

## INTRODUCCIÓN

En la región Chaqueña está clasificada como un ecosistema frágil donde la actividad ganadera ha causado un impacto negativo atribuible al sistema de manejo, puesto que se somete al bosque natural a un pastoreo continuo durante todo el año, provocando un cambio contraproducente en la composición florística y escasa producción de forraje. La producción de pasturas bajo el sistema asociado con arbóreas y arbustivas en monte natural es una de las alternativas de mayor importancia para la ganadería (Joaquín, 1991).

El Chaco Boliviano, conformado por una extensa área que abarca alrededor de 160.000 Km<sup>2</sup>, presenta características particulares que requieren de un manejo integrado sostenible, con la presencia ineludible de los componentes vegetación, ganadería y el ambiente, donde la ganadería chaqueña se caracteriza por la práctica del pastoreo extensivo lo que a traído como consecuencia una disminución de los recursos forrajeros.

El cultivar *Gatton panic* es una de las gramíneas que ha mostrado buen comportamiento a las condiciones agroecológicas de esta región chaqueña tanto en desmonte total como en desmonte selectivo y/o monte mejorado; estudios realizados por FAO recomiendan el establecimiento de esta pastura por su adaptabilidad a media sombra, persistencia, productividad estacional y anual (Saravia y Col., 1995).

Al respecto Servoz y Col. (1990), indican que en la Tercera Sección de la provincia Gran Chaco se realizó la introducción de especies forrajeras en gramíneas y leguminosas en zona de pie de monte para ver el comportamiento y producir semilla para los ganaderos de la zona, siendo actualmente la especie *Panicum maximum* Jacq. cv. *Gattón panic* una de las más conocida y utilizada por algunos ganaderos en sistemas silvopastoriles.

Al ser el monte natural un componente principal en la alimentación del ganado bovino este es aprovechado en verde como ramoneo en época de verano – otoño y en hojarasca en invierno primavera donde se presenta escasez de forraje (déficit de energía y proteína), razón por la cual ganaderos del lugar decidieron sembrar pasturas en forma intensiva, con el propósito de emprender acciones de

mejoramiento en monte natural para lograr la intensificación de la producción cualitativamente y cuantitativamente en los bovinos, presentándose inconvenientes especialmente en el desconocimiento de la especie forrajera adaptada a las condiciones de clima y suelo, así como también el manejo integrado de los componentes del sistema ( Servoz y Col., 1990).

En base a estos antecedentes, se llevó a cabo el presente trabajo de investigación cuyos objetivos fueron los siguientes:

## **OBJETIVOS**

### **a. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el comportamiento agronómico del pasto Gattón panic en sistema de monte mejorado en dos zonas agroecológicas Transición y llanura Chaqueña.

### **b. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el comportamiento agronómico del pasto Gattón panic, en base a la producción de biomasa.
- Evaluar los componentes de la producción tomando en cuenta, altura de planta, relación hojas –tallos.
- Determinar la composición Química.

## **CAPITULO I**

### **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

En la última década, a lo largo del mundo se adoptan sistemas productivos que tienden a asociar altas productividades con sustentabilidad de los ecosistemas. Estas premisas adquieren mayor relevancia en aquellas zonas con problemas de degradación ambiental como consecuencia de prácticas agropecuarias irracionales, que van acompañadas de disminución progresiva de rendimientos y rentabilidad (Martín, 1999).

#### **1.1. LÍMITES GEOGRÁFICOS DEL GRAN CHACO AMERICANO**

Desde el punto de vista Fitogeográfico, el chaco semiárido se extiende desde Santa Cruz de la Sierra en Bolivia, hasta la Laguna Mar Chiquita en Argentina.

Es una región tan extensa, con aproximadamente 1200000 Km. En sentido Norte-Sur, entre los 17.5 y 35 grados de latitud Sur y con un ancho de 400-500 Km. en sentido Este-Oeste, se producen gradientes climáticos graduales, en sentido de los meridianos los de temperatura y en los paralelos de precipitaciones.

#### **1.2. ÁREA DE DISTRIBUCIÓN DEL GRAN CHACO AMERICANO**

La superficie aproximada del Gran Chaco varía según se considere la inclusión o no de una u otra unidad natural. Sin embargo, se estima una superficie que oscila entre 1100000 a 1200000 Kilómetros cuadrados, equivalente al 6% del espacio geográficos de América del Sur.

El 46% se encuentra en la Argentina, el 34% en Paraguay y el 20% restante en Bolivia. Hay una cuarta presencia reducidísima y apenas testimonial en el Brasil (dependiendo de los autores), las proporciones correspondientes a cada país varían, así como la superficie total de la región chaqueña.

Se extiende desde latitudes definidamente tropicales (18°S), hasta ambientes claramente subtropicales (31°S) abarcando desde los 57° Oeste hasta los 66° Oeste. La región presenta marcados gradientes climáticos. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 18 y 26° C en tanto que la evapotranspiración potencial varía entre los

900 mm en el Sur y 1.600 mm en la frontera entre Paraguay y Bolivia. Las precipitaciones máximas ocurren en las proximidades del río Paraguay, con valores medios anuales de 1.300 mm (sensiblemente mayores en los últimos años), mientras que en la mayor parte del chaco Seco oscilan en torno de los 500 mm, alcanzando valores de 300mm anuales en los bolsones áridos de la región. Las lluvias presentan una marcada concentración estival, y consecuentemente, ocurrencia de inviernos secos, con registros del trimestre mas seco del orden del 10-12% en el chaco Húmedo, mientras que en el Chaco seco y en Árido, solo alcanzan al 1-5%. La Clasificación climática según torntwaite, presenta índices C2 (Subhumedo-Seco). En todo el Chaco Seco el clima presenta un índice D (Semiárido), mientras que en los bolsones del Chaco Árido se registran índice E (Árido). El Gran Chaco.com (2005).

### **1.3. CARACTERÍSTICAS DEL CHACO BOLIVIANO**

Saravia T. (1990), expone que el Chaco es una región natural con características ecológicas que le dan cierta particularidad, dentro de grandes variaciones topográficas, climáticas, florísticas y de suelo que permiten una Sub.-Regionalización de la misma en tres Subsistemas: Sub.-Andino, pie de monte y llanura chaqueña.

#### **1.3.1. Zona Pie de Monte**

Esta Sud-área corresponde a una faja larga que se extiende de Norte a Sur, al Pie de la serranía de Sararenda y Charagua, con un ancho que varía entre 10 a 15 Km., está formada por un complejo de abanicos aluviales y conos de deyección, donde los suelos se presentan como lentes de diferentes texturas dispuestas en capas irregulares, la topografía es casi regular con una pendiente de 3-8%.

Desde el punto de vista climático, se observa vientos más fuertes y más secos que en el Sud-Andino, la precipitación anual fluctúa entre 600-700m.m. y la temperatura media es de 24° C con extremos mayores a los del sud-andino.

Influye en el desarrollo vegetativo de esta sud-área hecho que se refleja en las presencias de algunas especies maderables de interés.

#### **1.3.2. Zona Llanura Chaqueña**

Esta Sud-área es de topografía casi plana, interrumpida por la presencia de grandes manchones de Zonas establecidas y de zonas depresivas (bañados) tiene una pendiente general menor al 2%.

Los suelos son profundos y variados en textura y grado de desarrollo por lo que la vegetación también muestran variaciones en su desarrollo.

La precipitación media anual es de 23° C-24 C con valores extremos que fluctúan entre 43° C la máxima y menos de 0° C la mínima.

### **1.3.3. Características Climatológicas del Lugar.-**

Por otro lado, en las regiones tropicales la reducción de la intensidad de radiación por el efecto de la sombra modifica la composición química de los forrajes y componentes celulares, en función a la especie de planta (Buxton y Col., 1994).

Así mismo estos autores argumentan que los cambios anatómicos y morfológicos producidos en la calidad de los pastos se deben al incremento y/o disminución de sus componentes químicos causados por la mayor o menor radiación solar.

Baruch y Col (1991), también señalaron que el aumento del contenido de pared celular como la lignina es uno de los mecanismos estructurales utilizados por los pastos para reducir los efectos de estrés por altas temperaturas, la cual reduce marcadamente la digestibilidad y la calidad de éstos.

Estudios similares sobre el efecto del aumento de temperatura, indican que el contenido de componentes estructurales y la digestibilidad de hojas y tallos de *C. dactylon*, *P. maximum var. Trichoglume*, *P. laxaum*, *L. perenne* y *M. sativa*, sufren una disminución y que la paret celular experimenta un aumento en la lignificación de sus tejidos. (Wilson y Col., 1991).

### **1.3.4. Precipitaciones.-**

El agua es uno de los factores climáticos de importancia que influye en la producción forrajera. La distribución durante el ciclo y la cantidad total de la precipitación anual ejercen efectos notables en el crecimiento y calidad de los pastos debido a su estrecha

relación con los factores bioquímicos y fisiológicos que regulan estos procesos biológicos de gran complejidad en los pastos (Baruch y Col., 1991).

El exceso de agua en suelos mal drenados causa anoxia en las raíces, afectando su respiración aeróbica, absorción de minerales y agua (Sojka, 1992) y se producen cambios metabólicos que implican la activación de la respiración anaeróbica (Drew, 1992). Por otro lado, el estrés por sequía y altas temperaturas; el cual es más común en las regiones tropicales y sub tropicales, afecta el comportamiento fisiológico y morfológico de las plantas (Chinchilla y Col., 1990), ocasionando una reducción de la expansión celular con una disminución en la presión de turgencia, cierre estomático, reducción de la transpiración y fotosíntesis (De Armas y Col. 1988). Su efecto en el cultivo dependerá de la intensidad del mismo y de la edad del cultivo (Sobrado, 1991).

En el crecimiento y desarrollo de los pastos intervienen múltiples factores, que en su mayoría son incontrolables como el clima y el suelo los cuales en determinada medida pueden limitar la aplicación del método funcional y la posibilidad de efectuar una correcta interpretación fisiológica de los resultados cuando no se toman en consideración para su aplicación (Del Pozo, 1998).

### **1.3.5. Introducción de Pasturas**

Las gramíneas experimentan modificaciones morfológicas en sus rendimientos y su calidad cuando se presentan cambios en las condiciones climáticas, donde la temperatura, humedad, radiación solar, expresadas en cantidad y calidad, son los componentes más determinantes en las condiciones tropicales (Pinheiro, 1990; Baruch y Col. 1991).

Baruch y Col. (1991) indican que en las gramíneas tropicales, el óptimo fotosintético y de crecimiento está alrededor de los 39° C y en las leguminosas entre 25 y 30° C, con una alta sensibilidad a las bajas temperaturas, cuyos efectos negativos en el crecimiento ocurren entre los 0 y 15° C y en algunas especies a 20° C.

#### **1.4. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y FISIOLÓGICAS DE LOS PASTOS TROPICALES Y SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO**

En zonas tropicales existen numerosas especies vegetales que tienen vías metabólicas diferentes, dentro de estas tenemos: las gramíneas tropicales (vía fotosintética: ácido dicarboxílico, C<sub>4</sub>) las gramíneas y leguminosas de zonas templadas (vía fotosintética, ácido fosfoglicéricos, C<sub>3</sub>) (Whiteman, 1980; Mesa, 1996). Así también existen, híbridos naturales que poseen comportamientos intermedios (C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub>) (Akin y Col., 1983), los cuales muestran características fisiológicas, bioquímicas y anatómicas, que las diferencian entre otras especies en cuanto a su comportamiento productivo.

Por su parte, Guerrero y Col. (1991) señalan que la estructura foliar de las plantas C<sub>4</sub>, conocida como la anatomía de Kranz, se caracteriza por tener las células del mesófilo dispuestas en corona alrededor de la vaina de los haces vasculares, las cuales poseen paredes celulares gruesas con cloroplastos de mayor tamaño y en disposición específica, mientras que las C<sub>3</sub> presentan un solo tipo de células con cloroplastos que tienen una estructura agranal y un menor grado de especialización.

Por otro lado, los procesos de fotosíntesis que realizan estas especies, también presentan diferencias. En las células del mesófilo de las plantas C<sub>3</sub> la enzima receptora del CO<sub>2</sub> es la ribulosa 1.5 difosfato carboxilasa – oxigenase (Rubisco) y el producto primario en el proceso de reducción es el ácido 3 – fosfoglicérico (APG), el cual se reduce a Gliceraldehido 3 – fosfato (GAP), compuesto de alto nivel energético y punto de partida para la síntesis de hexosas, de las cuales una parte de ellas son empleadas para la regeneración de la Rubisco. Este proceso es conocido como el Ciclo de Calvin-Benson (Valdés y Col., 1992).

La fijación de CO<sub>2</sub> en las plantas C<sub>4</sub> es transformada mediante la enzima fosfoenol – Pirúvico – carboxilasa (PEPC) en ácidos dicarboxílicos tetracarbonados en las células del mesófilo, luego el CO<sub>2</sub> es transportado hacia las células de los haces vasculares que es el sistema de bombeo donde tiene lugar la descarboxilación, concentración de CO<sub>2</sub> y una fijación vía Ciclo de Calvin-Benson. Los carbonos restantes de Alanina o pirúvico regresan al mesófilo, donde se completa su conversión en molécula aceptora

primaria (PEPC) (Mesa, 1996). Esta distribución funcional entre los 2 tipos de células se le denomina fotosíntesis cooperativa (Guerrero y Col., 1991).

Simonds 1994; citado por Del Pozo (1998), menciona que la alta afinidad de la enzima PEPC por el CO<sub>2</sub> y una mayor actividad carboxilasa del enzima Rubisco en células del haz vascular permiten que el proceso fotosintético sea insensible a los cambios de concentración de O<sub>2</sub> (Furbank y Col. 1990). Un aumento en la concentración del CO<sub>2</sub> atmosférico garantiza que la fotosíntesis se desarrolle bajo condiciones más estables, siempre y cuando no exista inhibición enzimática por la presencia de bajas o altas temperaturas.

Neuman (1999) señala que los pastos tropicales que poseen la vía fotosintética C<sub>4</sub>, operan más eficientemente con altas intensidades de luz llegando a una productividad total de biomasa aérea de 1 a 3 g de MS/m<sup>2</sup>/día. En estas especies bajo condiciones óptimas de nutrientes y humedad, se ha encontrado un aumento de 125 Kg.MS/ha/día.

Así también, la mayor eficiencia fotosintética le confieren a las plantas C<sub>4</sub> mayores niveles de crecimiento y producción de MS, cuyos valores pueden alcanzar hasta 54 g/m<sup>2</sup>/día y de 67 t MS/ha/año, (García Trujillo y Col., 1994.).

Por su parte, Bernal (1982) indica que las plantas responden de diferentes maneras al aumento de la intensidad de luz, algunas aumentan su fotosíntesis al aumentar la intensidad de luz, otras muestran una rápida saturación como consecuencia a dichos aumentos. En las especies de leguminosas y pastos de zonas templadas la saturación de hojas individuales puede ocurrir a intensidades de luz de 20.000 a 30.000 lux, mientras que en la mayor parte de los pastos tropicales la saturación no se presenta sino a niveles de 60.000 lux o más. La conversión de energía solar en el punto de saturación es de menos de 3 % en pasto de zona templada, comparado con 5 a 6 % para los pastos tropicales; por lo que estos tienen un mayor potencial fotosintético y valores de saturación más altos.

En la TABLA 1.1 se presentan las principales características de las plantas C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> tanto estructurales como bioquímicas que muestran comportamientos fisiológicos

diferentes, destacándose la superioridad funcional de los C<sub>4</sub> que alcanzan mayor eficiencia de conversión de la energía lumínica y utilización del agua y superior tolerancia a las altas temperaturas de las regiones tropicales.

**TABLA 1.**

**Características fisiológicas diferenciales entre las plantas C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub>**

Características	C <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>
Capacidad fotosintética, mg CO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> /h <sup>3</sup>	40-60	20-30
Fotorrespiración neta, mg CO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> /h <sup>1</sup>	no existe aparentemente	5-15
Punto de saturación lumínica, Klux <sup>3</sup>	60	20-30
Eficiencia del uso de agua, g agua/ g MS	450-950	250-350
Relación fotosintética /transpiración <sup>2</sup>	Baja	Alta
Temperaturas óptimas de crecimiento, °C	40° C	20-30° C
Temperaturas mínimas de crecimiento, °C	10-15°C	5° C
Temperaturas máximas de crecimiento <sup>3</sup>	45°C	30° C
Requerimiento Energético <sup>2</sup> Teórico CO <sub>2</sub> :ATP:NADPH-H <sup>+</sup>	1:5:2	1:3:2

1-Witheman (1980) 2- Valdés y Col. (1992) 3- Mesa (1996)

El requerimiento energético expresado en ATP es superior para el desarrollo de la fotosíntesis en las plantas C<sub>4</sub>, aunque el balance energético general es superior por su mayor productividad fotosintética por unidad de área foliar (Valdés y Col., 1992).

## **1.5. CRECIMIENTO DE LOS PASTOS.**

### **Principales factores que afectan su productividad**

Las gramíneas experimentan modificaciones morfológicas en sus rendimientos y su calidad cuando se presentan cambios en las condiciones climáticas, donde la temperatura, humedad, radiación solar, expresadas en cantidad y calidad, son los componentes más determinantes en las condiciones tropicales (Pinheiro, 1990; Baruch y Col. 1991).

El crecimiento de los pastos se puede expresar a través del aumento de su peso seco o de su altura, describe una curva sigmoide (Voisin 1963; citado por Del Pozo, 1998) distinguiéndose 3 fases o estados fisiológicos como resultado de las diferentes velocidades con que se desarrolla el proceso de crecimiento. De acuerdo al grado de

corte o pastoreo al que ha sido sometida la pastura, depende su duración en la primera fase ya que está relacionado con la capacidad de utilización de sus reservas y la distribución de los asimilatos en sus diferentes órganos (Alfonso y Col., 1993).

Mientras que en la segunda fase con un incremento notable de su área foliar y un balance positivo entre la fotosíntesis y la respiración, el crecimiento se hace relativamente constante e independiente de la variable que se mide. Esta constituye una fase lineal la cual expresa la tasa máxima de crecimiento del cultivo y que depende de la especie de planta (Marín, 1998; citado por Del Pozo, 1998).

En la tercer fase, el crecimiento se realiza con una menor intensidad hasta alcanzar su máximo rendimiento, momento a partir del cual comienza la pérdida de masa seca, mayor acumulación de tallos y de inflorescencias (Baruch y Col., 1991)

### 1.5.1. Temperatura

La temperatura influye bastante en los procesos bioquímicos y fisiológicos básicos relacionados con la síntesis, transporte y degradación de sustancias en las plantas (Taiz y Col., 1991).

Baruch y Col. (1991) indican que en las gramíneas tropicales, el óptimo fotosintético y de crecimiento está alrededor de los 39° C y en las leguminosas entre 25 y 30° C, con una alta sensibilidad a las bajas temperaturas, cuyos efectos negativos en el crecimiento ocurren entre los 0 y 15° C y en algunas especies a 20° C.

Por su parte, Suárez y Col. (1986) mencionan que la baja conversión de azúcares en los tejidos de las plantas es producto de una disminución en los procesos de biosíntesis por un déficit energético producido por una reducción en la tasa respiratoria.

Así también, las temperaturas por encima de óptimo reducen sustancialmente el crecimiento, debido a una disminución de la actividad fotosintética por inactivación enzimática y a un incremento de la demanda respiratoria (Weng, 1988; Pollock, 1990).

Baruch y Col. (1991) también señalaron que el aumento del contenido de pared celular como la lignina es uno de los mecanismos estructurales utilizados por los pastos para reducir los efectos de estrés por altas temperaturas, la cual reduce marcadamente la digestibilidad y la calidad de éstos.

Estudios similares sobre el efecto del aumento de temperatura, indican que el contenido de componentes estructurales y la digestibilidad de hojas y tallos de *C. dactylon*, *P. maximum var. Trichoglume*, *P. laxaum*, *L. perenne* y *M. sativa*, sufren una disminución y que la pared celular experimenta un aumento en la lignificación de sus tejidos. (Wilson y Col., 1991).

### 1.5.2. Radiación solar

La radiación solar establece un régimen luminoso satisfactorio para la fotosíntesis y un adecuado ambiente térmico, elemento climático que se encuentra estrechamente

relacionado con procesos fisiológicos de crecimiento y cambios morfológicos que experimentan los pastos y forrajes a través de su desarrollo (Blanco, 1986).

Las plantas utilizan la energía solar para convertirla en biomasa, la misma que es variable dependiendo de las vías metabólicas para el proceso fotosintético. En ese sentido, Keulen (1987) comprobó que la tasa fotosintética de los pastos es una función de la energía disponible y que las plantas C<sub>3</sub> alcanzan el estado de saturación lumínica en sus hojas a valores de 300-400 J/m<sup>2</sup>/seg bajo condiciones controladas.

Baruch y Col. (1991) corroboran que las plantas C<sub>4</sub> alcanzan la saturación lumínica a niveles superiores, con eficiencia de hasta un 6%. Por otra parte, Cooper 1970, citado por Nelson y Col. (1994), indican que bajo condiciones normales de explotación las hojas superiores reducen los niveles de radiación al resto del follaje y sólo una parte de ellas alcanzan su potencial fotosintético. (Snaydon, 1991).

Esto hace que entre especies que poseen vías bioquímicas similares para la fotosíntesis se presenten diferencias en su actividad, crecimiento y desarrollo (Lemaire, 1995), atribuyéndose estos a las diferentes características anatómicas (Kaiser, 1989) y propiedades ópticas que presentan los follajes en las plantas forrajeras (Sinoquet y Col., 1995).

Los días cortos del periodo invernal, unido a la baja intensidad de radiación son una de las causas fundamentales de la disminución de la productividad de los pastizales, cuyo comportamiento es variable y depende de la especie de pastos (Suárez y Col., 1986).

En especies como *B. humidicola*, *C. dactylon*, *C. plectostachyus* y *P. Maximum*, cv *Makueni*, Tergar y Col. (1988) encontraron una disminución significativa en su productividad durante la época de invierno.

Por otro lado, en las regiones tropicales la reducción de la intensidad de radiación por el efecto de la sombra modifica la composición química de los forrajes y componentes celulares, en función a la especie de planta (Buxton y Col., 1994).

Así mismo estos autores argumentan que los cambios anatómicos y morfológicos producidos en la calidad de los pastos se deben al incremento y/o disminución de sus componentes químicos causados por la mayor o menor radiación solar.

### **1.5.3. Precipitaciones**

El agua es uno de los factores climáticos de importancia que influye en la producción forrajera. La distribución durante el ciclo y la cantidad total de la precipitación anual ejercen efectos notables en el crecimiento y calidad de los pastos debido a su estrecha relación con los factores bioquímicos y fisiológicos que regulan estos procesos biológicos de gran complejidad en los pastos (Baruch y Col., 1991).

En el metabolismo de las plantas, los procesos dependen de la presencia del agua que es un principal componente en las células de las plantas (Balbín 1988), que mantiene la presión de turgencia y difusión de solutos en las células (Lösch, 1995).

El exceso de agua en suelos mal drenados causa anoxia en las raíces, afectando su respiración aeróbica, absorción de minerales y agua (Sojka, 1992) y se producen cambios metabólicos que implican la activación de la respiración anaeróbica (Drew, 1992). Por otro lado, el estrés por sequía y altas temperaturas; el cual es más común en las regiones tropicales y sub tropicales, afecta el comportamiento fisiológico y morfológico de las plantas (Chinchilla y Col., 1990), ocasionando una reducción de la expansión celular con una disminución en la presión de turgencia, cierre estomático, reducción de la transpiración y fotosíntesis (De Armas y Col. 1988). Su efecto en el cultivo dependerá de la intensidad del mismo y de la edad del cultivo (Sobrado, 1991).

Las partes aéreas del cultivo y la parte subterránea son también afectadas por el déficit hídrico (Baruch, 1994). El área foliar disminuye asociado a un incremento en las senescencia y como consecuencia a la abscisión de las hojas (Lösch, 1995).

En el crecimiento y desarrollo de los pastos intervienen múltiples factores, que en su mayoría son incontrolables como el clima y el suelo los cuales en determinada medida pueden limitar la aplicación del método funcional y la posibilidad de efectuar una

correcta interpretación fisiológica de los resultados cuando no se toman en consideración para su aplicación (Del Pozo, 1998).

### **1.6. LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES. OBJETIVOS Y COMPONENTES**

Aquel sistema de uso de la tierra donde las leñosas de aptitud forestal crecen en asocio con hierbas de valor forrajero y animales (domésticos y/o silvestres), en un arreglo espacial y temporal, con múltiples interacciones ecológicas y económicas entre los componentes del sistema es un sistema agroforestal (Young, 1989). Kass y Col. (1993) consideran que los mismos:

- Combinan la producción de egresos múltiples con protección de la base de recursos.
- Ponen énfasis en el uso múltiple de los árboles y arbustos.
- Son muy aptos para condiciones de bajos insumos y ambientes frágiles.
- Involucran la interacción de valores socioculturales, en mayor grado que la mayoría de los demás sistemas de uso de la tierra.
- Son estructuralmente más complejos que el monocultivo.

Estos sistemas incluyen diversas modalidades y prácticas agrícolas, en las cuales hay interacciones entre sus componentes, lo que motiva su subdivisión en concordancia con el objetivo a alcanzar (Hernández y Col., 1993). En este sentido, los sistemas silvopastoriles (Torres, 1983) o la agroforestería para la producción animal (Sánchez, 1998) se presenta como una de las modalidades de los sistemas agroforestales.

Torres (1983), cataloga los sistemas silvopastoriles como cualquier situación donde se desarrollen conjuntamente árboles y pastos en un sistema de manejo integral, cuyo objetivo principal sea incrementar el beneficio neto por hectárea a largo plazo.

Más recientemente, Pezo y Col. (1996) consideran que un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes e interactúa con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales), todos ellos bajo un sistema de manejo integral. Si bien con frecuencia se hace mención de

sistemas silvopastoriles en los cuales las leñosas perennes constituyen un recurso alimentario, no debe interpretarse que un sistema ganadero será silvopastoril solo cuando los árboles o arbustos presentes cumplen un propósito forrajero (Pezo y Col., 1998).

Por otra parte, estos mismos autores consideran que los objetivos de la presencia del componente arbóreo o arbustivo en sistemas ganaderos, puede ser múltiple y muy diverso. Así en algunos casos puede ser para incrementar la productividad del recurso suelo y el beneficio neto del sistema a largo plazo, en otros reducir el riesgo a través de la diversificación de salidas del sistema, o atenuar los efectos detrimentales del estrés climático sobre las plantas y los animales (Russo, 1990; Reynolds, 1995). Algunos de estos propósitos también se logran cuando se incorporan animales en sistemas forestales (Stür y Col., 1991).

Las combinaciones de leñosas perennes con pastos y animales se presentan en formas muy diversas, lo que ha generado diferentes tipos de sistemas silvopastoriles. Muchos de ellos forman parte de la cultura productiva de los países tropicales como es el caso de las cercas vivas y los árboles en potreros (Pezo y Col., 1998). En algunos casos se evidencia un diseño claramente orientado a obtener un beneficio económico, social o ecológico de las interacciones entre el componente leñoso con los pastos y los animales, mientras que en otros la presencia del componente leñoso puede ser el resultado de procesos de retrogresión en la sucesión natural hacia una vegetación clímax de bosque (Brown, 1994).

De acuerdo con la clasificación realizada por Nair (1993), los sistemas silvopastoriles están constituidos por cercas vivas, bancos de proteína, asociaciones de árboles en potreros o potreros con árboles y pastoreo en plantaciones forestales; pero recientemente Pezo y Col. (1998) ampliaron estas alternativas y plantean que en una finca ganadera se pueden encontrar los siguientes tipos: cercas vivas, bancos forrajeros de leñosas perennes, leñosas perennes en callejones, árboles y arbustos dispersos en potreros, pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales, leñosas perennes sembradas como barreras vivas y cortinas rompevientos.

Los mismos autores también mencionan que la decisión sobre cual de estas opciones se encuentra presente o se implementen en una finca ganadera, será función de diversos factores, entre los que se destaca los objetivos del productor con respecto a las leñosas perennes y a las forrajeras, el tamaño de la finca, su localización, topografía, disponibilidad de mano de obra y otros recursos naturales y económicos disponibles.

### **1.6.1. Sistema Silvopastoril de Monte Natural en la Región del Chaco Boliviano**

Las leñosas perennes del Chaco poseen estrategias eco fisiológicas más balanceadas frente a la sequía y/o extremos térmicos, tales como raíces profundas o bimodales generalmente con mayor fitomasa subterránea que aérea; hojas compuestas de exposición mas variable a la insolación, algunas con tallos verdes que fotosintetizan con poco consumo de agua durante un ciclo más largo que el propio follaje, reducción de la superficie evapotranspirante, y lo que es fundamental mayor presión osmótica en raíces, tallos y hojas que las herbáceas. Por estos mecanismos individuales o combinados entre sí, la productividad comunitaria de árboles y arbustos semiáridos está menos influenciada por las limitaciones de sequía y altas temperaturas (Neuman, 1999).

En la región del Chaco las leñosas perennes son la base de la alimentación del ganado. Según Renolfi (1990) las especies predominantes son: *Prosopis spp*, *Schinopsis spp*, *Caesalpinia paraguayensis* y *Aspidosperma spp*. En el estrato inferior de la vegetación herbácea puede encontrarse gramíneas palatables (*Trichloris crinita*, *Digitaria californica*, *Setaria leiranta*, *Chloris ciliata* y *Pennisetum frutescens*), gramíneas poco palatables (*Setaria globulífera*, *Aistida mendocina*, *A. colsencioni*, *Chloris virgata*), gramíneas no palatables (*Eragrostis cilianensis*), y otras especies consideradas como malezas (*Sida rombifolia*, *Eupatoriun spp*).

Además, Terán y Col. (1997) identificaron varias leñosas que pueden ser consumidas por diferentes especies de animales y que cumplen una función en la nutrición animal durante el período seco. Entre ellas se destaca la *Caesalpinia paraguayensis*, *Acacia spp*, *Piptademia spp*, *Enterolobium contortus*, *Eritrina falcata*, *Geoffroea decorticans* y *Tipuana tipa*.

Otras especies poseen gran demanda por su madera (*Schinopsis balansae*), pero también son consumidas por el ganado, por lo que en el manejo de estos ecosistemas debe tenerse un estricto control de la carga animal y de la forma de utilización. Esto permite la repoblación de especies leñosas valiosas Saravia (1989), y de la vegetación herbácea deseable Terán y Col., (1997), con el siguiente mejoramiento en los índices zootécnicos del hato.

Por otra parte, se debe señalar que en estos ecosistemas naturales, el potencial forrajero no se limita a la biomasa disponible por el ramoneo en los arbustos sino también de frutos, flores y hojarasca proveniente de los árboles y arbustos en sus diferentes estratos cuya disponibilidad será viable y con un comportamiento estacional importante en la dieta de los animales (Saravia y Col., 1995).

La producción y manejo de los ecosistemas de monte natural son variables y complejos por las características de la región en cuanto a la variedad del tipo de suelo, microrrelieve, su vegetación y especialmente el clima. Además se le agrega a ello la falta de investigaciones que permitan profundizar en el conocimiento de las nuevas tecnologías para lograr beneficios compatibles en el uso de los recursos en lo que respecta al comportamiento fisiológico y agro – productivo del estrato herbáceo bajo el efecto de la sombra de los árboles y arbustos (Renolfi, 1990).

### **1.7. PRINCIPALES INTERACCIONES ENTRE LAS LEÑOSAS PERENNES Y LAS PASTURAS.**

Cuando las leñosas perennes y las especies herbáceas comparten el mismo terreno, pueden presentarse entre ellas relaciones de interferencia y de facilitación. La competencia por radiación lumínica, por agua y por nutrientes, así como las posibles relaciones alelopáticas entre los componentes son manifestaciones de interferencia. En cambio, la fijación y transferencia de nutrientes, y el efecto de protección contra el viento que pueden ejercer las leñosas perennes, son relaciones de facilitación (Pezo y Col., 1998).

La magnitud de las interacciones de las leñosas perennes y pasturas, así como entre individuos dentro de cada una de estas categorías, es función de la disponibilidad de factores de crecimiento (luz, agua, nutrientes) del medio de requerimientos específicos y las características morfológicas de los componentes de la población de plantas y su arreglo espacial; y del manejo al que están sometidas (Pezo y Col., 1998).

Shelton y Col. (1987) sostienen que el principal factor limitante para el crecimiento de las pasturas en los sistemas silvopastoriles es el nivel de sombra ejercido por los árboles y arbustos. Si bien en general la tasa de crecimiento de los pastos es menor cuando crecen bajo la copa de los árboles que a pleno sol (Horne y Col., 1991), no todos los pastos responden de igual manera a la disminución en la incidencia de la energía lumínica.

En los sistemas silvopastoriles que involucran especies maderables y frutales con pasturas, la cantidad y la calidad de luz que pasa a través de la copa hacia el estrato herbáceo tiende a cambiar con la maduración de las leñosas. En la mayoría de plantaciones, con densidades normalmente utilizadas, las copas tienden a cerrar de tal manera, que al cabo de 5 a 8 años la transmisión de luz puede caer hasta por debajo del 30% (Chen 1993; citado por Pezo y Col., 1998).

### **1.7.1. Crecimiento**

En general, el sombreadamiento tiene un efecto más marcado sobre la tasa de crecimiento de las plantas forrajeras con el ciclo fotosintético C<sub>4</sub> (gramíneas tropicales) que las de tipo C<sub>3</sub> (gramíneas de zona templada y leguminosas) (Tieszen, 1983; Sanderson y Col., 1997). Además, dentro de estos grupos funcionales de plantas se ha detectado variabilidad entre genotipos (Reynolds, 1995).

En ocho gramíneas solas o asociadas con árboles de *Eritrina poeppigiana* establecidas en el trópico húmedo de Costa Rica, Bustamante (1991), citado por Bolivar y Col. (1992), comprobaron que existían diferencias en la respuesta de estas plantas, y que sobresalieron por su comportamiento *Cynodon nlemfuensis* y *Panicum maximum*

16061, con un 34,2 y un 30,2%, respectivamente, de productividad superior al estar asociadas que solas.

En el caso de las leguminosas tropicales herbáceas su productividad también varía por especies. Wong (1991) encontró que *Desmodium heterophyllum*, *D. ovalifolium* y *Calopogonium caerolum* tenían alta tolerancia a la sombra, mientras que *Arachis pintoi* y *Centrosema pubescens*, entre otras, poseían tolerancia media a la luz.

### **1.7.2. Composición Florística**

Otro aspecto que influye en la productividad del pasto es el mantenimiento de su composición botánica en el tiempo. En un estudio de dos sistemas de pastoreo incluyendo diferentes grados de asociación entre *Leucaena leucocephala* y gramíneas, se observó que el comportamiento de la composición botánica en el sistema asociado, en relación con la incidencia de malezas, nunca fue superior al 10%, y la gramínea presente en el sistema asociado alcanzó valores hasta el 100%; en el sistema de gramínea sola ésta ocupó entre 82 y 95% de la composición florística. Por otra parte en el sistema asociado se obtuvieron los mayores rendimientos de MS/m<sup>2</sup> y de porcentajes de hojas, así como los menores porcentajes de material muerto y de malezas (Ruíz y Col., 1990).

### **1.7.3. Morfología de sus órganos**

El sombreadamiento también puede provocar cambios morfológicos y fenológicos en las especies de pastos, los cuales funcionan como mecanismos de adaptación a la baja incidencia de energía lumínica y la consiguiente reducción en el potencial fotosintético de las plantas (Pezo y Col., 1998). Para compensar el efecto del sombreadamiento, las especies forrajeras tienden a desarrollar hojas más largas, pero menos gruesas (Sanderson y Col., 1997). Lo primero les ayuda a incrementar su habilidad competitiva para interceptar la luz, mientras que lo segundo les permite reducir su tasa de respiración (Wilson y Col., 1991). Es evidente que esos mecanismos de compensación no son suficientes, por lo que la actividad fotosintética total disminuye bajo condiciones de sombra (Pezo y Col., 1998).

La prioridad que dan al desarrollo foliar aquellas plantas que crecen bajo sombra, afecta la disponibilidad de fotosintato para otros órganos y procesos de la planta (Mochiutti, 1995). Zelada (1996) observó una reducción en el desarrollo radical a medida que disminuyó la radiación lumínica; esto redundó no sólo en una menor habilidad para tolerar la sequía y para captar nutrientes, sino también un anclaje más pobre en las plantas que crecen bajo sombra.

Por otro lado, también se han observado efectos perjudiciales del sombreamiento sobre la formación de órganos reproductivos, lo cual resulta cuando menos en una floración más tardía, aunque en muchos casos la floración se inhibe, y por ende la producción de semillas es mínima o nula (Oliveira y Col., 1986).

En general, los cambios morfológicos y fenológicos que ocurren en las forrajeras que crecen bajo la sombra tienden a comprometer su potencial de persistencia; por ello el manejo del pastoreo debe ser muy cuidadoso, lo cual se regula a través de la carga o la presión de pastoreo (Pezo y Col., 1998).

#### **1.7.4. Calidad Nutritiva**

El sombreamiento también afecta la calidad nutritiva de los forrajes, pero en algunos casos esos efectos pueden estar mediados por cambios anatómicos o morfológicos que sufren las plantas como engrosamiento de la epidermis, elongación de los tallos. En varios ensayos con gramíneas se han detectado incrementos en el contenido de proteína cruda y disminución de los carbohidratos no estructurales tales como azúcares, almidones, a medida que aumenta la interferencia al paso de la luz solar (Wilson, 1982; Pezo, 1987; Pentón y Col., 1997).

Sin embargo, los resultados con relación a la influencia de la sombra sobre el contenido y composición de los carbohidratos estructurales, la digestibilidad y el consumo son inconsistentes (Sanderson y Col., 1997). Así Deinum y Col (1974) postulan que la sombra afecta negativamente la digestibilidad; mientras que Khephart y Col. (1993) encontraron un efecto contrario; otros autores no han detectado ningún efecto importante (Samarakoon y Col., 1990; Norton, y Col., 1991).

Sobre la base de los resultados anteriores, Reynolds (1995) sugiere que la disminución en la digestibilidad y el consumo probablemente ocurre solamente en plantas susceptibles a la sombra, pues en ellas la sombra provoca una disminución marcada en el contenido de carbohidratos solubles y un incremento notorio en la elongación de los tallos.

#### **1.7.5. Otros Efectos**

La interacción entre los árboles y las pasturas es compleja en lo referente al agua, dado que los árboles constituyen un factor de consumo y, al mismo tiempo, de ahorro de agua. Este factor se hace más limitante en los pastos tropicales, ya que la mayoría están sometidos a estrés por escasez de agua en alguna época del año, fenómeno que afecta su potencial de producción, ya sea por causas propias de la planta o de índole externa, como el clima o el suelo (Hernández y Col., 1993).

Cuando las leñosas y las pasturas comparten el mismo espacio, como son los sistemas de plantaciones o de árboles en potreros, la menor temperatura en el estrato herbáceo bajo la copa de los árboles provoca una disminución en la tasa de pérdida de agua por transpiración a través de los estomas (Baruch y Col., 1991). Además se presenta una baja en la temperatura del suelo, lo cual resulta en menores pérdidas de agua por evaporación (Wilson y Col., 1991).

Estos efectos pueden retrasar la incidencia del estrés hídrico característico del período seco (Reynolds, 1995), y adelantar el inicio del crecimiento a medida que mejoran las condiciones de humedad en el suelo. Djimde y Col., (1989) mencionan también que efectos similares a los atribuidos a la presencia de árboles en potreros respecto al mantenimiento del balance hídrico en pasturas, pueden presentarse cuando las leñosas forman parte de cortinas rompevientos, ya que se reconoce que el viento ejerce un “efecto secante” sobre las pasturas, al incrementar la tasa de evapotranspiración de las mismas.

Otra característica microclimática debajo de la copa de los árboles es la redistribución de la lluvia. Cuando las gotas de lluvia son interceptadas por la copa, una parte del agua

se evaporará a la atmósfera, otra parte caerá a la superficie del suelo, otra parte queda retenida en el follaje y tronco, pero el resto es canalizado hacia el suelo a través del eje principal del tallo, de manera que se infiltra en el área más cercana a la base del tallo (Torres, 1983). Esto es particularmente importante en las zonas áridas y semiáridas, pues esta concentración del flujo de agua es otro factor que prolonga la fase vegetativa en las plantas que se encuentran en los sectores más cercanos alrededor del tallo (Pressland, 1973).

### **1.8. SISTEMA AGROSILVOPASTORIL**

JOAQUIN (2000), define que los sistemas silbopastoriles se refieren a la combinación de árboles y arbustos nativos con especies forrajeras (gramíneas y leguminosas) ya sean nativas o introducidas, que consiste esencialmente en:

- √ Eliminar todas las plantas de arbustos y árboles sin valor forrajero ni forestal.
- √ Dejar los arbustos y árboles útiles, incluyendo plantas jóvenes.
- √ Acordonar cada 20-50m el material vegetal desechado.
- √ No quemar debajo de los árboles para evitar daños en el desmonte selectivo.
- √ Sembrar la gramínea después de realizar las actividades anteriores.

### **USOS**

JOAQUIN (2000), recomienda que por la calidad de forraje que produce este sistema se aconseja su uso para:

- ❖ Potreros de maternidad: mantener a las vacas recién paridas en un buen potrero alambrado nos permite la salud del ternero, asegurar una buena alimentación para la vaca, facilitar su recuperación después del parto y aumentar la producción de leche.
- ❖ Vacas con buena producción de leche
- ❖ Terneros destetados

- ❖ Control de vacas enfermas hasta su convalecencia.

GLATZLE (1999), define que los sistemas silvopastoriles de producción se caracterizan por la combinación simultánea de un componente de pastoreo y un componente forestal. El aprovechamiento del efecto positivo ecológico de los árboles e islas de monte (sombra, biodiversidad, mineralización de nutrientes en las hojas caídas) en pasturas sin uso forestal convencional justifica la definición silvopastoril. Un ensayo en la estancia Belén, reveló la producción ganadera máxima con la presencia de 10 árboles por ha. (Ganancia de peso vivo en novillos de 0,41kg./día). Con proporciones más altas de leñosas en las pasturas, bajó el rendimiento animal por efectos evidentes de competencia entre arbustos y pastos hasta 0,25kg/día de ganancia de peso vivo en pastura con franja de monte en 50% de la superficie. En la parcela testigo (Monte nativo) Los animales perdieron peso observaron en el chaco semiárido de la provincia de Córdoba, Argentina, un incremento de la producción de carne desde 3-5kg Ha/año (cría en montes y pastizales naturales) hasta 30- 40Kg./Ha /año (aplicando un sistema silvopastoril).

### **1.9. VARIACIÓN DEL RÉGIMEN LUMINOSO BAJO LA INFLUENCIA DEL ARBOLADO EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL.**

En los sistemas silvopastoriles la luz que llega al estrato herbáceo o al suelo es de diferentes clases: luz directa que penetra por los espacios o ventanas del dosel como resultado de las estructuras de las copas de los árboles y el espaciamiento entre ellos, luz difusa de la atmósfera que penetra por vías similares a la directa y la luz reflejada por el follaje y otros componentes estructurales del componente arbóreo (Loomis y Col., 1969).

Las proporciones de luz o radiación solar que el follaje refleja, absorbe y transmite varían según la especie, aunque generalmente estos valores están distribuidos de la siguiente forma: radiación o luz reflejada: 5 – 20%, transmitida: 5 – 20% y absorbida: 60% o más de la energía incidente. Estos valores son muy aproximados y solo sirven a modo de orientación ya que los mismos varían según la naturaleza de las hojas, superficie foliar, color, contenido de agua, entre otros (Pentón, 2000).

El grado de sombreado ejercido por los árboles y arbustos varía con la morfología de las plantas (características de la copa y la altura), la edad, la densidad y la distribución espacial de los árboles con respecto al estrato herbáceo, la fertilidad del suelo y la inclinación de los rayos solares (Reynolds, 1995).

En plantaciones de cualquier leñosa perenne la transmisión de luz hacia el estrato herbáceo tiende a declinar con el tiempo; sin embargo hay diferencias en el patrón de respuesta a la edad, que son atribuibles a la morfología de las leñosas (Pezo y Col., 1998). Wilson y Col. (1991) encontraron que el sombreado se incrementaba aceleradamente en los primeros años de la plantación, y que esta influencia era más marcada en caucho (*Hevea brasiliensis*) y palma aceitera (*Elaeis guineensis*) que en el cocotero (*Coco nucíferas*) y el eucalipto (*Eucalyptus deglupta*).

En plantaciones de *Pinus caribaea* se señaló que la disminución en la incidencia de la luz, a medida que se incrementó la edad de la plantación, no solo afectó el crecimiento de las especies deseables, sino que promovió el desarrollo de especies poco palatables, resultando en una menor capacidad de carga y productividad animal en el sistema (Somarriba y Col., 1991).

La densidad de plantación es otro factor que afecta el crecimiento del estrato herbáceo en un sistema silvopastoril. Así, la producción de biomasa en el estrato herbáceo disminuye a medida que se incrementa la densidad de árboles, pero la tasa de disminución declina con la densidad (Witheman, 1980). Este efecto no solo es atribuible al sombreado que ejerce el follaje de la leñosa sobre los pastos, sino también a la competencia por espacio entre leñosa y el pasto, así como el eventual daño físico por la caída de ramas (Reynolds, 1995).

Por otro lado, en trabajos desarrollados durante 5 años en una plantación de *L. Leucocephala* cv. Perú, con una población de 1100 plantas/ha sobre pasto estrella, (*Cynodon plectostachyus*) no se interrumpe el desarrollo del pasto base y además se logra una utilización de la sombra más inmediata; después de 4 años se ajusta la población de los árboles entre 400-600 plantas/ha para evitar un efecto negativo en el

crecimiento de la gramínea y para incorporar nuevas plantas de *leucaena* para la alimentación animal (Ruiz y Col., 1990).

En sistemas silvopastoriles, las prácticas de manejo comúnmente aplicadas para reducir la interferencia de luz, como es el caso de las podas, son realmente multipropósito, ya que además de disminuir la competencia pueden proveer forraje de alta calidad (principalmente en regiones con períodos secos prolongados), leña, madera u hojarasca para mejorar la fertilidad del suelo (Pezo y Col., 1998). El raleo, otra práctica de manejo empleada principalmente en plantaciones forestales, no solo favorece el desarrollo de árboles seleccionados, sino que además permite disminuir el sombreamiento hacia el estrato herbáceo (Knowles, 1991).

El arreglo de plantación es otro factor que puede ser modificado para regular la interferencia de luz ejercida por las leñosas perennes; al respecto los criterios son contradictorios, ya que algunos autores prefieren realizar las plantaciones en hileras sencillas (Del Pozo, 1999; comunicación personal) o en franjas de 2 a 5 hileras, pero ampliando el espaciamiento, manteniendo así las mismas cantidades de plantas/ha y permitiendo un mayor paso de luz hacia el estrato herbáceo, favoreciendo el crecimiento de la biomasa herbácea y la productividad animal (Reynolds, 1995).

La orientación de las hileras de árboles en una plantación es también un factor de manejo que contribuye a regular el acceso de la vegetación herbácea a la luz. Los árboles sembrados en hileras paralelas al movimiento del sol (Este – Oeste) facilitarán la penetración de los rayos solares al estrato herbáceo, en aquellas horas (antes de las 10 a.m. y de después de las 2 p.m.) en que por el ángulo de incidencia su transmisión es interferida por una barrera arbórea. Esto va a resultar en una mayor incidencia total diaria de luz al estrato herbáceo, y consecuentemente en una mayor producción de fitomasa, especialmente cuando se trabaja con menor espaciamiento entre las hileras de los árboles (Pezo y Col., 1998).

La penetración de haces luminosos por las ventanas o huecos del dosel de la cubierta arbórea, origina que la luz se proyecte sobre el suelo en forma de manchas lumínicas de diversos tamaños y formas que se mueven con el movimiento del sol y tienen una

oscilación como resultado del movimiento de ramas y hojas que se produce por los vientos (Blanco, 1986). Por consiguiente, en un rodal caducifolio pudiera resultar que la intensidad luminosa dentro de él sea mayor precisamente en el período climático en que ésta, de manera natural, se reduce provocada por la caída de las hojas. Para medir el régimen de luz o de la radiación solar bajo rodales, arboledas y bosques se han utilizado equipos tales como piranómetros, (que miden la intensidad de la radiación fotosintéticamente activa), y los luxómetros (que miden la intensidad de la iluminación). Estos últimos han sido los más utilizados por fisiólogos y ecólogos por la alta correlación encontrada con diferentes fenómenos biológicos (Simonds y Col., 1998).

### **1.10. TIPOS DE SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES**

Las combinaciones de árboles y arbustos con pasturas y animales se presentan en formas muy diversas, lo que ha generado diversos tipos de sistemas silvopastoriles.

Entre estas se pueden tener (Pezo y Ibraim 1999):

- Cercas vivas
- Bancos forrajeros de árboles y arbustos perennes
- Árboles y arbustos forrajeros en callejones
- Árboles y arbustos dispersos en potreros
- Pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales
- Árboles y arbustos sembrados como barreras vivas
- Cortinas rompe vientos

### **1.11. DESCRIPCIÓN DEL PANICUM MÁXIMUM CV. GATTÓN PANIC**

*Panicum Maximun* cv. Gattón Panic es una planta forrajera perenne, que pertenece a la familia de las gramíneas; sub familia Panicoideas; tribu Paniceae, es originaria de África Tropical (Oram 1990; citado por Glatzle 1999).

*Gattón Panic* es una planta cespitosa de crecimiento erguido que forma densas matas o macollos hasta de 1 metro de diámetro; presenta sistema radicular fibroso y profundo, sus tallos pueden alcanzar hasta 1.5 m de altura, sus hojas son lineales de 15 a 50 cm de largo y hasta de 1.5 cm de ancho, su inflorescencia en panícula abierta de 20 cm de longitud; su floración y semillación continua durante 6 meses al año; presenta semillas pequeñas con un rendimiento de 250 a 300 kg./há Renolfi y Col.(1988) Glatzle, (1999); citado por (Joaquin,).

Es una especie predominante apomíctica, es decir que produce semilla sin fecundación anterior; no produce cruzamiento con otros cultivares y se mantiene estable tras generaciones. Por la dormancia de la semilla no se recomienda sembrarla antes de fin de un periodo de carencia de por lo menos 6 meses después de la cosecha. El poder germinativo de la semilla es muy buena (30%), la densidad de siembra es de 3 a 4 Kg./ha, prefiere suelos de textura media y fértiles con pH 5.5 – 7.5; su zona de adaptación está entre los 700 – 1200 mm por año (Glatzle, 1999).

Su rendimiento en Kg de MS es de 8 a 12 t/ha/año pudiendo soportar hasta 2 cabezas/ha/año por su alta palatabilidad y valor nutritivo. No tolera las heladas invernales y rebrota con las primeras lluvias en primavera, es tolerante al sombreado de los árboles por lo que es empleado en sistemas silvopastoriles (Renolfi y Col., 1988).

En Villa Montes se realizó un estudio de tesis sobre la introducción y evaluación de especies forrajeras en (*Cenchrus ciliaris*, *Andropogon gayanus*, *Cloris gayana* y *Panicum maximum* cv. Gattón Panic). En comparaciones de rendimientos en M.S. el *Gattón Panic* obtuvo en un tiempo de 12 semanas después de la siembra 4,79 t/ha/corte (Peñaranda, 1993).

## **CAPITULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1. LOCALIZACIÓN**

El presente trabajo se realizó en la Tercera Sección de la provincia Gran Chaco del Departamento de Tarija, que comprende el área de influencia de la ciudad Benemérita de Villa Montes, la cual posee una superficie de 11116 Km<sup>2</sup>, es decir el 29% de la superficie departamental. Limita al norte con la provincia Luís Calvo, Departamento de Chuquisaca, al este con la república del Paraguay, al oeste con la provincia O'Connor y al sur con la Primera Sección Yacuiba (Anexo 1).

##### **2.1.1. Zona de Pie de Monte**

El trabajo experimental se desarrolló en la filial ganadera el Cincuenta en la finca El pozo del Anta se encuentra ubicada a 38 Km., de la población de Villa Montes, geográficamente ubicada en los paralelos 63° 16' 52.5'' de longitud Oeste y a 21° 12' 33.07'' de latitud Sur con una altura de 411 m. s. n. m.

##### **2.1.2. Zona Llanura Chaqueña**

El trabajo experimental se desarrolló en la finca El Bolsón se encuentra ubicada en la filial el Toro del Municipio de Villa Montes Tercera Sección Municipal de la Provincia Gran Chaco del Departamento de Tarija, se encuentra a una distancia de 150 Km. De la ciudad de Villa Montes siguiendo la carretera que va al Paraguay, geográficamente ubicada en los paralelos 21°31'56.60" de latitud Sur y 63°00'09.61" de longitud Oeste con una altura de 336.m.s.n.m.

##### **2.1.3. CLIMA**

De acuerdo al mapa ecológico de Bolivia (MACA 1975) Villa Montes está en la región templada, correspondiente a la zona de vida bosque-seco templado. Según la clasificación climática de Thorohwaite esta misma región se clasifica como clima templado cálido seco.

##### **Temperatura**

Las temperaturas por lo general son altas, encontrándose en verano máximas extremas de hasta 49,5°C en diciembre y en invierno de -5°C en el mes de julio.

Las temperaturas medias mensuales de los meses más cálidos estarían entre 25,3° a 28,7°C, en los meses más fríos varía desde los 17,4° a 22,5°C siendo los meses mas fríos mayo, junio y julio. La temperatura media general de la zona es de 23,6°C.

### **Precipitación**

La precipitación promedio llega a 853,8 mm/año. La variación estacional es muy marcada, registrándose periodos sin lluvia en los meses de mayo a septiembre, mientras que en los meses de verano de octubre a marzo, se presentan lluvias torrenciales, mayores a 100 mm en menos de 24 horas, esta forma de lluvia torrencial no permite que el agua se infiltre en forma normal en el suelo, y por el contrario, provoca escurrimiento superficial con el peligro de causar erosión en el suelo.

### **Evaporación**

Por las altas temperaturas, este fenómeno meteorológico supera en gran medida a la precipitación. En los meses de octubre, noviembre y enero la evaporación tiene una media de 200 mm/mes. Coincidiendo con los meses donde se dan las temperaturas extremas máximas. La evaporación media anual es de 1901 mm.

### **Radiación**

En la zona no existe datos suficientes acerca de la magnitud de la radiación solar; pero sobre la base del promedio térmico de 25,8°C; se presume que la radiación sobrepasa las 6,5 horas / día necesario para el ciclo vegetativo de las plantas desde la nacencia a la floración.

### **Viento**

La intensidad de este fenómeno meteorológico es de 1,4 a 3,2 m/seg de dirección predominante Norte – Este, velocidad que no crea problemas en el desarrollo de las plantas, por el contrario provoca una renovación del aire en los cultivos, puesto que la intensidad del grado térmico del ambiente es elevado.

### 2.1.4. VEGETACIÓN DE LA REGION CHAQUEÑA

La estructura arbórea de la zona está cubierta en mayor parte por un bosque arbustivo xerofítico denso, la vegetación más baja y herbácea se acentúa en las épocas más lluviosas del año.

Entre las especies más comunes de la zona podemos citar las siguientes:

#### Vegetación Natural del Área de estudio de Villa Montes

Nombre Común	Nombre Científico
<b>Arbóreos</b> Quebracho Colorado Quebracho blanco Algarrobo blanco Mistol Chañar Urundel, cuchi	Schinopsis lorentzil Aspedios perma Prosopis alba Ziziphus mistol Geofraea decorticans Astronium urundeuva
<b>Arbustivos</b> Tala Choroque Ulala Sacharosa Ancoche Durasnillo	Durante erecta L. <i>Ruprechtia triflora</i> Griseb. Gereus validus Haw. Pereskia sacarosa Griseb. Casearia sylvestris Sw. Ruprechtia triflora Griseb.
<b>Herbáceos</b> Cardón Caraguata Afata Verdolaga Pata de perdíz Caruro Saitilla Cafecillo	Trichocereus sp. Bromelia serra Grises. Cordia trichotoma L. Portulaca sp. Cynodon dactylon (L.) Persono. Amarantus sp Bidens pilosa L. Maprounea nobilis L.

## **2.2. MATERIALES**

Los materiales que se utilizaron fueron los Siguietes:

- ❖ Semilla de Pasto de la Variedad Gatton panic
- ❖ Azadón.
- ❖ Wincha
- ❖ Estacas
- ❖ Letreros
- ❖ Machete
- ❖ Calculadora
- ❖ Libreta de campo
- ❖ Flexo metro
- ❖ Sobre Manila
- ❖ Balanza de precisión
- ❖ Estufa

## **2.3. METODOLOGÍA**

### **2.3.1. Implantación del Cultivo**

El experimento ha sido establecido en dos zonas agroecológicas diferentes, en parcelas de 2000 m<sup>2</sup>, con una cobertura natural de la vegetación nativa del 30 al 40%, que fue dejada después de hacer un raleo de arbustos y árboles, para posteriormente limpiar toda la vegetación herbácea, y disponer del terreno apto para la siembra del cultivo de pasto Gatton panic. en monte diferido, con una densidad de siembra de 20 Kgr./ha de semilla, la siembra ha sido realizada manualmente el 27/12/08 a golpe dejando caer entre 40 a 60 semillas, con una distancia de 0.60m por 0.40 m.

### **2.3.2. Control de Malezas**

El control de malezas se ha realizado en forma manual en dos oportunidades

### **2.3.3. Análisis del Pastizal**

Para la cuantificación de la producción de biomasa (forrajimasa), se utilizó el método del cuadrado, propuesto por Franco (1996), en cada una de las zonas establecidas. La evaluación se realizó el 13/03/08 en Pie de Monte y el 16/03/08 en la Llanura Chaqueña, momento en que el cultivo estaba en estado pastoso recomendado para corte.

#### **2.4. Muestreo**

Se utilizó el método sistemático, ubicando parcelas de  $1\text{ m}^2$  a intervalos aproximados de 10m y 8m., en transectos con rumbo establecidos de 50m. y 40m. de longitud en todo el área experimental, dichos transectos fueron cuatro, ubicados dos en forma diagonal y dos en cruz.

##### **2.4.1. Tamaño de la Parcela (tamaño de la muestra)**

Se ha utilizado parcelas de  $1\text{m}^2$ .

##### **2.4.2. Número de Parcelas**

El número de parcelas a evaluar se determinó considerando el 1% del total del área en estudio ( $2000\text{ m}^2$ ) como indica Franco (1996), lo que corresponde a 20 parcelas de  $1\text{m}^2$ .

##### **2.4.3. Variables Evaluadas**

###### **2.4.3.1. Rendimiento de Materia Verde en T/ha en ambas zonas de estudio**

El corte se ha realizado el 13/03/08 en Pie de Monte y el 16/03/08 en la Llanura Chaqueña, cuando el cultivo está en estado pastoso, luego realizamos el ajuste del rendimiento en T/ha de acuerdo a la densidad de siembra de 0.60m por 0.40 m.

#### **2.4.3.2. Rendimiento de Materia Seca en T/ha en Ambas Zonas de Estudio**

La determinación de la materia seca se ha realizado en el Laboratorio de PROVISA (Proyecto Villa Montes Sachapera), material secado en estufa a 70<sup>0</sup>C durante 72 horas hasta peso constante.

#### **2.4.3.3. Altura de planta en cm.**

Medición realizada desde la base del suelo hasta la hoja bandera

#### **2.4.3.4. Relación tallo/hoja en %.**

En cada una de las parcelas, se ha pesado las hojas por separado del tallo y por diferencia se obtuvo el porcentaje de cada órgano.

### **2.5. Análisis Estadístico**

Para el análisis estadístico se utilizó la estadística descriptiva, tomando en cuenta algunos estadígrafos como: media aritmética, varianza, coeficiente de variación y error estándar para las variables de estudio, posteriormente se utilizó la prueba de “t”, que permite realizar comparaciones entre las dos zonas a un el nivel de significancia del 5% (95% de confiabilidad).

#### **2.5.1. Estadígrafos**

Media aritmética

Varianza

Coeficiente de variación

Error estándar

#### **2.5. 2. Prueba de Hipótesis Estadística**

Prueba de “t”

- Estadístico

- Error estándar de la diferencia entre las medias de producción de materia seca de ambas zonas de estudio (zona de pie de monte y llanura chaqueña).

## CAPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

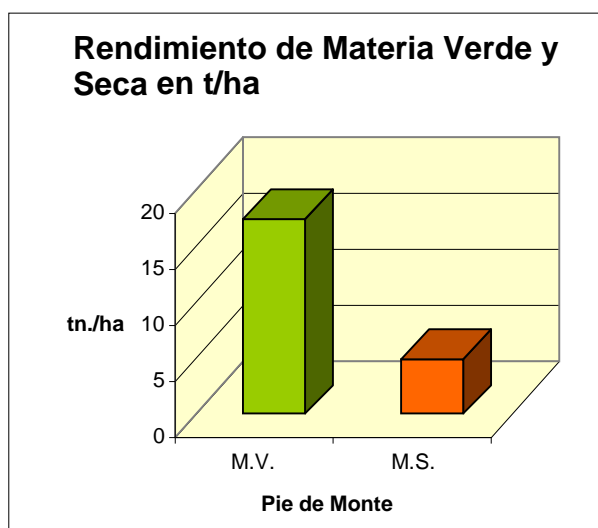
#### 3.1. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE GATTÓN PANIC EN MATERIA VERDE EN T./HA, PARA AMBAS ZONAS ECOLÓGICAS.

En el Cuadro 1 se puede observar los rendimientos del cultivo de Gattón panic, en materia verde y seca sembrados en la zona de Pie de Monte muy similares a los indicados por Peñaranda (1993), quien obtuvo en un tiempo de 12 semanas después de la siembra 4,79 t/ha/corte, sembrados en la localidad de Villa Montes y no así los establecidos en la Llanura Chaqueña.

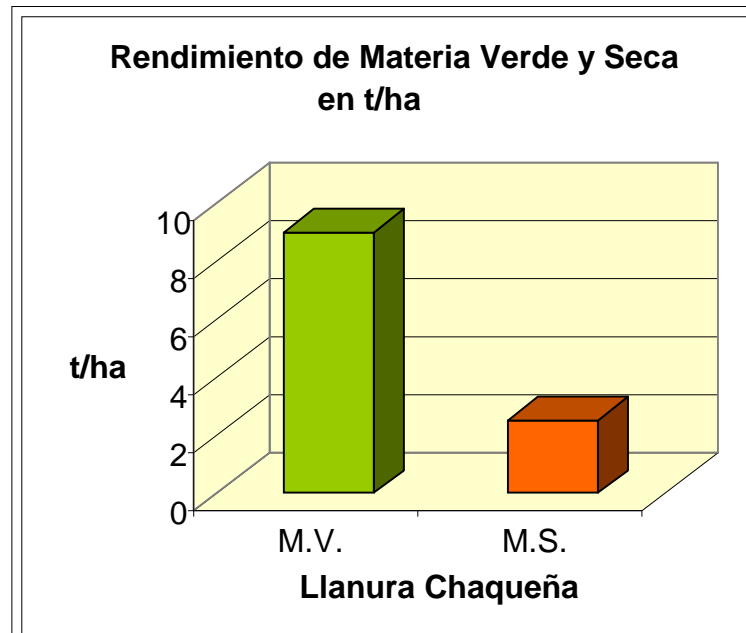
**Cuadro 1**  
**Rendimiento del Cultivo de Gattón panic en Materia Verde en t./ha, para ambas zonas ecológicas.**

Zonas Ecológicas	Rendimiento de Materia Verde en t/ha	Rendimiento de Materia Seca en t/ha
<b>Pie de Monte</b>	17.352	4.859
<b>Llanura Chaqueña</b>	9.014	2.524

**Gráfica 1. Rendimiento de Materia Verde y Seca en t/ha – Zona Pie de Monte**



**Gráfica 2 Rendimiento de Materia Verde y Seca en t/ha – Zona Llanura Chaqueña**

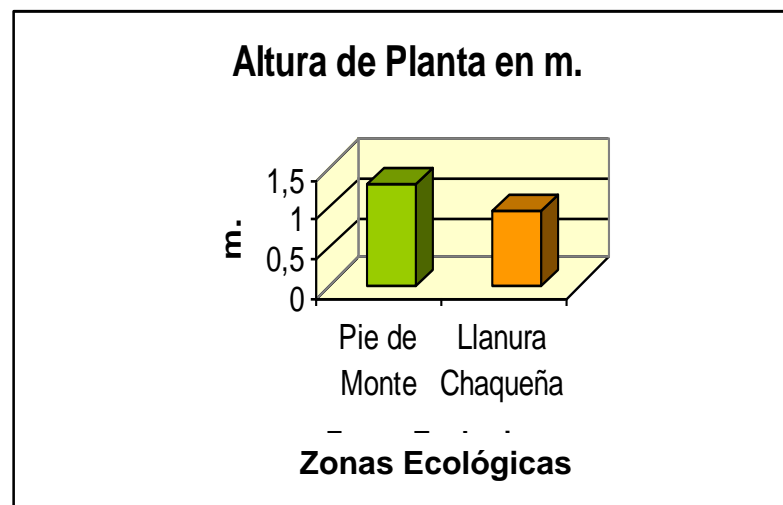


La producción de materia verde y seca en la llanura chaqueña cuadro1 disminuye en un 50% comparado con la producción obtenida en pie de monte, estos resultados podemos atribuir a factores climáticos y edafológicos. Por otro lado, el estrés por sequía y altas temperaturas; el cual es más común en las regiones tropicales y sub tropicales, afecta el comportamiento fisiológico y morfológico de las plantas (Chinchilla y Col., 1990), ocasionando una reducción de la expansión celular con una disminución en la presión de turgencia, cierre estomático, reducción de la transpiración y fotosíntesis (De Armas y Col. 1988). Su efecto en el cultivo dependerá de la intensidad del mismo y de la edad del cultivo (Sobrado, 1991).

El promedio de altura de planta en la zona de Pie de Monte (Ver Grafica 3), está en el orden de 1.17m. a 1.45m. con promedios de 1.31 m. a los 77 días como se muestra en la Gráfica 3.3, resultado que está muy cerca de los indicados por (Renolfi y Col., 1988; Glatzle, 1999), quienes manifiestan que pueden alcanzar hasta 1.5m., demostrando que este cultivo prospera en esta zona, necesitando un manejo adecuado después del primer corte para que así forme densas matas. En la zona de la Llanura Chaqueña la altura

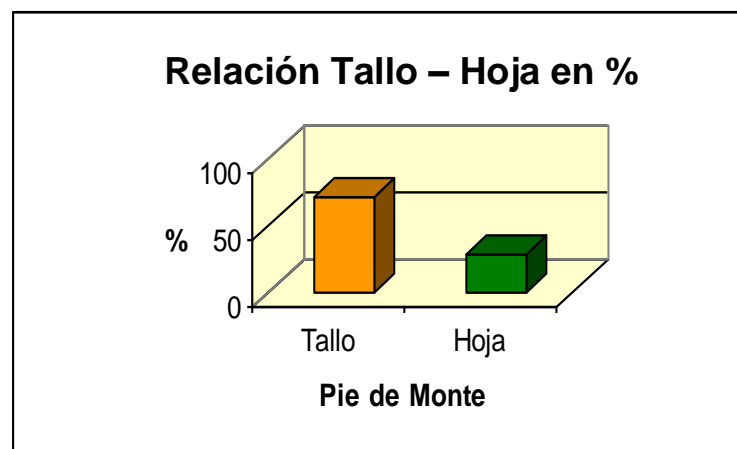
promedio está entre 0.96 a 0.97m. demostrando ser menor con relación a la zona Pie de Monte esta variable puede ser atribuible a las condiciones edafoclimáticas existentes.

**Gráfica 3. Altura de planta en m., zona Pie de Monte y Llanura Chaqueña**



### 3.2. RELACIÓN TALLO/HOJA EN % ZONA PIE DE MONTE

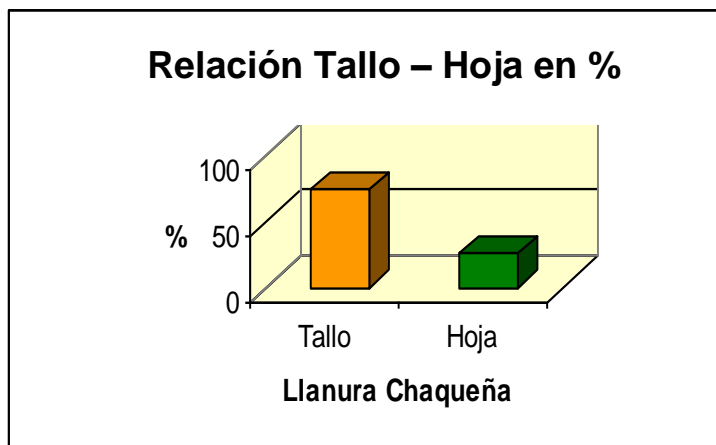
La relación tallo – hoja en la zona pie de monte es de 71 %: 29 %, como se muestra en la **Gráfica 4. Relación Tallo - Hoja, zona Pie de Monte**



### 3.3. RELACIÓN TALLO/HOJA EN % ZONA LLANURA CHAQUEÑA.

La relación tallo - hoja en la zona pie de monte es de 74 %: 26 %, como se muestra en la Gráfica 5.

**Gráfica 5. Relación Tallo - Hoja, zona Llanura Chaqueña**



### 3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### 3.4.1. Estadígrafos

**Cuadro 2 Estadígrafos**

Zonas Ecológicas	X en ton./ha	S <sup>2</sup>	S	S <sub>x</sub>	CV en %
<b>Pie de Monte</b>	4,859	0.252	0.50	0.11	10.2
<b>Llanura Chaqueña</b>	2,524	0.827	0.90	0.20	35.6

X= Media aritmética

S<sup>2</sup>= Varianza

S= Desviación Estándar

S<sub>x</sub>= Error típico

CV= Coeficiente de variación

#### 3.4.2. Prueba de Hipótesis Estadística

Se utilizó la prueba “t” al 95% de confiabilidad, estableciendo las diferencias significativas entre las medias de los parámetros, evaluados de rendimiento de Materia

Seca en ton./ha. en ambas zonas de estudio ( Zona Pie de Monte Vs. Zona Llanura Chaqueña).

**Cuadro 3**  
**Prueba Estadística**

<b>Zonas</b>	<b>Rendimiento de Materia Seca en t/ha</b>	<b>“t” calculada</b>	<b>“t” Tabulada</b>	<b>Significancia</b>
<b>Pie de Monte</b>	4,859	3,18	2,025	*
<b>Llanura Chaqueña</b>	2,524			

Como se muestra en Cuadro 3 podemos afirmar que estadísticamente existe diferencias en la producción de materia verde y materia seca en el cultivo del Cultivo de Gattón panic en las zonas de estudio, y que los mejores resultados se obtienen en la zona de Pie de Monte. Estos resultados nos demuestran que para realizar implantaciones de este cultivo en la zona de Llanura Chaqueña, se tiene que realizar un buen manejo agronómico en especial fertilizaciones y/ o abonamiento a los suelos en la preparación del terreno antes de la siembra, y su posteriores labores culturales con abonamientos localizados, de igual manera se debe incorporar riegos al cultivo, esto lo indicamos observando el desarrollo del cultivo y su producción que esta aproximadamente en un 50% menos que en la zona de Pie de Monte, ya que en la misma hay mayor precipitación y los suelos son de mejor fertilidad.

### **3.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CULTIVO DE GATTON PANIC.**

<b>ZONA PIE DE MONTE</b>	<b>ZONA LLANURA CHAQUEÑA</b>
8 , 9 %	6 , 8 %

Los resultados de proteína bruta para el cultivo implantado en la Zona de Pie de Monte nos da como resultado 8.9 % y en la zona de la Llanura Chaqueña 6.7 %, valores que están por debajo de los que indica Druzianich (2005), quien manifiesta que los valores de la proteína bruta del forraje están entre el 10 al 12% demostrando de que la fertilidad del suelo es el factor principal que determina la concentración de proteína bruta. Probablemente el bajo valor de proteína de esta forrajera se atribuye a la fertilidad de los suelos en las respectivas zonas de estudio.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, de acuerdo a los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación, nos permitimos presentar las siguientes conclusiones.

- El cultivo de Gattón panic., ha tenido un comportamiento agronómico aceptable en el primer año de establecimiento, en ambas zonas de estudio, pero siempre demostrando que está condicionado a la fertilidad de los suelos como así también a buenas precipitaciones durante el ciclo del cultivo.
- La producción de materia verde del cultivo de Gatton panic es de 17,352 T/ha., en la zona de Pie de Monte y de 4,859 T/ha de materia seca.
- La producción de materia verde del cultivo de Gatton panic es de 9,014 T/ha., en la zona de Llanura Chaqueña y de 2,524 T/ha de materia seca.
- El promedio de altura de planta en la zona de Pie de Monte, está en el orden de 1.17m. a 1.45m. a los 77 días.
- El promedio de altura de planta en la zona de la Llanura Chaqueña la altura promedio esta entre 0.96 a 0.97m.
- La mejor relación tallo – hoja se obtiene en la zona pie de monte con el 71 %: 29 % respectivamente.
- La mejor producción de biomasa forrajera se ha dado en la Zona de Pie de monte, que demuestra estadísticamente diferencias con la zona de la Llanura Chaqueña.
- Se ha demostrado que este cultivo prosperado en condiciones de monte diferido, tomando en cuenta los porcentajes de cobertura que deben de estar alrededor del 40% aproximadamente.

- El porcentaje de proteína para la zona de pie de monte es de 8.7% y la Llanura Chaqueña 6.8% valores que están por debajo de los indicados en la bibliografía 10-12%.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

El presente trabajo se llevó a cabo con el propósito de estudiar el comportamiento Agronómico del pasto Gatton panic en la fase de establecimiento, utilizando poblaciones de árboles y arbustos (40,60 % en monte natural) para evaluar el efecto del sombreado de las diferentes poblaciones en la morfología y rendimientos del cultivo; el área experimental estuvo ubicada en dos zonas agroecológicas de la 3ra Sección en la ciudad de Villa Montes de la Provincia Gran Chaco del Departamento de Tarija. Los resultados mostraron a las plantas con 40% que fueron las que presentaron las mejores características morfológicas.

Por lo tanto recomendamos:

- 1.- Para obtener un buen establecimiento de este cultivo es posible lograr con poblaciones del 40 % de cobertura vegetal de árboles y arbustos en monte natural o monte mejorado.
- 2.- El mejor comportamiento del cultivar Gatton panic en fase de establecimiento se observó bajo una población de arbóreas y arbustivas equivalente a una cobertura vegetal de 40 % de monte natural.
- 3.- Considerar los índices morfológicos como elementos prácticos para determinar la fase de establecimiento del pasto Gatton panic en desmonte selectivo.
- 4.- Se recomienda realizar este tipo de estudios en monte natural donde predominan el estrato arbustivo con el establecimiento del Gatton panic utilizando poblaciones en arbóreas y arbustivas del 40 %.
- 5.- Se recomienda continuar con estos estudios de pastura en ecosistemas similares, utilizando la metodología planteada con otras especies tropicales que se adaptan en las zonas similares.