una especie forrajera a un medio dado; por esto, es muy importante tanto la cantidad como su distribución a través del año, porque no es lo mismo cuando una precipitación anual se reparte en seis meses o en diez. El agua es uno de los factores del medio ambiente que más incidencia tiene en la producción de forraje, pues las especies forrajeras varían notablemente en su tolerancia a las sequías.

La capacidad de las plantas para obtener agua del suelo, cuando su disponibilidad es limitada (época seca), está relacionada con la profundidad y extensión del sistema radical. Las leguminosas presentan una raíz profunda y extensa, lo que les otorga una mayor capacidad para utilizar el agua durante la sequía.

La cantidad, frecuencia e intensidad de la precipitación pluvial son cruciales en la distribución de las plantas sobre la tierra. La importancia ecológica del agua es consecuencia de su gran efecto en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que actúa como constituyente, solvente, reactante, responsable de la turgencia y reguladora de la temperatura. El agua es una limitante, tanto por déficit como por exceso ^(1, 7).

Los principales factores que determinan las necesidades de agua de las plantas son:

- √ La precipitación.
- √ La evapotranspiración.
- √ El agua almacenada en el suelo y que está disponible para las plantas.

La humedad del aire, o sea, el vapor de agua contenido en la atmósfera, regula en gran parte la pérdida de agua de las plantas y del suelo. Al subir la temperatura, un mismo volumen de aire es capaz de retener mayor cantidad de vapor de agua. De este modo, la capacidad de desecación se hace mayor al aumentar la temperatura. La humedad relativa es un porcentaje que expresa lo próximo que está el aire a la saturación con vapor de agua, a una temperatura dada. La humedad absoluta es la cantidad total de vapor de agua que existe en el aire.

Se llama evapotranspiración a la pérdida total de agua del suelo hacia el aire, mediante la transpiración de las plantas y la evaporación en la superficie del suelo. La transpiración es el proceso de emisión de agua en forma de vapor a través de los estomas.

Está afectada por la presión de vapor, la que a su vez está determinada por la temperatura, la velocidad del viento, la presión atmosférica, la humedad relativa, la radiación incidente y la densidad de la cobertura vegetal. La evaporación es un fenómeno físico por medio del cual el agua pasa del suelo a la atmósfera, en forma de vapor. La evaporación depende de la presión de vapor, la temperatura, la velocidad del viento, la presión atmosférica y el grado de salinidad del agua del suelo.

La sequía origina un déficit hídrico, lo cual afecta el comportamiento de las plantas en sus aspectos celular, fisiológico y morfológico, y disminuye la tasa de crecimiento y retarda el desarrollo de la planta. En general, los estomas moderan la pérdida excesiva de agua, a la vez que optimizan la fotosíntesis. Existen diferentes vías para que los estomas puedan lograr este objetivo. Una es el cierre estomático, que ocurre cuando ya la planta ha estado expuesta a cierta desecación de su tejido foliar. Esta respuesta en algunas especies sólo ocurre después de superar los valores umbrales, mientras que en otras el cierre estomático comienza inmediatamente disminuye el turgor celular.

En condiciones de campo, *Andropogon gayanus* Kunth, *Brachiaria decumbens* Stapf. e *Hyparrhenia rufa* (C. G. Nees) Stapf. son menos sensibles a la sequía que *Panicum maximum* Jacq. Algunas respuestas a factores externos les permiten a las plantas evadir la pérdida de agua de sus hojas. Una de estas respuestas es el cierre estomático cuando baja la humedad atmosférica, como ha sido encontrado en *Macroptilium atropurpureum* (Mocino y Sesse ex Decandolle) Urb; *Hyparrhenia rufa* (C.G. Nees) Stapf; *Melinis minutiflora* Beauv. y *Trachypogon plumosus* C.G.Nees. Otra de estas respuestas es el doblar de la lámina de la hoja en su cara adaxial para tratar de disminuir las pérdidas de agua por transpiración, observable en *P. maximum* Jacq; *Brachiaria mutica* (Forssk.) Stapf; *B. decumbens* Stapf; *B. brizantha* (Hochst. Ex A. Rich) Stapf; *B. humidicola* (Rendle) Scheweickerdt, *C.nlemfuensis* Vanderyst, *C.dactylon* (L.) Pers. y *Hemarthria altissima* (Poir) Stapf; y Hubbard. Otras especies, como *A. gayanus* Kunth, no responden a la humedad del aire. En algunas plantas los estomas se cierran a medida que se seca el suelo, como sucede con el trigo (*Triticum aestivum* L.)^(10, 11).

Es posible que este mecanismo también exista en especies forrajeras tropicales. El cierre de los estomas está controlado por la acción del ácido abscísico. Algunas especies, *Cenchrus ciliaris* L; *Panicum maximum* Jacq. y *Heteropogon contortus* L. tienen la capacidad de ajustar el comportamiento estomático a medida que aumenta el estrés hídrico, lo que le permite a la planta mantener cierto grado de turgencia y crecimiento a medida que avanza la sequía. Los déficits hídricos severos afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas al reducirse la tasa fotosintética y, en casos extremos, al producirse desajustes en su grado fotosintético (9, 15).

El estrés hídrico también afecta el desarrollo de la planta a través de los retardos en el envejecimiento y en la ontogenia de gramíneas como *Panicum maximum* Jacq; o en la aceleración de la floración y producción de semillas. Probablemente, el resto de los procesos metabólicos de la planta están afectados de manera

similar por la sequía, incluyendo la reducción en la tasa de translocación de nutrimentos y un notable aumento en el catabolismo de las proteínas. Esto último se deduce de los altos niveles de prolina y betaína, sustancias que normalmente se encuentran en los tejidos de plantas sometidas a estrés hídrico ⁽²⁰⁾.

La germinación y el desarrollo de la plántula son especialmente susceptibles a la sequía. Por tanto, es posible suponer que muchas especies forrajeras adaptadas a regiones tropicales con períodos estacionales de sequía, posean mecanismos de dormancia o posmaduración que inhiben la germinación inmediata y la posponen hasta las próximas lluvias. La germinación y emergencia de la plántula también pueden verse afectadas por la textura y estructura del suelo, mediante su efecto en la disponibilidad de agua.

Las respuestas de las plantas a la sequía se han clasificado como de escape, evasión y tolerancia. El escape a la sequía es característico de plantas anuales que cumplen su ciclo de vida durante la estación favorable y que producen semilla antes de agotarse la provisión de agua del suelo, como el caso de *Stylosanthes humilis* H.B.K.

Las respuestas de tipo evasivo incluyen modificaciones estructurales y fisiológicas. Entre las primeras está el aumento en la profundidad y extensión del sistema de raíces, que permite explotar agua en una mayor volumen del suelo, como ocurre con *Andropogon gayanus* Kunth, a la que se le han encontrado raíces a más de dos metros de profundidad, en la altillanura oriental de Colombia, y *Brachiaria decumbens* Stapf; que puede penetrar ciertos suelos a más de un metro de profundidad. Las Leguminosas presentan, en general, mayor profundidad en su sistema radical que las gramíneas (1, 4).

Los movimientos foliares son otra respuesta de tipo evasivo, que orientan la hoja en una dirección paralela a los rayos solares, lo que disminuye la temperatura

foliar y la tasa respiratoria, como sucede con *Macroptilium atropurpureum* (Mocino y Sesse ex Decandolle) Urban, *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf. y *Melinis minutiflora* P. Beauvois. El entorchamiento de las hojas es otro tipo de control evasivo, por medio del cual la planta trata de mantener constante la humedad relativa en la cara adaxial de la hoja, con el fin de controlar o reducir las pérdidas de agua por transpiración. El control estomático es otra respuesta evasiva, y es muy efectivo en gramíneas tipo C₄ ⁽¹⁶⁾.

La tolerancia a la sequía o deshidratación involucra mecanismos fisiológicos y el mantenimiento de cierto grado de actividad metabólica bajos potenciales hídricos foliares. Las plantas tolerantes a la sequía usualmente muestran ajuste osmótico foliar, por aumento en la concentración de solutos o por cambios estructurales, a medida que aumenta el estrés hídrico. Esto permite el mantenimiento parcial de la turgencia celular a potenciales hídricos bajos y cierto grado de actividad en la planta, ya que se mantiene parcialmente la capacidad de absorción de agua y la apertura estomática (13).

Las respuestas de las plantas a los excesos de agua no han sido tan ampliamente estudiadas como en el caso de la sequía. El exceso de agua o inundación resulta en anoxia de las raíces, lo cual afecta el desarrollo del resto de la planta. Se ha sugerido que las diferencias en tolerancia a la inundación son debidas en parte a la actividad de la enzima alcohol deshidrogenasa, que inactiva el etanol producido en la respiración anaeróbica, y a la capacidad de tolerar altas concentraciones de alcohol. Muchos de los efectos de la inundación son mediados por la producción y acumulación de etileno (5).

Las sabanas inundables en el trópico americano son importantes como recurso forrajero, ya que su extensión es considerable. En ellas se encuentran gramíneas semiacuáticas, y algunas, como lambedora o lambe lambe (*Leersia hexandra* Swartz) y canutillo (*Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees), tienen un valor

especial ya que son gramíneas C₃ con un mayor grado de digestibilidad que las C₄ (16).

Respuestas de tipo evasivo a la inundación en ciertas plantas lo constituye la generación de aerénquima en tallo y raíces y el desarrollo de raíces adventicias que contribuyen a la aireación de la planta, como en las gramíneas *Brachiaria mutica* (Forsskal) Stapf. y *Echinochloa polystachya* (H.B.K) Hitchcock.

Los efectos negativos del exceso de agua en el crecimiento de pastos aumentan con la profundidad y duración de la inundación. Las aguas en movimiento disminuyen los daños de la inundación. En este aspecto, las gramíneas son más tolerantes que las leguminosas. El nivel de agua en el suelo puede ocasionar cambios en la composición química de la planta, pudiendo llegar a afectar también la digestibilidad de la materia orgánica, mientras dura la condición de alto o bajo nivel de agua en el suelo (16, 17).

Si falta agua en el suelo, disminuye el contenido de agua en las células, y puede afectarse la fotosíntesis y crearse disminución en la turgencia, en la división y expansión celular. Al disminuir el contenido de agua en las células se aumentan la concentración de carbohidratos solubles y el contenido de energía en la planta. Como consecuencia, se incrementa la digestibilidad de la materia orgánica, ya que el contenido de carbohidratos solubles en unidades relativas es mayor en hojas y tallos mientras dure la escasez de agua. La situación originada por un bajo nivel de agua se puede esquematizar como sigue (10, 17):

- √ **Respiración:** Muy baja
- √ **Fotosíntesis:** Media o menos
- √ **Carbohidratos solubles:** Muy altos

Con un alto contenido de agua, la tasa de crecimiento es alta y la utilización de carbohidratos solubles es alta, tanto en división y expansión celular como en respiración. La cantidad de energía disminuye, ya que la concentración de carbohidratos solubles en el interior de la célula es baja, hecho que hace que se disminuya la digestibilidad de la materia orgánica por disminución del contenido de energía en la materia seca ^(10, 17, 18).

√ **Respiración:** Muy alta

√ **Fotosíntesis:** Media o más

√ **Carbohidratos solubles:** Muy bajos

Los efectos más característicos del estrés hídrico en el crecimiento vegetal son la disminución en la extensión de la hoja y de la tasa fotosintética. Las plantas utilizan varias estrategias para aguantar la escasez de agua.

En tejidos finos vegetativos, la limitación rápida de la pérdida de agua ocurre a través del cierre de estomas, mientras que la adaptación a largo plazo a la sequía y el desarrollo de la semilla son acompañados por la expresión de un sistema de genes que codifican las proteínas implicadas en procesos protectores. El ácido abscísico (ABA) se acumula bajo tensión hídrica y es esencial, porque sirve como vía de control de los movimientos de la célula para protección y expresión del gen, que dará como resultado el establecimiento de los procesos de resistencia a la sequía ⁽⁹⁾.

La regulación de muchos genes inducidos a estrés se media con el ABA; sin embargo, la existencia de caminos o rutas alternas también pueden ser establecidas. Entre el sistema de genes ABA-inducible, los genes abundantes de la proteína de la embriogénesis-tardía (LEA) se expresan durante la maduración de la semilla y en partes de plantas vegetativas expuestas a la limitación de agua.

La cascada que conduce y señala a los genes ABA-regulados está actualmente bien entendida con respecto a la transcripción del DNA ^(2, 11).

Los promotores responsables de genes ABA tienen elementos cis-que actúan específicamente en la célula y son capaces de atar los factores necesarios para su expresión. Las plantas y la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), pueden específicamente ser fosforiladas por actividad de la quinasa del Ácido fosfatídico (PA) para formar el pirofosfato-diacilglicerol. El DGPP es un fosfolípido de menor importancia, que, concomitante al PA, aumenta en respuesta a las varias tensiones abióticas y bióticas. Debido a su alta hidrofiliidad, las proteínas de la embriogénesis tardía (LEA) son importantes para desempeñar un papel importante en plantas en cuanto a la resistencia al déficit de agua se refiere ⁽²⁾.

El suministro de agua afecta la germinación y el establecimiento de las gramíneas megatérmicas de raíces superficiales. Se evaluaron los efectos de la disponibilidad hídrica sobre la germinación y el crecimiento de plántulas bajo condiciones controladas para determinar cuál es el paso del proceso de establecimiento que es más afectado. En un experimento de laboratorio se incubaron semillas variando la disponibilidad de agua mediante el uso de soluciones acuosas de Polietilenglicol (PEG 8000) (0, -0.25, -0.5, -0.75, y -1 MPa). La velocidad de germinación fue más sensible que la germinación total al aumento del estrés hídrico, aunque ambas disminuyeron significativamente ($P < 0.05$). En un experimento, realizado en invernáculo, se caracterizó morfológicamente el crecimiento aéreo y radical de plántulas con diferente disponibilidad hídrica. Se sembraron semillas pre-germinadas y secas en macetas sometidas a diferentes frecuencias de riego (cada 1, 2, 4, y 7 días) ⁽¹⁵⁾.

Esta especie mostró una sensibilidad elevada al **estrés hídrico** durante la germinación y la emergencia temprana. La mayor emergencia se obtuvo bajo el tratamiento de riego diario. En los otros tratamientos, la emergencia de plántulas disminuyó con la menor frecuencia de riegos. Los resultados sugieren que la

germinación rápida y el desarrollo temprano de las raíces adventicias sólo pueden lograrse con una disponibilidad de agua segura ⁽¹⁵⁾.

La identificación de los rasgos ecofisiológicos dominantes que diferencian la planta y se pueden ligar a las respuestas específicas de la especie a la sequía mejoraría la capacidad de pronosticar respuestas de la comunidad y del ecosistema al cambiante clima global. Entre diferentes especies la respuesta al estrés hídrico puede variar considerablemente. Hay especies que pueden adaptarse tanto a la sequía como a la abundancia de agua, esto pudo demostrarse al comparar varios tratamientos ⁽¹⁾.

En un experimento realizado en el Líbano con plantas de trigo se encontró que la tolerancia a la sequía mejoraba explotando recursos genéticos de parientes salvajes muy bien adaptadas. Agrupar los rasgos cuantitativos en los atributos vegetativos y reproductores provee ser una manera eficaz de identificar un germoplasma tolerante. Los resultados ilustran el cambio en la variación de los atributos vegetativos y cambian en la estrategia adaptable cuando el agua se pone a baja disponibilidad. La irrigación moderada se ha asociado a una mejor calidad y a otras respuestas positivas de crecimiento en muchas de las hierbas de césped y de forraje ⁽¹⁶⁾.

El abastecimiento bajo de agua puede hacer a una planta más susceptible al daño de la alta radiación debido a la capacidad reducida de la planta para oxidar de nuevo NADPH y de mantener así una capacidad de disipar energía entregado a los centros fotosintéticos ⁽¹¹⁾.

Una de las estrategias empleadas por las plantas para sobrevivir al estrés de la sequía incluye la síntesis de compuestos protectores, que pueden actuar estabilizando las membranas y las proteínas o mediando el ajuste osmótico. Los forrajes de tierras templadas tales como glomerata de *Oactylis*, *arundinacca* de

Festuca, o ryegrass perenne (*Lolium perenne*) no pueden mantener el crecimiento y el desarrollo bajo sequía prolongada e intensa, sino deben poder seguir vivas durante un período limitado del déficit de agua y recuperarse activamente después de la rehidratación.

Las respuestas de los tejidos finos crecientes al estrés se diferencian de las de tejidos finos maduros, con tejidos finos más jóvenes siendo más resistentes al déficit del agua. Las bases y los ápices de la hoja, que representan los órganos para sobrevivir, se protegen contra el estrés evaporativo dentro de las envolturas más viejas ⁽²⁰⁾.

En un estudio realizado con las especies *Lolium multiflorum* y *Festuca arundinacea* Schreb. Se encontró que cuando eran sometidas a una sequía extrema se afectaba la longitud de la hoja la tasa de crecimiento ⁽⁷⁾.

Muchas praderas se asientan sobre suelos húmedos. Si se considera al drenaje como la primera de las mejoras territoriales que hay que efectuar, debe considerársela también, por la misma razón, uno de los cuidados más importantes que afectan de modo particular a la producción de la hierba.

Recordamos brevemente los peligros que encierra un suelo húmedo:

- √ El exceso de agua impide la respiración de las raíces, de lo que se sigue una disminución del rendimiento y una desaparición progresiva de las especies menos resistentes, que también son las más productivas.
- √ Los peligros de heladas son más frecuentes.
- √ El suelo pisoteado por el ganado y dispersado por el agua adquiere una estructura muy mala: debido a esto disminuye el rendimiento y se introduce otra causa complementaria de asfixia radicular.

Por otra parte, sobre tal suelo será muy difícil manejar el ganado o hacer pasar el tractor en determinadas épocas.

- √ Las enfermedades parasitarias se desarrollarán e invadirán al ganado.
- √ En medios exageradamente húmedos se observa una degradación rápida de la flora, junto con la aparición de especies características (juncos, carex, carrizos, etc.) que motivan al mismo tiempo un descenso de rendimiento y una disminución de la calidad del forraje.

Conviene insistir mucho sobre el drenaje de las praderas, puesto que hay muchos agricultores que mantienen que el exceso de agua no les perjudica. Hay quienes opinan que unas cuantas semanas (o incluso más) de inundación invernal tiene por resultado que se ``depositen limos fertilizantes``. Y resulta a veces difícil tratar de convencer a nuestro interlocutor del poco peso de tales argumentos ⁽³⁾.

Sin embargo, los estudios comprendidos por los holandeses para ver el efecto de diferentes niveles de la capa freática conducen a resultados categóricos: un elevado nivel de agua en invierno perjudica los rendimientos de la pradera en materia seca ⁽⁴⁾.

Una capa de agua situada demasiado próxima a la superficie en invierno, perjudica el desarrollo de las raíces y disminuye la resistencia a la sequía.

La distancia óptima entre la superficie de la pradera y el nivel de la capa freática depende del tipo de suelo y de la estación, pero varía fundamentalmente entre 90 y 60 centímetros ⁽⁵⁾.

En todo caso, y donde los pastizales sufran de exceso de humedad, se impone el mantenimiento o la creación de zanjas de drenaje. A pesar de todos los progresos que se realicen en materia de explotación, la hierba verde, constituida por un 80 a

un 95 por 100 de agua, sigue siendo una producción de temporada. Se comprende por lo tanto, que el agricultor trate de regularizar esta producción mediante la aplicación de riegos que venga a cubrir los teóricos déficit de agua. Los ensayos realizados en Frisia sitúan en unos 800 litros de agua, aproximadamente, las necesidades hídricas para producir un kilogramo de materia seca en la hierba. Es, por consiguiente, la pradera un cultivo particularmente exigente en agua, y la prueba de ello no la ofrecen los excedentes de producción que se han observado en Gran Bretaña merced a la aplicación de riegos estivales, a pesar de la regularidad de las precipitaciones en un clima tan propicio a la producción de hierba ^(3, 5).

Existe la certeza de que también en Francia los riegos complementarios tendrían como consecuencia un aumento muy sensible en la producción de forrajes. Siempre que se disponga de un aprovisionamiento de agua abundante y apoco coste, conviene pensar en el riego de las praderas ⁽¹⁰⁾.

Los trabajos de la señora Meriaux en la estación agronómica de Dijon han demostrado recientemente, que la eficacia de los riegos complementarios es superior (y más importante desde el punto de vista económico) cuando dichos riegos se efectúan en el momento en que se inicia el encañado en cada ciclo de explotación de la pradera. Por otra parte, estos trabajos han confirmado los resultados obtenidos por Bouchet, Hallaire y de Percevaux, que demuestran que la eficacia del agua aportada al suelo dependía de la "demanda impuesta por el clima" ⁽¹⁰⁾.

En el caso de las praderas que se rieguen, las mayores extracciones de nitrógeno y potasio principalmente, obligarán indudablemente a modificar las fórmulas de abonado. Sin embargo, no hay que ocultar que el problema del riego de las praderas encierra todavía algunas incógnitas y requiere aún investigaciones complementarias antes de proceder a su divulgación amplia ^(9, 10).

- √ La fisiología de la gramíneas les confiere una cierta sensibilidad a las temperaturas altas: incluso con precipitaciones importantes, algunas especies, como el **raigrás**, pueden limitar su producción a causa del calor, por lo menos en las regiones meridionales.
- √ El calor y la humedad encierran también el peligro de favorecer el ataque de las royas y otras enfermedades criptogámicas que pueden afectar seriamente la utilización de la hierba.
- √ Por último, el efecto de los riegos abundantes sobre el suelo y su estructura deben estudiarse cuidadosamente para cada tipo de terreno.

Probablemente la aplicación del riego a las praderas conducirá a una modificación de las alternativas forrajeras, y hará que se reemplacen algunas praderas naturales o de larga duración por una proporción importante de forrajes anuales o de leguminosas (que son menos sensibles a las altas temperaturas, reaccionan mejor a los riegos moderados y son menos afectadas por las enfermedades criptogámicas) ⁽³⁾.

La pérdida de agua en las raíces nuevamente dentro del suelo en sequía es un problema de importancia práctica en las plantas que crecen bajo condiciones de potencial muy bajo de substrato de agua, tales como áreas secas o salinas. Los exodermis de la raíz son relativamente impermeables y se han sugerido para desempeñar un papel protector contra pérdida de agua.

La capacidad relativa de la retención del agua fue comparada en segmentos de raíz de las especies exodermales (maíz, cebolla, girasol, hierba de Rhodes y zahína) y no exodermales (*Pisum sativum*, trigo del fabaand del Vicia). Los segmentos Apical y básicos de las raíces exodermales, con diversos grados de desarrollo de los exodermis, también fueron comparados, al igual que segmentos de las raíces de la zahína en las cuales el grueso de los exodermis había sido

modificado sujetando las plantas a un tratamiento de la tensión del agua de 30 d (4, 16).

La retención del agua era perceptiblemente más alta en segmentos de raíces exodermales. En cada raíz, la pérdida de agua era más alta en segmentos apicales que en segmentos básicos, sin importar la presencia de exodermis. En el tratamiento prolongado de Zahina a la sequía aumentaron los exodermis que espesaban en raíces nodales, sin embargo, no se observó en los segmentos obtenidos de control y no se observaron ningunas diferencias en los índices de la pérdida de agua de las plantas. Las envolturas del suelo formaron alrededor de las raíces de la hierba de Rhodes que crecían en suelo muy seco con la epidermis que se adhería firmemente a la envoltura. En las plantas que crecen en el campo, las envolturas del suelo pueden ser más eficaces que los exodermis en la prevención de pérdida de agua de la raíz ⁽⁴⁾.

El pastizal natural requiere relativamente mucha agua para mantener su buena composición y para producir gran cantidad de forraje. Para producir un kilogramo de materia seca, los pastos necesitan aproximadamente 400 litros de agua. Para la producción de 8000 kilogramos de materia seca por hectárea, el pastizal requiere aproximadamente 3200 litros o sea 320 mm de agua. Además el rastrojo y las raíces representan una cantidad similar de materia seca, por lo que se puede estimar los requisitos directos de agua en unos 640 mm por año ⁽³⁾.

Aparte de estos requisitos del pastizal natural, se debe tomar en cuenta que no toda el agua que cae está disponible a las plantas. Siempre se producen pérdidas por escurrimiento, filtración y evaporación. Estas pérdidas variarán de acuerdo al tipo de suelo, al clima y a la presencia de malas hierbas. Las pérdidas también están condicionadas al manejo del pastizal.

Un sobrepastoreo, por ejemplo, causa mayores pérdidas de agua por escurrimiento y evaporación debido a que el suelo está desnudo, y la tierra se compacta por el pisoteo de los animales. En general los pastizales naturales necesitan de 650 hasta 750 mm de agua al año para que den una buena producción ^(7, 16).

En áreas con una precipitación de sólo 250 mm al año, se necesitan aproximadamente 30 hectáreas para una vaca, pero en áreas con una pluviosidad de 750 a 850 mm al año, se puede mantener hasta una vaca en cada hectárea de pastizal natural. En áreas con una precipitación por debajo de 700 u 800 mm por año, la producción del pastizal disminuye rápidamente no sólo por la menor cantidad de agua, sino también por la respuesta de las diferentes especies. En otras palabras, a menor precipitación la composición botánica del pastizal será diferente. En suelos secos dominarán las hierbas y pastos como *Agrostis tenuis*, *Dactylis glomerata*, *Agropyron repens*, *Arrhenatherum elatius* y *Poa pratensis*. En suelos muy húmedos, se encuentran más bien pastos tales como *Glyceria fluitans*, *Glyceria máxima*, *Phalaris arundinacea*, *Festuca arundinaceae*, además de pseudopastos y hierbas malas ⁽²⁰⁾.

Si bien la precipitación anual tiene una gran influencia en la producción y composición del pastizal natural, la distribución de las lluvias a través del año es un concepto de tanta o mayor importancia. La distribución de la precipitación en el año es fundamental para determinar si el pastizal recibe suficiente agua durante las distintas épocas de su desarrollo. Puede resultar que el agua no sea suficiente aún cuando la precipitación anual sea adecuada ^(5, 6).

Este tipo de situación se presenta a menudo en climas templados, donde durante el invierno cae relativamente mucha agua. La distribución de las lluvias tiene una influencia marcada en el manejo del pastizal natural. El manejo del agua debe tomar en cuenta los siguientes factores ⁽¹³⁾:

- √ Capacidad del suelo para almacenar agua, la cual sería utilizada cuando fuera necesario.
- √ Factibilidad de suministro de agua mediante riego, en tiempos de escasez de ésta.
- √ Necesidad de drenajes cuando se presentan épocas con demasiada humedad.
- √ Evitar sobrepastoreo, especialmente en épocas de escasez de agua.
- √ Control de malas hierbas, para evitar que estas plantas absorban el agua requerida por plantas de alta calidad.
- √ Capacidad de las plantas para eludir el efecto de una sequía.
- √ Manejo adecuado del ganado en lo que se refiere a su época de gestación, parición y destete, de acuerdo con las épocas de crecimiento del pastizal y de las condiciones ambientales.
- √ Sistema adecuado de rotación y de conservación de forraje para superar condiciones adversas.

La mayoría de los pastos están sometidos a estrés por escasez de agua en alguna época del año, fenómeno que afecta su potencial de producción. Los déficit hídricos ocurren no sólo cuando la pérdida de agua por la transpiración excede el suministro de agua de las raíces, sino también como una consecuencia natural del flujo de agua en que deben superarse resistencias de fricción y potenciales gravitacionales.

Cuando las plantas no están sometidas a estrés hídrico, la pérdida de agua por evaporación está controlada por factores climáticos; a medida que el suelo pierde humedad, la evaporación de la planta disminuye, efecto asociado usualmente con una reducción en el rendimiento de materia seca.

El grado de estrés por falta de agua no depende solamente de la precipitación pluvial anual, sino de la distribución de ésta a lo largo del año y de su relación con la demanda de evaporación, las características del suelo, y el patrón de enraizamiento de cada especie forrajera. Estos factores determinan la cantidad de agua que puede ser transpirada, fenómeno, que, a su vez, está relacionado con el rendimiento ⁽⁶⁾.

En consecuencia, el rendimiento de materia seca de pasturas constituidas por *S. humilis* estuvo estrechamente relacionado con la evapotranspiración real estimada a partir de un modelo sencillo de balance hídrico. En las praderas de *S. humilis* / *Heteropogon contortus* sin fertilizar, en la de *S. humilis* / *Cenchrus ciliaris*, y en las de *C. ciliaris* fertilizadas con nitrógeno y fósforo, la producción de materia seca por centímetro de evapotranspiración se estimó en 50, 100 y 200 kg, respectivamente. Estos valores concuerdan con los 74 kg de materia seca de leguminosa producida por cada centímetro de precipitación pluvial efectiva, dentro del rango de 74 a 88 cm registrados en una pradera de *M. atropurpureum* / *P. plicatulum*, en el sureste de Queensland.

En este experimento, la fijación de nitrógeno por parte de la leguminosa estuvo también altamente correlacionada con la precipitación anual efectiva, principalmente porque el rendimiento de la leguminosa se relacionó de igual modo con la precipitación efectiva.

La eficiencia de utilización del agua (EUA), es decir, la materia seca producida por unidad de agua utilizada en la evapotranspiración, ha demostrado ser consistentemente más alta en las gramíneas tropicales C₄, en comparación con la gramíneas C₃ o con las leguminosas tropicales C₃. Sin embargo, en estos experimentos fisiológicos las gramíneas recibieron una cantidad adecuada de nitrógeno; cuando no lo recibieron, las gramíneas C₄ presentaron una EUA más baja que las leguminosas ⁽¹⁷⁾.

En la práctica, el aspecto crítico es la supervivencia más bien que las diferencias en la producción de materia seca. Una amplia evidencia generada en estudios de campo demuestra que las especies difieren sustancialmente en su capacidad de tolerancia a la sequía. Los mecanismos empleados por las plantas también son diferentes; algunas escapan, simplemente, a la sequía severa por medio de su hábito de crecimiento anual. Las plantas también puede regular la floración y la formación de semillas aprovechando al máximo la duración de la estación húmeda para el crecimiento, y dejando la formación de semilla para antes de que la sequía agote la planta, como ocurre, por ejemplo, con *S. humilis* y con *C. pascuorum* ⁽¹⁵⁾.

Otras plantas evitan el estrés hídrico mediante otros mecanismos. Siratro, por ejemplo, tiene un sistema radical profundo capaz de extraer agua de horizontes inferiores del suelo; posee, además, un control de los estomas muy sensible tanto a la humedad atmosférica baja como a los pequeños cambios en el potencial de agua de las hojas, que le permite cerrar los estomas a un valor de ese potencial (-15 bares) relativamente alto ⁽⁸⁾.

Cuando está sometido a estrés por falta de agua, Siratro también dispone sus hojas en posición paralela con respecto a la dirección de los rayos solares (paraheliotropismo) lo que permite reducir el exceso de radiación, la temperatura foliar, y por ende, la pérdida de agua. Posee también esta especie un mecanismo de reducción del área foliar mediante el cual las hojas más viejas se caen y todas las hojas nuevas que produce son pequeñas, de color verde oscuro, gruesas, y pubescentes durante el período de estrés ⁽⁸⁾.

Otras especies toleran el estrés por medio de su capacidad de retención de las hojas cuando el potencial hídrico es bajo. Muchas gramíneas tropicales pueden reducir su potencial hídrico foliar a -120 o a -130 bares antes de que mueran las hojas, reducción que contrasta con sólo -23 bares en Siratro. sin embargo, muchas leguminosas tropicales también toleran el estrés, especialmente aquellas

adaptadas a trópicos semiáridos. Las especies como *S. hamata*, *S. scabra* y *C. pascuorum* se comportan como las gramíneas en muchos sentidos y puede tener un potencial hídrico foliar menor de -100 bares; en consecuencia, pueden continuar perdiendo agua y haciendo fotosíntesis en plena estación seca ^(3, 5).

La adaptación al estrés ocasionado por la sequía parece ser una característica común de las especies de pastos tropicales, aunque el mecanismo de esa adaptación y el punto hasta el cual ella se puede variar entre especies. Sin embargo, no debería esperarse que una especie desarrolle simplemente tolerancia al estrés por el sólo hecho de estar expuesta a la sequía. Debe sospecharse que especies que no toleran el estrés causado por la sequía, no persistirán en ambientes sometidos a estaciones secas prolongadas: varios años secos podrían lograr que aquéllas desaparecieran completamente de la pastura ⁽⁶⁾.

3. HIPÓTESIS

El estrés hídrico en el Raygrass bestfor afecta negativamente algunos parámetros fisiológicos, como la longitud de las hojas, tallo y raíz.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar algunos parámetros fisiológicos del Raygrass bestfor (*Lolium perenne*), bajo condiciones de estrés hídrico inducido.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- √ Evaluar bajo condiciones de estrés hídrico inducido la evolución de la longitud de la lamina foliar del Rayaras bestfor.
- √ Realizar un seguimiento detallado a la evolución de la longitud del tallo del Raygrass bestfor en condiciones de estrés hídrico inducido.
- √ Evaluar la longitud de la raíz del Raygrass bestfor en respuesta a un estrés hídrico inducido.

5. METODOLOGÍA

5.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto se desarrolló en la finca Villa Elisa, propiedad la Universidad CES. Se encuentra ubicada en el Kilómetro 4 vía Envigado – Alto Las Palmas, perteneciente a la vereda El Escobero, área rural del Municipio de Envigado.

5.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE VIDA Y CLIMATOLOGÍA

El área de la finca es de 18 Hectáreas de las cuales 14.4 se encuentran dedicadas a pastoreo y las 3.6 restantes se encuentran plantadas en un cultivo viejo de ciprés.

Bosque Húmedo Premontano (bh-pm):

Biotemperatura entre 18 y 24 grados centígrados.

Altitud sobre el nivel del mar 1000 a 2000 m.s.n.m.

Precipitación promedia anual entre 1000 a 2000 mm.

Por la finca cruzan dos quebradas, la Pava y la Sin nombre, las cuales desembocan en la parte baja con la quebrada La Ayurá del municipio de Envigado.

5.3 TIPIFICACIÓN DEL SUSTRATO

El sustrato con que se trabajo tuvo las siguientes características físicas y químicas:

- √ Textura: Franco Arenosa, 58 % A, 34 % L, 8 Ar.
- √ pH: 5.7
- √ % M.O.: 23.6 %
- √ % humedad: 73.42 %

- √ Da (densidad aparente): 0.44 g/cm³
- √ Ca (meq/100 g): 20.7
- √ Mg (meq/100 g): 11.0
- √ K (meq/100 g): 5.74
- √ CICE: 37.4
- √ P: 66 (mg/kg)
- √ Capacidad de Campo, 0.3 bares: 90.82 %.
- √ 1.5 bares: 82.32 %.
- √ 3.0 bares: 77.22 %.

5.4 TIPO DE ESTUDIO

Este estudio es de tipo experimental.

5.5 POBLACIÓN

El experimento se llevo a cabo con semillas de Raygrass bestfor plus, que tienen las siguientes características:

- √ Lote No: L178-4-35
- √ Pureza: 99.47 %.
- √ Inertes: 0.53 %.
- √ Origen: Oregon.
- √ Germinación: 90 %.

5.6 DISEÑO MUESTRAL

Se realizaron 8 muestreos destructivos (dos repeticiones), un muestreo cada semana. Normalmente el Raygrass bestfor es sometido a pastoreo a los dos meses después de germinado. Los muestreos se realizaron a partir de la segunda

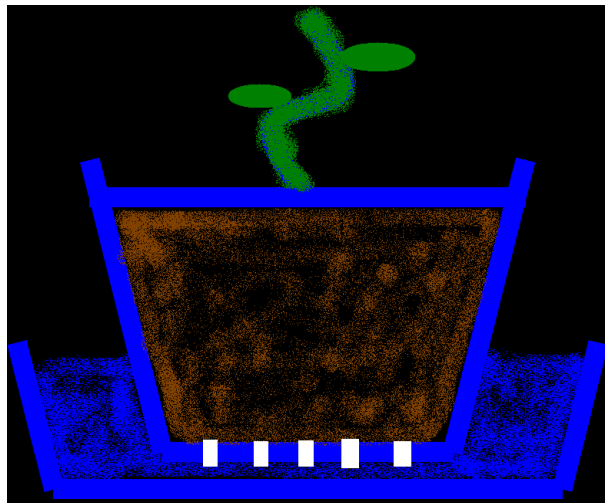
semana, después que las plántulas hubiesen germinado y estuviesen adaptadas al sustrato. Se mantuvo a capacidad de campo, y a partir del primer muestreo se indujo el estrés hídrico.

Se sembraron 20 unidades experimentales por cada tratamiento y fueron tres tratamientos.

5.7 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Para el experimento se germinaron las semillas en un germinador con sustrato de arena. Luego de germinadas las semillas se transplantaron a macetas de 2 kg (ver figura 1), que estaban en una casa de malla.

Figura 1. Modelo de las unidades experimentales.



5.7.1 Tratamientos. Los tratamientos fueron los siguientes:

- √ Tratamiento 1: Se mantuvo a capacidad de campo, 0.3 bares. Buena disponibilidad de agua.

- √ Tratamiento 2: Se mantuvo a una tensión hídrica de 1.5 bares. Estrés hídrico moderado.
- √ Tratamiento 3: se mantuvo a una tensión hídrica de 3.0 bares. Estrés hídrico drástico.

5.7.2 Mantenimiento de las unidades experimentales. Las unidades experimentales se mantuvieron a la tensión hídrica específica teniendo en cuenta el porcentaje de humedad del sustrato y el porcentaje de humedad a la cual debe estar dependiendo del tratamiento, además se le debe sumar los dos kilogramos del suelo y el peso de la maceta. Se siguió esta formula:

$$PUE = ((\% ATR - \% HS) \times 0.02 \text{ kg}) + 2 \text{ kg} + PM$$

PUE: Peso de la unidad experimental (kg).

% ATR: Porcentaje a la tensión requerida.

PM: Peso de la maceta (kg).

Por lo tanto se encontraron los siguientes pesos para nuestras unidades experimentales:

- √ El tratamiento 1, se debe mantener en un peso de 2548 g
- √ El tratamiento 2, se debe mantener en un peso de 2378 g
- √ El tratamiento 3, se debe mantener en un peso de 2276 g.

Se pesaban las macetas cada dos días y se mantenían al peso estándar agregándole agua.

5.8 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

Se midieron siete variables durante 8 muestreos, las cuales se relacionan en la tabla 1.

Tabla 1. Variables de estudio.

Variable	Unidad
Longitud del tallo	cm
Longitud de la raíz	cm
Longitud de la hoja # 1	cm
Longitud de la hoja # 2	cm
Longitud de la hoja # 3	cm
Longitud de la hoja # 4	cm
Longitud de la hoja # 5	cm

5.9 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Las mediciones de cada una de las variables se realizaron según procedimientos estándar en fisiología vegetal.

5.9.1 Tallo. Se midió la longitud desde el nudo donde inicia la raíz hasta el ápice del mismo. Se quitaron todas las hojas que lo rodeaban.

5.9.2 Raíz. Se midió la longitud solo de la raíz principal, desde el nudo donde inicia el tallo hasta el final de la misma.

5.9.3 Hojas. Se midió la longitud desde la lígula hasta su extremo terminal.

5.10 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos se analizarán mediante el software estadístico Statgraphics 5.1. Se realizará ANOVA y LSD.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 RAÍZ

La figura 2, permite observar que hubo diferencia estadística significativa del tratamiento 1 (T1), respecto al tratamiento 2 (T2) y al tratamiento 3 (T3), más no entre estos últimos, así como lo expresa un P de 0.0457.

Para T1, gráficamente se observa un incremento continuo y mayor del sistema radicular, que en T2 y T3, respectivamente (ver figura 3).

Dicho comportamiento se explica en la provisión de agua que se tiene en el suelo a capacidad de campo del tratamiento 1. Además las raíces en crecimiento disponen de los asimilados producidos en la parte aérea; caso contrario a lo que ocurre en T2 y T3, donde no existe un equilibrio entre la absorción de agua por las raíces y los procesos fotosintéticos, lo que influye en las bajas tasas de crecimiento.

Figura 2. Medias e intervalos LSD.

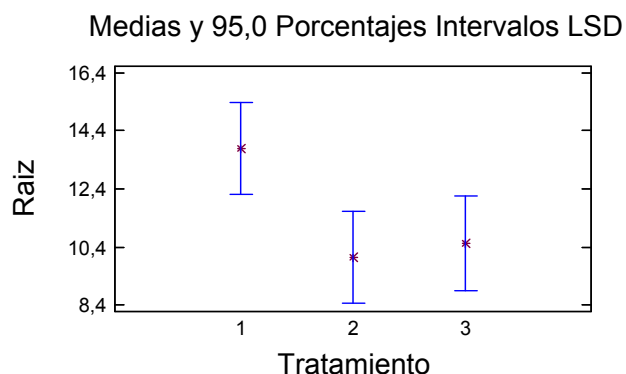
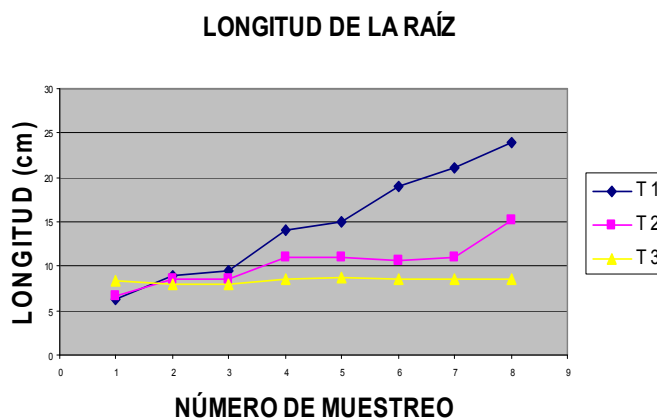


Figura 3. Longitud de la raíz (cm).



6.2 TALLO

La figura 4, permite observar que hubo diferencia estadística significativa del tratamiento 1 (T1), respecto al tratamiento 2 (T2) y al tratamiento 3 (T3), más no entre estos últimos, así como lo expresa un P de 0.0001.

Para los tres tratamientos se observa gráficamente un rápido crecimiento de tallos hasta la tercera semana. Siendo mejor en T1 si se compara el tiempo 1 con el 3. En lo que respecta a los incrementos del tallo, comparando el tiempo 3 con el 8, se observa que individualmente fue poco significativo, aún en el suelo a capacidad de campo (ver figura 5).

Dicho comportamiento se explica en que el tallo crece rápidamente y luego se estabiliza dando paso al crecimiento de las hojas. Además en que las partes aéreas tienden a crecer hasta que la absorción de agua por las raíces se convierta en un factor limitante.

Figura 4. Medias e intervalos LSD

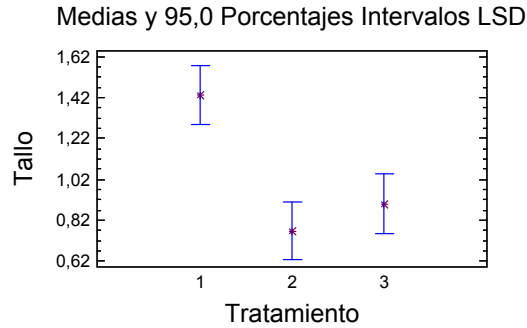
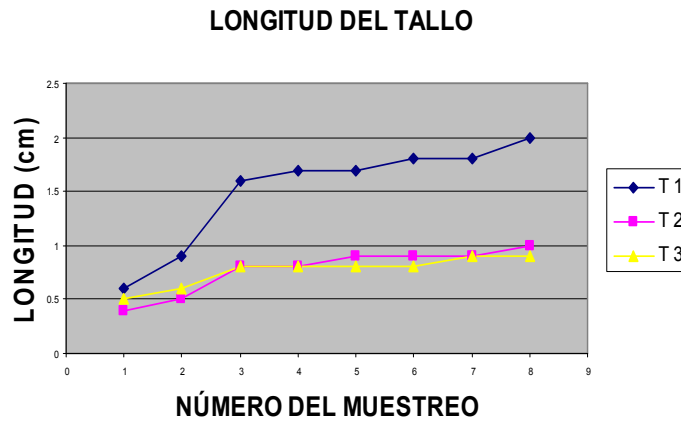


Figura 5. Longitud del tallo.



6.3 LONGITUD DE LA HOJA # 1

La figura 6, permite observar que no hubo diferencia estadística significativa del tratamiento 1 (T1), respecto al tratamiento 2 (T2) y al tratamiento 3 (T3), así como lo expresa un P de 0.4887.

Para los tres tratamientos se observó gráficamente un lento desarrollo de la H1 hasta la sexta semana. Posteriormente, la tasa de crecimiento fue mejor en el T1.

Mostrando la tendencia de un mejor crecimiento en el sustrato con mejor disponibilidad de agua que en los que no la tienen (ver figura 7).

Figura 6. Medias e intervalos LSD.

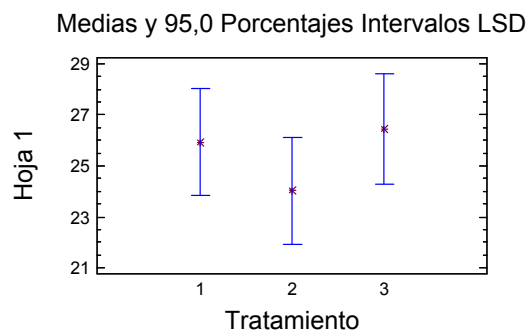
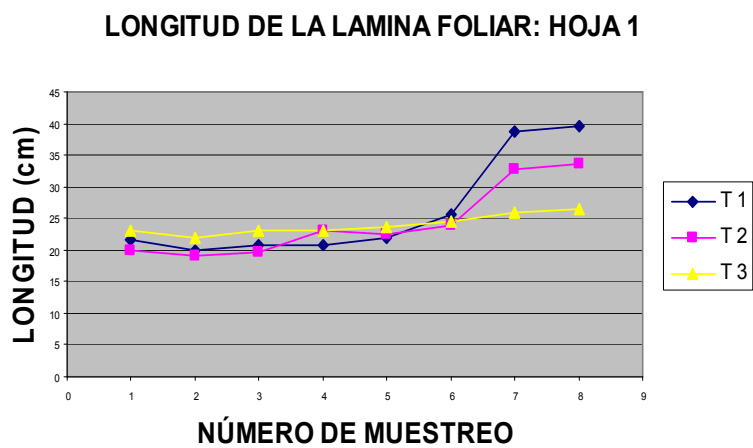


Figura 7. Longitud de la hoja # 1.



6.4 LONGITUD DE LA HOJA # 2

La figura 8, permite observar que no hubo diferencia estadística significativa del tratamiento 1 (T1), respecto al tratamiento 2 (T2) y al tratamiento 3 (T3), así como lo expresa un P de 0.8173.

Para los tres tratamientos se observó un crecimiento similar, esto es debido a la fase de adaptación que las plantas tienen como respuesta al estrés hídrico, generalmente en esta fase de adaptación las plantas necesitan rápidamente tomar agua para no llegar a la fase de daño crónico, en donde los daños fisiológicos son permanentes, pudiendo causar la muerte del vegetal (ver figura 9).

Figura 8. Medias e intervalos LSD.

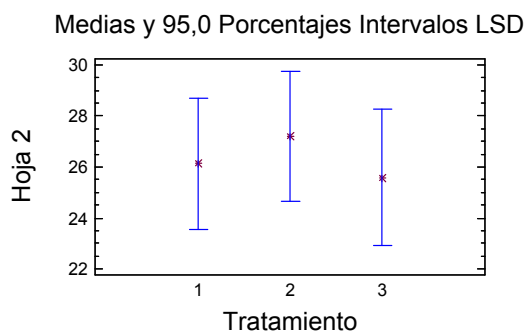
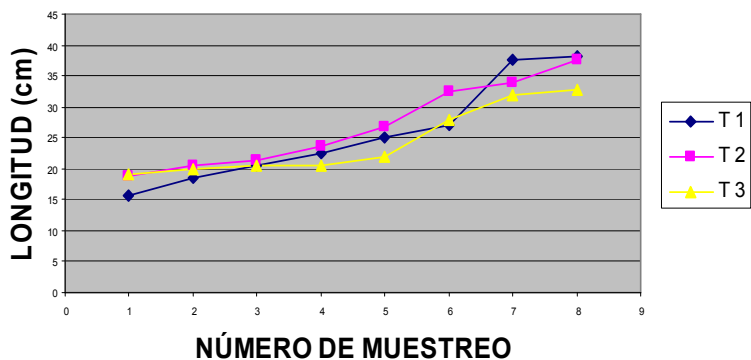


Figura 9. Longitud de la hoja # 2.

LONGITUD DE LA LAMINA FOLIAR: HOJA 2



6.5 LONGITUD DE LA HOJA # 3

La figura 10, permite observar que no hubo diferencia estadística significativa del tratamiento 1 (T1), respecto al tratamiento 2 (T2) y al tratamiento 3 (T3), así como lo expresa un P de 0.0877.

Para los tres tratamientos se observó gráficamente un desarrollo muy similar. Sin embargo, el crecimiento en T1 fue mayor respecto a T2 y T3, y sólo se estabilizó después de la semana 6 (ver figura 11). Se empieza a observar que la planta empieza a salir de su fase de adaptación (en los tratamientos 2 y 3) para llegar a la fase de daño crónico, la tendencia es que el tratamiento 1, con óptima disponibilidad de agua, a medida que transcurren las semanas de desarrollo vegetal, tiene un mejor crecimiento que los otros dos tratamientos, sin embargo la diferencia entre los tratamientos 2 y 3, no es significativa gráficamente.

Figura 10. Medias e intervalos LSD.

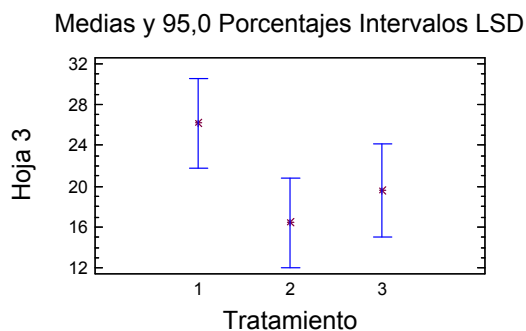
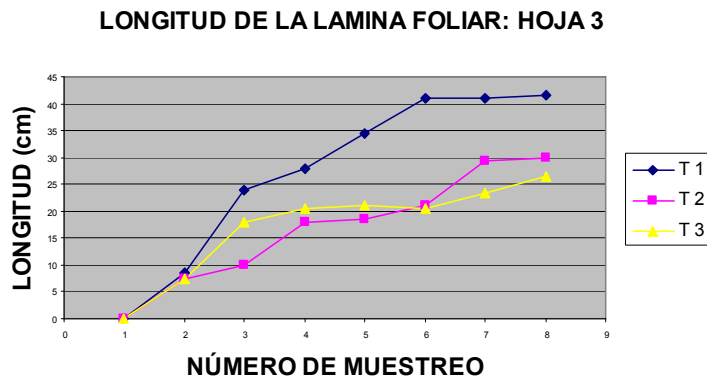


Figura 11. Longitud de la hoja # 3.



6.6 LONGITUD DE LA HOJA # 4

La figura 12, permite observar que hay diferencia estadística significativa del tratamiento 1 (T1), respecto al tratamiento 2 (T2) y al tratamiento 3 (T3), más no entre estos dos últimos, así como lo expresa un P de 0.0340.

Para T1 se observa gráficamente un rápido crecimiento de la hoja # 4 a partir de la segunda semana. Mientras que en T2 y T3 dicho crecimiento (no muy significativo) se expresó principalmente a partir de la cuarta semana.

Se observa con mayor claridad la diferencia significativa en la semana 8 del tratamiento 1 con respecto al 2 y al 3; además también la tendencia del tratamiento 2 con respecto al 3 es de tener una mayor diferencia en su crecimiento, quedándose rezagada mucho más la longitud de la hoja # 4 en el tratamiento 3 (ver figura 13).

Según Sierra 2005, la formación de la hoja 4 da origen al desarrollo del sistema radicular definitivo y al inicio del ahijamiento. Tales situaciones se observan claramente en las figuras 13 y 15, a partir de la semana tres para el tratamiento 1.

Sin embargo, dichas respuestas no son observables en T3, y levemente visibles en T2.

Figura 12. Medias e intervalos LSD.

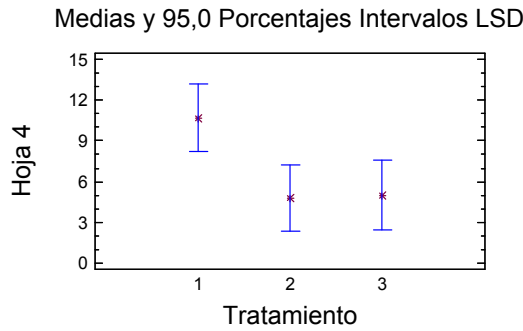
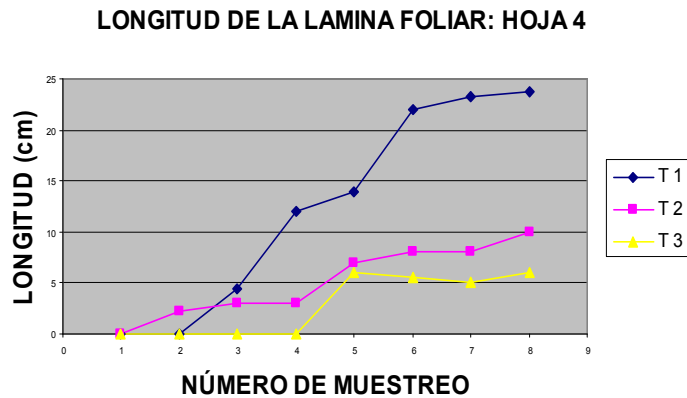


Figura 13. Longitud de la hoja # 4.



6.7 LONGITUD DE LA HOJA # 5

La figura 14, permite observar que hay diferencia estadística significativa del tratamiento 1 (T1), respecto al tratamiento 2 (T2) y al tratamiento 3 (T3), más no entre estos dos últimos, así como lo expresa un P de 0.0308.

Para T1 y T2 se observa gráficamente un incremento de la hoja # 5 a partir de la tercera semana. Mientras que en T3 no se expresó. Esto demuestra que el

tratamiento 3, sometido a un estrés hídrico alto ha llegado a su fase de daño crónico, y no se expresa la hoja # 5, tendiendo a entrar en una etapa de daño fisiológico y en poco tiempo de muerte del vegetal. Caso contrario al tratamiento 1, que con una óptima disponibilidad de agua (a capacidad de campo) tiene un eficiente crecimiento (ver figura 15).

Figura 14. Medias e intervalos LSD.

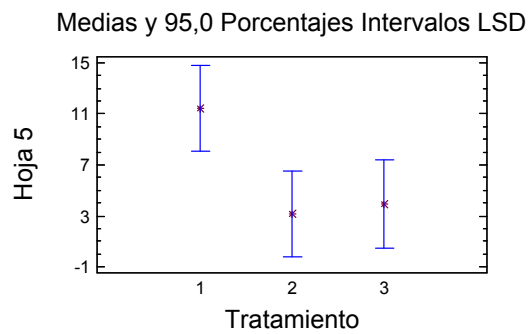
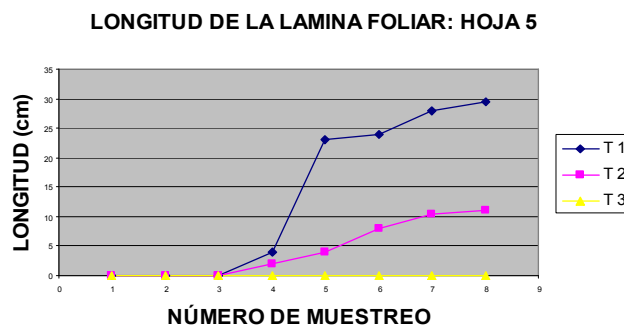


Figura 15. Longitud de la hoja # 5.



7. CONCLUSIONES

- √ La rápida expansión foliar que presenta el RAYGRASS BESTFOR afecta de manera significativa la disponibilidad de agua; sumado a la condición presente para los tratamientos T1 y T2, donde dicha condición afectó la no formación de la hoja # 5 para T3 y la baja tasa de crecimiento para T2.
- √ La sequía del suelo (potencial hídrico del suelo) aumenta la concentración de ABA de las hojas, lo que inhibe más el crecimiento de las hojas que el de las raíces.
- √ El déficit de agua afecta el desarrollo del sistema radicular.
- √ Cuando el potencial hídrico del suelo baja, la tasa de fotosíntesis disminuye, al menos parcialmente, como una consecuencia de una disminución de la conductancia estomática.
- √ Cuando los aportes de agua disminuyen, la expansión foliar es afectada rápidamente.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Amiard V, Morvan-Bertrand A, Billard JP, Huault C. 2003. Fructans, but not the sucrosyl-galactosides, raffinose and loliose, are affected by drought stress in perennial ryegrass. *Plant Physiology*; 132(4): 2218-2225.
2. Anthony M, Alan K, Melinda D. 2006. GROWTH RESPONSES OF TWO DOMINANT C₄ GRASS SPECIES TO ALTERED WATER AVAILABILITY. *International Journal of Plant Sciences*; Sep. 167(5):998-1110.
3. Baalbaki R, Hajj-Hassan N, Zurayk R. 2006. *Aegilops* Species from Semiarid Areas of Lebanon: Variation in Quantitative Attributes under Water. *Crop Science Stress*; 46(2): 799-808.
4. Chalmers J, Johnson X, Lidgett A, Spangenberg G. 2003. Isolation and characterisation of a sucrose: sucrose 1-fructosyltransferase gene from perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *Journal of Plant Physiology*; 160(11): 1385-1391.
5. Christine Z, Sophie P, Régis M, Yvette H. 2006. Induction of Abscisic Acid-Regulated Gene Expression by Diacylglycerol Pyrophosphate Involves Ca⁺² and Anion Currents in Arabidopsis Suspension Cells. *Plant Physiology*; 141(4):1555-1563.
6. CIAT. 1982. Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas. Metodologías de evaluación. Red internacional de evaluación de pastos tropicales. Agua. pg 15 - 17.

7. Cornaglia P, Schrauf G, Nardi M, Deregibus A. 2005. Emergence of Dallisgrass as Affected by Soil Water. *Rangeland Ecology and Management*; 58(1): 35-41.
8. DaCosta M, Huang B. 2006. Minimum Water Requirements for Creeping, Colonial, and Velvet Bentgrasses under Fairway Conditions. *Crop Science*. 46(1):81-90.
9. Duthil J. 1989. Producción de forrajes: Explotación y mantenimiento de las praderas. Ediciones Mundiprensa.. Pg 116 - 121.
10. Estrada A. 2002. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Universidad de Caldas. Editorial Universidad de Caldas. pg 293 – 303.
11. Hamedt JF, Alvarez A. 2003. Evaluación del establecimiento de tres variedades de pasto raigrás (*Lolium sp.* Lam) en potreros de pasto kikuyo (*pennisetum clandestinum* Hochts), Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de producción agropecuaria, Escuela de Zootecnia. Medellín.
12. ICA. 1990. Solución para producir más leche. Pasto raigrás de alta calidad. Carta agraria (Bogotá); 285: 14-16.
13. Manuales para educación agropecuaria. 1989. Pastizales naturales: Área de producción vegetal. Editorial Trilla. pg 45 – 48.
14. Marques da Silva J, Arrabaca MC. 2004. Contributions of soluble carbohydrates to the osmotic adjustment in the C₄ grass *Setaria sphacelata*: A comparison between rapidly and slowly imposed water stress. *Journal of Plant Physiology*. 161(5):551-556.

15. Osorio D, Liliana D. 1998. Colección: Volvamos al campo. Tomo: Cultivo de pastos y forrajes. Editorial Grupo latino. Cultivo de raigráses. pg 75 – 83.
16. Sierra P. 2005. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. Editorial Universidad de Antioquia, 2^{da} ed. Pg 90 – 95.
17. Taleisnik E, Peyrano G, Cordoba, Arias C. 1999.. Water Retention Capacity in Root Segments Differing in the Degree of Exodermis Development. *Annals of Botany*; 83(1):17-24.
18. Tester M, Bacic A. 2005. Abiotic Stress Tolerance in Grasses. From Model Plants to Crop Plants. *Plant Physiology*; 137(3): 791-793.
19. Thomas H, James AR, Humphreys MW. 1999. Effects of water stress on leaf growth in tall fescue, Italian ryegrass and their hybrid: rheological properties of expansion zones of leaves, measured on growing and killed tissue. *Journal of Experimental Botany*; 50(1):221-230.
20. White RH, Engelke MC, Anderson SJ, Ruemmele BA. 2001. Zoysiagrass water relations. *Crop Science*; 41(1): 133-138.