

CAPITULO I

1. INTRODUCCION

Una importante característica de las leguminosas es su habilidad para fijar el nitrógeno atmosférico en simbiosis con la bacteria *Rhizobium*. De esta forma, pueden crecer en suelos poco fértiles sin la adición de fertilizantes nitrogenados. Esto es de relevancia en nuestro país, donde el costo de la tecnología de fertilización es elevado. La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una de las leguminosas forrajeras de mayor importancia en Tarija, teniendo una alta incidencia económica en las explotaciones primarias. Datos recientes muestran una superficie cultivada considerable en la ciudad de Tarija (Hijano, Navarro 1995).

En todo sistema pastoril, el eje central pasa por una buena producción y consumo del forraje, además de una adecuada conversión de este a producto animal. Esto implica que distintos factores, tales como: los climáticos, de suelo, de la planta, animal y de manejo están interactuando para generar la respuesta total del sistema. A pesar de tener buenas condiciones de crecimiento de las pasturas, es frecuente un inadecuado aprovechamiento de las mismas, que conduce no sólo a un menor uso de lo producido, sino que también afecta el crecimiento acumulado y perdurabilidad de los recursos. Para el ajuste del balance forrajero, es vital poder conocer la cantidad de masa forrajera con algún método sencillo que simplifique el sistema clásico por cortes. Igualmente importante resulta el conocimiento del crecimiento acumulado estacional de las pasturas para la planificación y ajuste táctico del balance.

La parte aérea de la planta fotosintetiza los componentes necesarios para el desarrollo radicular y vegetativo, constituyendo, al mismo tiempo, la parte aprovechable de la misma. La eliminación de los tallos y hojas a través de cortes o pastoreos en momentos inadecuados afecta no sólo la producción sino también la persistencia de la alfalfa.

Se llama "biomasa aérea disponible" a todo el material vegetal aéreo cosechado, que se expresa en Kg de materia seca (MS) / ha. En el caso de mallines de Patagonia

norte, esto comprende todo el material, sin diferenciar entre hojas y tallos debido a que el ganado ovino consume la planta completa.

1.2. JUSTIFICACION

Las pasturas base alfalfa y sus asociaciones constituyen un recurso forrajero estratégico en los sistemas de producción de leche y carne de Tarija y sus provincias. Durante los últimos años la alfalfa ha incrementado su participación en las pasturas aportando calidad y mejorando la distribución de forraje de las mismas.

El uso eficiente de la alfalfa debe basarse en el conocimiento de sus procesos de crecimiento para permitir un manejo racional del cultivo.

De esta manera, su adaptabilidad a los distintos tipos de clima y suelo, su capacidad para recuperar la fertilidad nitrogenada, sus niveles de producción y la calidad del forraje son eficientemente aprovechados, integrando al cultivo a los principales sistemas de producción agrícola ganaderos.

La energía necesaria para iniciar el crecimiento de la alfalfa después de la defoliación y hasta que se genere una adecuada área foliar, proviene de los carbohidratos de reserva o carbohidratos no estructurales (azúcares, almidón y otros compuestos orgánicos), que son almacenados por la planta en las raíces y, en menor proporción, en la corona.

Estos compuestos son redistribuidos cuando las condiciones de crecimiento lo requieren. Conocer la función que ellos cumplen en los procesos de crecimiento es fundamental para entender la respuesta de la planta a las distintas prácticas de manejo.

El presente trabajo de investigación, pretende mostrar información que oriente sobre la evaluación de la producción mediante el **estudio del crecimiento y estimación de biomasa forrajera de alfalfa (*medicago sativa L.*)**". Debido a que el análisis de crecimiento es un método que describe las condiciones morfológicas de la planta en diferentes intervalos de tiempo, y se propone acompañar a la dinámica de la producción fotosintética, evaluada a través de la acumulación de materia seca. El

análisis de crecimiento es de gran valor en la evaluación de las diferencias intervarietales e interespecificas de las diversas características que definen la capacidad productiva de la planta (Rodríguez, 2010).

Por lo que el presente trabajo buscará evaluar los parámetros de crecimiento en el cultivo de alfalfa (*medicago sativa l.*) en la Comunidad de Rosillas, resultados que facilitaran planificar la producción y utilización de este cultivo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General.

Evaluar el crecimiento de la alfalfa mediante variables cuantificables que permitan generar modelos de estimación de la producción de forraje.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar los índices de crecimiento como: Relación del Área Foliar., Índice de Área Foliar, Área Foliar Específica y la Tasa de Crecimiento
- Determinar la producción de biomasa forrajera en verde y seco para ser empleada en el objetivo siguiente.
- Generar modelos alometricos para estimar la producción de biomasa forrajera en función de variables de fácil medición que sean de utilidad para evaluar de manera rápida la producción de la especie.

CAPITULO II

2. REVISION BIBLIOGRAFICA.

2.1 GENERALIDADES-.

La alfalfa conocida desde la antigüedad como la reina de las especies forrajeras, es un cultivo muy extendido en los países de clima templado de ambos hemisferios, por la versatilidad de su utilización en cultivos puros y asociados con gramíneas, para consumo en verde, mediante pastoreo o siega, como heno o silo.

La alfalfa es un cultivo que por sus características, sería deseable que esté presente en todas las cadenas forrajeras de los sistemas dedicados a la producción de carne y leche. Sin embargo no todas las regiones son aptas para su establecimiento, dado que existen limitantes de tipo agroclimático (Bragachini et al, 1996).

La alfalfa desempeña un papel importante entre los cultivos actuales y su importancia aumentara en el futuro por su autonomía en el suministro de nitrógeno, que puede conseguir directamente del aire a través del vínculo simbiótico con la bacteria específica, es el cultivo forrajero que produce más proteínas por hectárea y de gran calidad, por el alto valor de sus aminoácidos esenciales para la nutrición animal y humana (Muslera- Ratera 1984).

2.2. ORIGEN-.

La alfalfa tiene su área de origen en Asia menor y sur del Cáucaso, abarcando países como Turquía, Irak, Irán, Siria, Afganistán y Pakistán. Los persas introdujeron la alfalfa a Grecia y de ahí paso a Italia en el siglo IV antes de Cristo. La gran difusión de su cultivo fue llevada a cabo por los árabes a través del norte de África, llegando a España donde se extendió a toda Europa y con la conquista y colonización de América llegó también al continente americano.

La introducción de la alfalfa en el continente Americano se realizó primero en América del sur (Argentina, Perú, Chile, Méjico). A Bolivia se introdujo casi en la misma época (1850), a los valles de Cochabamba donde se instalaron los primeros tambos lecheros. (Amezquita, E.1998).

2.3. IMPORTANCIA ECONÓMICA.-

La importancia del cultivo de la alfalfa va desde su interés como fuente natural de proteínas, fibra, vitaminas y minerales; así como su contribución paisajística y su utilidad como cultivo conservacionista de la fauna. Además de la importante reducción energética que supone la fijación simbiótica del nitrógeno para el propio cultivo y los siguientes en las rotaciones en las que forma parte. (Plasentis. I. 1994).

Nadie dudara de la importancia de este cultivo por lo que representa para el agricultor y el ganadero.

El agricultor al dedicarse a este cultivo tan remunerador obtiene mayor beneficio que con el cultivo del maíz; para el ganadero representa alimento sano, que con avidez lo come toda clase de ganado, ya sea en verde, henificada o ensilada, porque le proporciona mayor beneficio por la mayor producción de leche y carne, así como más salud a sus animales, mejor nutrición, además de mayor cantidad de estiércol de gran poder fertilizante, porque contiene más fosfatos y potasa que cualquier otro forraje, y reuniendo estos elementos en mayor cantidad que la necesaria para la nutrición de los animales, por razón natural los contiene el estiércol que, devuelto al terreno beneficia a los cultivos que se le proporcione.

La alfalfa, como todas las leguminosas, tiene la cualidad de fijar el nitrógeno de la atmosfera y depositarlo en los terrenos en cantidades ilimitadas, sobre todo si se inocula con nitragina, motivo por el cual entra en los cultivos de rotación.

2.4. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.-

Del pozo, M. (1999), comenta que es ampliamente cultivada en todo el mundo como planta forrajera para el ganado. En América es cultivada desde la llegada de los europeos, algunas variedades tanto a nivel del mar como en los andes hasta cerca de 3700 m .s. n. m.

2.5. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.-

La alfalfa *reina de las plantas forrajeras*, es un miembro de la familia del guisante, es una leguminosa perenne vivaz con un desarrollo generalmente erecto, de 60 a 100cm de altura, ideal para las rotaciones de cultivos de larga duración.

CLASIFICACION TAXONOMICA DE LA ALFALFA (*Medicago sativa* L.)

REINO	<i>Vegetal</i>
DIVISION	<i>Magnoliophita</i>
CLASE	<i>Magnoliopsida</i>
SUB CLASE	<i>Rosidae</i>
ORDEN	<i>Fabales</i>
FAMILIA	<i>Leguminosae</i>
SUBFAMILIA	<i>Papilionoideae</i>
TRIBU	<i>Trifolieae</i>
GENERO	<i>Medicago</i>
ESPECIE	<i>Sativa</i>

2.6. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.-

La alfalfa pertenece a la familia de las leguminosas, cuyo nombre científico es *Medicago sativa*. Se trata de una planta perenne, vivaz y de porte erecto, de 60 a 100 cm de altura (Amezquita, E. 1998).



- **2.6.1. Raíz**

La raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada (hasta 5 m. de longitud) con numerosas raíces secundarias. Posee una corona que sobresale del terreno, de la cual emergen brotes que dan lugar a los tallos. . (Plasentis. I. 1994).

- **2.6.2. Tallo**

Son delgados y erectos para soportar el peso de las hojas y de las inflorescencias, además son muy consistentes, por tanto es una planta muy adecuada para la siega.

- **2.6.3. Hoja**

Son trifoliadas, aunque las primeras hojas verdaderas son unifoliadas. Los márgenes son lisos y con los bordes superiores ligeramente dentados. (Amezquita. E. 1998)



- **2.6.4. Flor**

La flor característica de esta familia es la de la subfamilia papilionoidea. Son de color azul o púrpura, con inflorescencias en racimos que nacen en las axilas de las hojas.



- **2.6.5.Fruto**

Es una legumbre indehisciente sin espinas que contiene entre 2 y 6 semillas amarillentas, arriñonadas, de 1.5 a 2.5 mm de longitud.



- **2.6.6.Semilla**

Las semillas son de color amarillo, albuminadas; diámetro de las expiras aproximadamente 5 a 6 mm, con orificio central; semillas arriñonadas o de forma irregular, de 2 a 3.2 mm de largo.

2.7. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS-

2.7.1. Radiación Solar

Es un factor muy importante que influye positivamente en el cultivo de la alfalfa, pues el número de horas de radiación solar aumenta a medida que disminuye la latitud de la región. (Plasentis, I. 1994).

2.7.2. Temperaturas

La semilla germina a temperaturas de 2 -3 °C siempre que las condiciones ambientales lo permitan .A medida que se incrementa la temperatura la germinación es más rápida hasta alcanzar un óptimo a los 28 -30° C.

Temperaturas superiores a 38° resultan letales para las plántulas.

Al comenzar el invierno detienen su crecimiento hasta la llegada de la primavera cuando comienzan a rebrotar.

Existen variedades de alfalfa que toleran temperaturas muy bajas (-10°C). La temperatura media anual para la producción forrajera esta en torno a los 15°C. Siendo el rango óptimo de temperaturas, según las variedades de 18 – 28C°

2.7.3. Humedad

Del Pozo, M. (1999), indica que la planta resiste a la sequía aunque necesita grandes cantidades de agua para formar la materia seca (800 litros de agua para formar 1kg de materia seca). Si queremos que este cultivo sea aún más resistente a la sequía tendremos que hacer aportaciones importantes de potasio.

En invierno tolera los encharcamientos de agua durante dos o tres días, no así en el periodo de crecimiento vegetativo. Si el encharcamiento se prolongase las raíces morirían por asfixia radicular.

Cuando la humedad es un factor limitante, la alfalfa responde bien al riego, situación en la que se cultiva mayormente en nuestro medio (valle central de Tarija). En condiciones de secano, aun en las regiones húmedas, se producen periodos de sequía que limitan su crecimiento, soportando el déficit de humedad, gracias a las características antes citadas; se desarrolla bien con precipitaciones de 1.600 a 2.000 mm/año. La limitación de su cultivo en regiones de clima árido y en zonas de clima húmedo, se debe principalmente a razones de manejo, fitopatológicas y de mala elección de suelos que reducen su persistencia y producción. Se adapta bien desde 0 hasta 3.200 m.s.n.m. (Enciclopedia Agropecuaria 1995).

2.7.4. pH

El pH óptimo del suelo para permitir una buena implantación y persistencia, junto con una mayor actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno es de 6,7 - 6.9; a su vez, en ese rango se encuentran disponibles para las plantas los nutrientes necesarios existentes en el suelo. Con valores inferiores a 5.6 crece con graves problemas nutricionales y de nodulación. Pero cuando por razones de planeación forrajera es necesario sembrar en este tipo de suelos, debe aplicarse cal para conseguir el pH óptimo y asegurar un alfalfar bien implantado. (Jarsum, 1996)

2.7.5. Salinidad

La alfalfa es muy sensible a la salinidad, cuyos síntomas comienzan con la palidez de algunos tejidos, la disminución del tamaño de las hojas y finalmente la muerte de la planta. El incremento de la salinidad induce desequilibrios entre la raíz y la parte aérea. (Altieri, M. et al 1999).

2.7.6. Tipo de Suelos

La alfalfa se adapta a una amplia variedad de suelos y climas, siendo los más aptos los de textura franca. Una condición importante es que tengan buen drenaje y que sean lo suficientemente profundos para permitir un normal desarrollo radicular, no se desarrolla bien en suelos ácidos con pH inferiores a 5,6 en los que es necesaria la aplicación de cal para conseguir su cultivo con éxito, los suelos con menos de 60cm de profundidad no son aconsejables para la alfalfa. La especie no prospera satisfactoriamente cuando existe algún impedimento en el perfil que pueda restringir su desarrollo. Los impedimentos pueden ser de tipo: mecánico (tosca, horizontes densos), físico (falta de aireación, exceso de humedad, saturación temporaria por la napa freática) o químico (acidez, alcalinidad elevada). Estos factores no sólo disminuyen la producción sino también la persistencia, ya que las plantas están

imposibilitadas de acumular reservas suficientes para un aprovechamiento intensivo (Culot, 1986).

2.8. PARTICULARIDADES DEL CULTIVO.-

2.8.1. Preparación del Terreno

Primero es necesario conocer las características del terreno, contenido de fosforo y potasio, condiciones de drenaje y sobretodo el pH. Las labores de preparación del terreno se inician con un subsolado (para remover las capas profundas sin voltearlas ni mezclarlas) que mejorara las condiciones de drenaje y aumentara la capacidad de almacenamiento de agua en del suelo.

Esta labor es muy importante en el cultivo de la alfalfa, pues las raíces son muy profundas y subsolando se favorece que estas penetren con facilidad.

A continuación se realizan sucesivos gradeos (de 2 a 3) con la finalidad de nivelar el terreno disminuir el encharcamiento debido al riego o a intensas lluvias y eliminar las malas hiervas existentes.

Se recomienda intercalar las labores con aplicaciones de abonos y enmiendas realizadas al mismo tiempo que los gradeos, para mezclar los fertilizantes con la tierra y homogeneizar su distribución. Conviene aplicar el abonado de fondo y el encalado dos meses antes de la siembra para permitir su descomposición y disposición de la plántula después de la germinación.

La implantación o siembra de la alfalfa requiere de una buena preparación del suelo; en zonas donde existe riego, se recomienda un riego antes de la preparación del suelo, para conseguir que las semillas de las malezas germinen. Una preparación cuidadosa es clave para tener éxito en el establecimiento de un alfalfar.

El terreno en el momento de la siembra debe ser consistente y limpio de malas hierbas; se recomienda el uso de herbicidas post-emergencia. La compactación del terreno permite que el agua del suelo ascienda por capilaridad y se mantenga la humedad más próxima a la superficie y por tanto a la semilla que se va a sembrar.

2.8.2. Siembra

La siembra debe ser superficial, a 1 o 2 cm. de profundidad y no más de 2.5 cm. Ya que una de las causas de pérdida de semillas en el momento de la siembra es el situarlas muy profundas. Al ser las semillas de pequeño tamaño, tienen escasas reservas, y cuando alcanza la superficie del suelo, en el caso de que lo consigan, están débiles para soportar cualquier accidente, sequía, frío, calor, pisoteos etc. (Sánchez G Carlos. 1967).

El método de siembra más común en nuestro medio es al boleado, el que se ha divulgado bastante y prácticamente el único y adecuado en terrenos irregulares y de alta pendiente.

El uso de sembradoras específicas en la siembra es recomendado cuando se tiene que implantar grandes praderas y planas. La tapado de la semilla con tierra en ambos casos no debe exceder la altura indicada en el párrafo anterior, cuando la siembra se realiza al boleado el tapado de la semilla se hace con una rama, rastrillo o un rodillo de cinceles.

- **2.8.3. Época de siembra**

La alfalfa puede ser sembrada en cualquier época del año, pero es recomendable establecerla en el otoño e invierno, En este período los problemas por maleza se reducen, debido a la presencia de temperaturas bajas.

Pero en regiones cálidas y praderas de secano la siembra se realizará en otoño, pues el riesgo de heladas tempranas es muy reducido; además la planta desarrolla su sistema

radicular, almacena las reservas y a partir de la primavera siguiente la explotación está en un nivel alto de producción.

- **2.8.4. Densidad de siembra**

La densidad de siembra en los cultivos puros es materia de discusión, y aun peor en cultivos asociados, pues mientras ciertos especialistas en el cultivo recomiendan de 10 a 15 kg/ha., con las cuales se puede obtener el establecimiento de buenos alfalfares, en nuestro medio se utilizan cantidades superiores a 20kg/ha. Sin embargo para asegurar el establecimiento del alfalfar frente a cualquier eventualidad o accidente climático, se recomienda de 20 a 25 kg de semilla por hectárea.

En siembras asociadas con gramíneas la dosis de alfalfa debe reducirse a 6-8 kg. /ha, en praderas con pastoreo y a 12-16 kg. /ha, en el caso de praderas de siega (Muslera-Ratera 1984).

- **2.8.5. Riego**

La cantidad de agua aplicada depende de la capacidad de retención de agua por el suelo, de la eficiencia del sistema de riego y de la profundidad de las raíces.

En área húmeda el riego retiene la producción durante los periodos secos cuando la lluvia no proporciona la humedad suficiente para una elevada producción.

En áreas con estaciones húmedas y secas definidas el riego proporciona seguridad en caso de sequía durante la estación normalmente húmeda y para una producción de heno o pasto durante la estación seca. La alfalfa requiere la administración hídrica de forma fraccionada, ya que sus necesidades varían a lo largo del ciclo productivo. Si el aporte de agua está por encima de las necesidades de la alfalfa disminuye la eficiencia de la utilización del agua disponible, el aporte de agua por inundación es de 1000 m³/ha. El riego por aspersión será de 880 m³/ha. (Terranova- 1995).

2.8.6. Control de Malezas

La invasión de los alfalfares por malezas, es un hecho que determina el deterioro rápido de la plantación y la necesidad de sustituir la alfalfa poco productiva por otro cultivo. En este hecho se discute si la causa del deterioro de la alfalfa son las malas hierbas o estas invaden la plantación por debilidad de las plantas de alfalfa. Lo evidente es que, una vez que un alfar está invadido por otras hierbas en alguna época del año, la caída de la producción y degeneración del alfar se produce rápidamente.

El manejo adecuado con siegas y aprovechamientos en momentos en que se favorece el desarrollo de la alfalfa, facilita el control por competencia sobre algunas hierbas. Sin embargo, esto no es posible en muchos casos en los que la agresividad de las plantas es mayor, favorecida por condiciones de clima y suelo.

El empleo de herbicidas para el control de malas hierbas ayuda al mantenimiento y producción de la alfalfa, pero tropieza con algunos inconvenientes, derivados de la alfalfa de selectividad de la mayoría de ellos hacia la alfalfa, lo que limita su empleo a las épocas en que el crecimiento de la planta está detenido o está muy escaso. Por esta razón se recomienda el uso de herbicidas post- siembra o durante el periodo de dormancia, combatiendo hierbas de hoja ancha, pero aun en este caso hay que tener precaución de que la dormancia sea real y no aparente, pues puede ocasionar daños a la alfalfa.

Si el cultivo se destina a la producción de heno o a la deshidratación, el tratamiento herbicida se recomienda durante el segundo o tercer año, el empleo de herbicidas depende del tipo de hierba y del estado vegetativo de la alfalfa. (Altieri, M. et al 1999).

2.8.6.1. Tratamientos de Pre - siembra

Disminuyen la aparición de malas hierbas antes de la emergencia de las plántulas de alfalfa, permitiendo la robustez de estas antes de entrar en competencia. Se trata fundamentalmente de gramíneas perennes rizomatosas como *Cynodon dactylon*, *Agropyron repens*, etc. (Erestein., O 1995).

2.8.6.2. Tratamientos de Post- Emergencia Durante el Primer Año de Cultivo.

La alfalfa posee sus primeras hojas verdaderas, resultando estas menos susceptibles a los tratamientos herbicidas.

2.8.6.3. Tratamientos en Alfares ya Establecidos.

Una vez que el alfalfar está invadido por malas hierbas o estas invaden la plantación por debilidad de las plantas de alfalfa en cualquier época del año, la caída de la producción y la degeneración del alfalfar se producen rápidamente.

El manejo adecuado del cultivo mediante siegas facilita el control sobre las malas hierbas, ayudando al mantenimiento y producción.

2.8.7. Frecuencia del Corte.

La frecuencia del corte varía según el manejo de la cosecha, siendo un criterio muy importante junto con la fecha del último corte para la determinación del rendimiento y de la persistencia del alfalfar.

Los cortes frecuentes implican un agotamiento de la alfalfa y como consecuencia una reducción en su rendimiento y densidad.

Cuanto más avanzado es el estado vegetativo de la planta en el momento de defoliación, más rápido tiene lugar el rebrote del crecimiento siguiente.

Desde el punto de vista económico, el aprovechamiento óptimo de un alfalfar es de tres a cinco años. El momento más conveniente para realizar los cortes es entre los días 28-35 durante primavera-verano, y de 35-45 días durante el otoño-invierno, con lo cual se logra mantener una buena población de plantas y al mismo tiempo dirigir el manejo del alfalfar hacia una menor densidad de malezas (Carrillo, 1975)

2.8.8. Altura del Corte.

El rebrote no depende solamente de las reservas de carbohidratos de la raíz sino también de la parte aérea residual. La alfalfa cortada alta deja en la planta tallos ramificados y yemas que permiten el rebrote continuado.

La altura de corte resulta un factor crítico si se corta frecuentemente en estados tempranos de crecimiento, pues implica una reducción en el rendimiento y una disminución de la densidad de plantas del alfalfar a causa de las insuficientes reservas acumuladas en los órganos de almacenamiento. La máxima producción se obtiene con menores alturas de corte y cortadas a intervalos largos,

En pasturas como la alfalfa, la altura de corte dependerá de la producción de materia seca total de la pastura implantada y de las condiciones de campo.

De acuerdo a estudios realizados en la Universidad de North Dakota en el año 1999, se pudo observar que cuando se tienen variedades del alto rendimiento (5 - 6 cortes anuales), conviene cortar a los 10 cm recomendados normalmente, en tanto que cuando las variedad entregan su producción en solo 3 - 4 cortes, conviene realizar el mismo a una altura menor (3 cm aproximadamente).

De acuerdo a esta recomendación, en un ensayo realizado en la Universidad de West Virginia en el año 2007 se obtuvo un 30% más de Materia seca, considerando siempre que sean variedades que producen entre 3 - 4 cortes anuales y que no se hallen bajo situaciones de stress, como ataques de plagas o sequía.

Para tener en cuenta estos conceptos, se debe considerar que el corte debe ser realizado en forma limpia y prolija, ya que por lo general, el factor que más incide en la demora de rebrote y por consiguiente en la reducción de la producción de materia seca total, es la calidad y prolijidad del corte.

Es importante tener en cuenta que hoy existen variedades de alfalfa, que tienen la inserción de la corona bien baja, lo cual las hace muy aptas para ser utilizadas para corte, ya que el riesgo de daño mecánico a los meristemas de crecimiento se ve disminuido y el stand total de plantas persiste a lo largo de los años de producción. (Carrillo, 1975).

Se debería cortar o pastorear cuando el cultivo permita obtener una cantidad importante de materia seca con alto valor nutritivo. El criterio más usado para determinar el momento oportuno de uso "es el estado fisiológico que se asocia con la aparición de flores o rebrotes de corona".

De manera general la floración está estrechamente asociada con la acumulación de las reservas, pero tiene sus limitaciones: sólo sirve como indicador en determinadas épocas del año ya que está condicionada por el fotoperiodo y puede ser inducida por otros factores, como por ej. Sequías estacionales.

En la época en que la alfalfa puede florecer (primavera a principios de otoño), el momento de corte o inicio de pastoreo debe determinarse guiándose por la floración. En el resto del año, el indicador del momento más adecuado de aprovechamiento es la aparición de los rebrotes de corona.

Cualquiera de estas manifestaciones indica que la planta de alfalfa ha logrado recuperar las reservas utilizadas en el nuevo crecimiento después del corte o pastoreo. El tiempo (días) requerido para hacerlo es irregular, ya que depende de las condiciones ambientales imperantes. La utilización en momentos inadecuados trae aparejado algunas desventajas: un aprovechamiento demasiado temprano provoca

debilitamiento de las plantas, rebrote posterior más lento y -con respecto a los animales- mayor peligro de empaste. En cambio, un aprovechamiento tardío significa mayor producción de forraje, pero de menor calidad, provocando un atraso del corte o pastoreo posterior. (Romero et al, 1995).

Entonces, la combinación de estos dos indicadores (floración-rebrotos de corona) permite tomar las decisiones más adecuadas acerca del momento de uso, favoreciendo el balance entre cantidad y calidad del forraje producido.

Para compatibilizar calidad y cantidad de alfalfa, se debe cortar cuando el cultivo presenta un 10% de floración y como regla práctica conviene comenzar a cortar cuando se observa la primera flor en el cultivo ya que esto representa el estadio de entre prefloración y 10 % de floración.

Si se corta antes de este estadio (10 % de floración), se producirá un envejecimiento prematuro de la pastura, mientras que si el corte se realiza en plena floración se cosechará la mayor cantidad de materia seca pero de la menor digestibilidad, por lo que se afectará el consumo y por consiguiente el valor nutritivo del forraje se puede observar que cuando el cultivo está en el 10 % de floración existe una buena cantidad de materia seca con elevado valor nutritivo.

2.9. CARACTERÍSTICAS DEL CRECIMIENTO DE LA ALFALFA

El crecimiento de la alfalfa tiene características particulares, conocerlas es de vital importancia para su correcta utilización, preservando la principal virtud del cultivo que es su "perennidad". Entonces, para hablar de una correcta utilización es necesario considerar los patrones de crecimiento que definen la cantidad y calidad del forraje producido.

En alfalfas establecidas, el primer crecimiento se inicia a partir de las yemas ubicadas en la corona y, en crecimientos posteriores se suma el crecimiento de los tallos provenientes de las yemas axilares ubicadas en tallos remanentes.

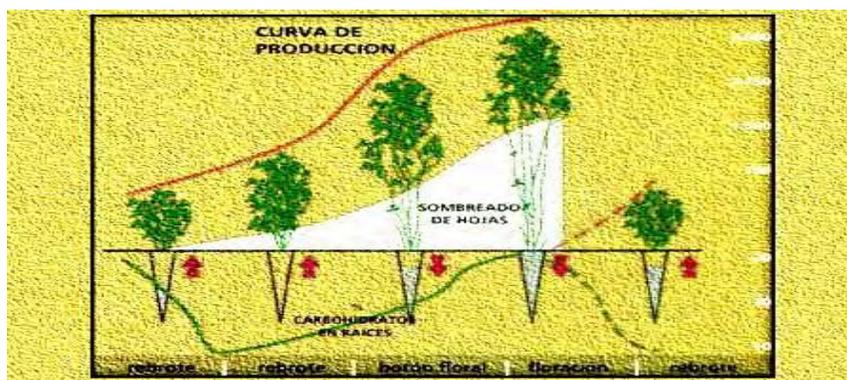
Yemas de corona, yemas axilares, tallos de corona y tallos axilares



La energía necesaria para iniciar el crecimiento proviene de las reservas acumuladas en las raíces y en menor proporción en la corona. Dichas reservas son compuestos de carbono (principalmente azúcares y almidón) denominados carbohidratos de reserva, ya que son elaborados, acumulados y usados por la planta para su mantenimiento y desarrollo futuro de la parte aérea y radical (citado por Bariggi y Romero, 1980)

Conocer la evolución de los niveles de reservas en la raíz es indispensable para comprender la respuesta de la planta al manejo al que es sometida

Evolución de los Niveles de Carbohidratos de Reserva en la Raíz de Alfalfa.



El proceso de extracción de reservas se inicia con el nuevo crecimiento, hasta que las nuevas hojas alcanzan a cubrir los requerimientos, lo que en general ocurre cuando los brotes tienen aproximadamente 15 a 20 cm de altura o transcurrieron 12 a 15 días

desde el corte a partir de ese momento, comienza la restitución de las reservas que son trasladadas hacia la raíz para ser almacenadas; los máximos contenidos se alcanzan cuando las plantas están en floración o cuando comienzan a aparecer los nuevos rebrotes.

Este proceso está regulado por las condiciones ambientales que acompañan al ciclo de crecimiento. Por ejemplo, la temperatura del aire influye sobre la actividad metabólica de las plantas; las altas temperaturas aumentan la actividad metabólica aumentando así la tasa de crecimiento y favoreciendo un mayor crecimiento de la parte aérea con respecto a las raíces; por lo contrario, las menores t° de otoño-invierno reducen la actividad traduciéndose en menor crecimiento favoreciendo una mayor acumulación de reservas en las raíces.

Con el avance del crecimiento disminuye la proporción de hojas (en peso) y aumenta la proporción de tallos. Las hojas contienen un mayor porcentaje de azúcares, proteínas, minerales y vitaminas que los tallos y un tenor más bajo de lignina y fibra. A su vez, las hojas constituyen la parte de la planta que sufre menos cambios en su composición química con el avance de la madurez. En consecuencia, mayor relación H/T significa mayor valor nutritivo. La relación H/T varía entre estaciones y a su vez entre cortes dentro de una misma estación. (Feuchter, 2000)

2.10. APROVECHAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE LA ALFALFA.-

Para El aprovechamiento de la alfalfa esta se debe utilizar en un estado vegetativo en el que, al doble compromiso de obtener cantidad y calidad de forraje, hay que añadir la necesidad de cuidar la persistencia y producción futura de la planta, no agotando sus reservas por aprovechamiento muy frecuente.

La calidad del forraje de la alfalfa disminuye al avanzar la madurez, aunque de una forma paulatina, más lenta que en la mayoría de las gramíneas. El valor nutritivo es especialmente importante cuando se destina a animales en producción, leche o carne

debiendo ser el objetivo de su manejo conseguir un forraje de buena digestibilidad y alto contenido de proteína. El aprovechamiento en verde, mediante siega o pastoreo, permite una buena utilización de la alfalfa, que mantiene bastante bien su calidad a pesar de que avance en madurez. Sin embargo, en la conservación mediante henificación o ensilado, las pérdidas durante el proceso pueden ser muy elevadas, y afectar tanto a la cantidad como a la calidad del forraje obtenido.

En todos los sistemas además, hay que tener en cuenta que el momento de la explotación puede intervenir con la intervención del alfarfar, especialmente en sistemas de pastoreo y de conservación, en los que la duración o fecha de aprovechamiento no se adecua al óptimo fisiológico de la planta, por imperativos del clima o circunstancias del manejo. (Muslera, P.E y Ratera, G.C.1991).

2.10.1. En Verde.

La alfalfa en verde constituye una excelente forma de utilización por su buena calidad e inestabilidad, pero conlleva gastos importantes tanto en mecanización como en mano de obra. Al contrario sucede con el pastoreo directo, pues constituye la forma más económica de aprovechamiento de una pradera, junto al pastoreo rotacional. (Erestein, O.1995).

2.10.2. Henificado.

El uso de la alfalfa como heno es característico de regiones con elevadas horas de radiación solar, escasas precipitaciones y elevadas temperaturas durante el periodo productivo.

El proceso de henificación implica cambios físicos, químicos, y microbiológicos que producen alteraciones en la digestibilidad de la materia orgánica del forraje respecto al forraje verde.

El proceso de henificación debe conservar el mayor número de hojas posible, pues la pérdida de las mismas supone una disminución en calidad, ya que las hojas son las partes más digestibles y como consecuencia se reduce el valor nutritivo.

El periodo del secado depende de la duración de las condiciones climáticas (temperatura, humedad, y velocidad del viento), de la relación hojas/tallo (es más lento a mayor proporción de tallos) y del rendimiento (el incremento del rendimiento por hectárea aumenta la cantidad de agua a evaporar. (Erestein, O.1995).

2.10.3. Ensilado.

Es un método de conservación de forrajes por medios biológicos, siendo muy adecuado en regiones húmedas, cuya principal ventaja es la reducción de pérdidas tanto en siega como en almacenamiento. La posibilidad de ensilar la alfalfa facilita la conservación de los primeros y últimos cortes. Para conseguir un ensilado de calidad, el forraje debe contener un elevado porcentaje en materia seca (30-40%), debiendo estar bien troceado para conseguir un buen apisonamiento en el silo.

Aunque algunos autores aseguran que la alfalfa es una planta con mala actitud para el ensilaje, por lo que exige la utilización de algún aditivo que ayude a mejorar el proceso, para que se reduzca el pH así como el contenido en nitrógeno soluble y amoniacal, que debería estar por debajo del 15y 60% del nitrógeno total, respectivamente.

2.10.4. Deshidratado.

Es un proceso que consiste en la recolección del forraje verde, su acondicionamiento mecánico y el secado mediante ventilación forzada. La alfalfa deshidratada incrementa la calidad del forraje, economía del transporte y almacenamiento permaneciendo sus características nutritivas casi intactas.

Los productos obtenidos se destinan fundamentalmente a las industrias de piensos compuestos.

2.10.5. Pastoreo.

Es una alternativa en zonas con dificultades de mecanización de las labores de siega y recolección, además de ser un sistema muy económico de aprovechamiento en la que se reducen los costes de explotación ganadera. Los inconvenientes que limitan el pastoreo de la alfalfa son los daños que el animal ocasiona sobre la planta, que reducen su producción y persistencia y las posibles consecuencias de la alfalfa sobre el animal como es el caso del timpanismo u otros trastornos digestivos.

Los problemas que afectan a la planta durante el pastoreo se pueden solucionar mediante un cuidadoso manejo y adaptación de la duración e intervalo entre pastoreos a las necesidades fisiológicas de la planta. El timpanismo en animales, producido por la ingestión de la alfalfa no se puede considerar como un fenómeno aislado o accidental, debiendo tomarse precauciones en todo momento, aunque el riesgo sea especialmente alto en algunas épocas del año especialmente en primavera (Soto,P.y Martinez,G.1985).

2.11. CONSERVACIÓN DEL FORRAJE DE ALFALFA.

La alfalfa es uno de los cultivos más valiosos para la alimentación del ganado, tanto en pastoreo directo como en las distintas formas en que este forraje puede ser conservado. El valor de la alfalfa radica en su alto potencial de producción de materia seca, alta concentración de proteína, alta digestibilidad y un elevado potencial de consumo animal. A esto debe sumarse su alto contenido de vitaminas A, E y K o sus precursores, y de la mayoría de los minerales requeridos por el ganado productor de leche y carne, en especial calcio, potasio, magnesio y fósforo.

2.12. FUNDAMENTOS DE LA INCORPORACIÓN DE LOS FORRAJES CONSERVADOS A LOS PROCESOS PRODUCTIVOS.

2.12.1. Estabilizar la Producción.

A lo largo del año existen baches en la oferta forrajera que dependiendo de la zona y geografía de producción pueden darse en diferentes épocas del año y siempre constituyen un problema en la planificación de la carga animal de los establecimientos, teniendo períodos en donde falta el alimento que asegure la subsistencia del rodeo y épocas en donde las pasturas son sub aprovechadas

En este momento es en el que se hace necesario programar los procesos de conservación de forrajes a los fines de diferir el alimento para épocas con escasez de alimento.

Cabe destacar que la falta de cantidad no es la única falla que ocurre en la alimentación bovina. En las zonas tropicales, en las épocas de lluvia, existe una oferta de forraje excesiva para las cargas animales permitidas por los campos y por lo general los rodeos terminan comiendo pasturas muy pasadas de su momento óptimo de aprovechamiento. En esos casos el forraje conservado constituye una herramienta fundamental, para controlar la evolución de las pasturas (mejorando la calidad de las que se aprovechan de las épocas lluviosas) y poder transferir forraje de alta calidad para las épocas de escasez.



Balancear la dieta es fundamental para obtener un producto de calidad, tanto en la producción de leche, como de carne.

El balance de las dietas en cantidad y calidad de forrajes es fundamental para mejorar los índices productivos, ya sea de carne o de leche.

2.12.2. Aumentar la Producción.

Es lógico pensar que en sistemas de alimentación estabilizados y en donde se puede contar con todos los componentes básicos de una dieta ganadera (Fibra, Proteína y Energía), los procesos de producción sean planificados y por lo tanto hacer eficiente el sistema, haciendo que las ganancias se multipliquen.

En este punto se debe destacar que cuando existen alimentos disponibles, aunque estos sean forrajes conservados, las decisiones a tomar en lo referente a la alimentación serán bien pensadas y planificadas, por no existir urgencias en el sistema, y por lo tanto seguramente mucho más acertadas que cuando se actúa desde la urgencia, justificando aún más la necesidad del forraje conservado como una herramienta para el aumento de la producción.

En las zonas tropicales y subtropicales en donde se está alojando hoy la ganadería (principalmente de carne), es importante considerar que existen, a lo largo de año, épocas en donde la alimentación es ineficiente, ya sea por la calidad o la cantidad de la oferta de forrajes. (Muslera. Ratera C.1984).

La calidad del forraje es fundamental para lograr incrementos productivos, y muchas veces el forraje conservado también juega un papel fundamental para el incremento del consumo de Materia Seca, en esas zonas de producción.

En las temporadas de lluvia es muy común ver animales con diarrea que están necesitando un alimento de menor contenido de humedad pero de igual calidad que el

que están comiendo a campo, y en ese caso toma un papel relevante el heno como regulador de la función ruminal.

Otro punto destacable a tener en cuenta para las zonas cálidas es que cuando se llega a temperaturas extremas, los animales deprimen la capacidad de consumo buscando refrigerarse a la sombra en donde no consiguen forraje, reduciendo de esta forma las horas de ingesta diaria.

Contando con forraje conservado de alta calidad y ofreciéndolo en las horas en que los animales buscan la sombra, se puede llegar a aumentar la ingesta y equilibrar las dietas, con el consiguiente incremento de la producción.

2.12.3. Diversificar la Producción.

En las zonas de producción en donde conviven la ganadería con otra actividad agrícola, es lógico pensar que los vaivenes económicos lleven a hacer que otras actividades sean más o menos rentables que la ganadería misma.

Es por ello que cuando se da esta situación puntual, el forraje conservado permite hacer un uso más eficiente de la tierra concentrando el ganado en un área marginal o más concentrada del campo, liberando tierras para otro uso sin necesidad de deshacerse del rodeo original. (Castro, A. L. 1983).

2.13. TIPOS DE CONSERVACIÓN DE FORRAJES.

2.13.1. Conservación Física.

Se realiza mediante la acción de agentes climáticos (luz solar, calor, viento), favoreciendo la evaporación o eliminación del agua de los tejidos de la planta, para que la misma no sufra proceso de descomposición en el futuro.

Literalmente se diseca la planta mediante los agentes climáticos, para luego recogerla y almacenarla mediante diferentes sistemas (rollos, fardos, parvas).

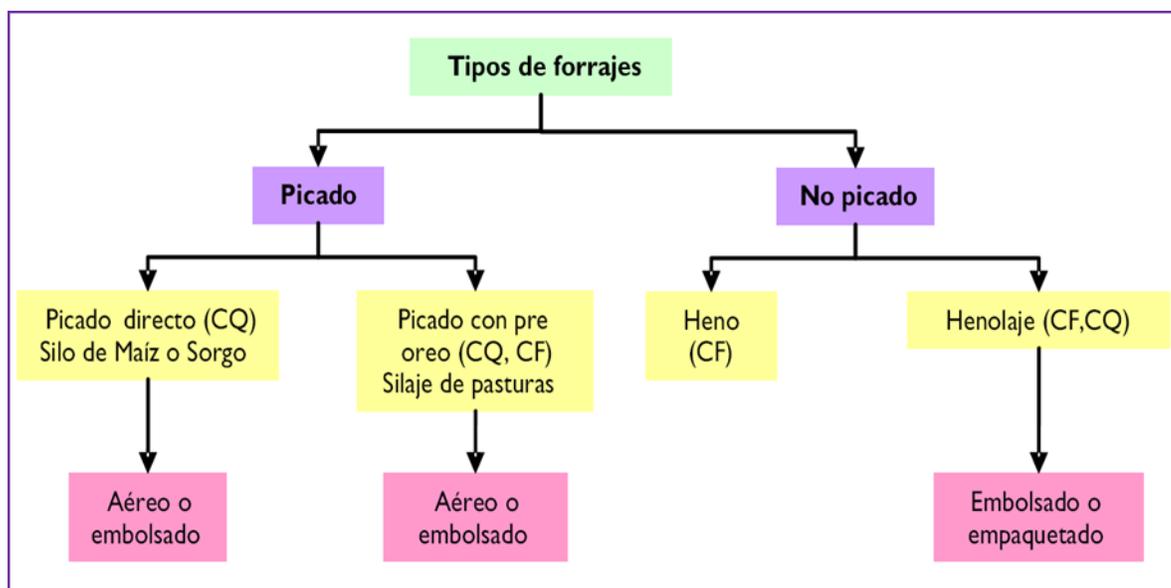
2.13.2. Conservación Química.

Es la que se realiza mediante la acción de microorganismos (principalmente bacterias), las cuales en ausencia de oxígeno, producen ácidos que ayudan a la conservación de forraje ya que se inhiben los procesos de descomposición, por la alta acidificación del medio.

Estos microorganismos utilizan los hidratos de carbono de la planta para producir los ácidos que sirven como conservantes.

Se debe destacar que para la producción de algunos forrajes conservados se utiliza solamente la conservación física (heno), para otros la química (silaje de maíz o sorgo granífero), mientras que existen forrajes conservados que para su producción necesitan del proceso físico y químico, para que su conservación sea adecuada, tal es el caso de los silajes de pasturas o el henolaje empaquetado. (Collino D., Dardanelli J. y M. De Luca 2007)

Otra clasificación que se puede realizar de los forrajes conservados es que si para su confección se pica la fibra o no, por lo que los forrajes pueden ser picados o no picados y con conservación química (CQ) o física (CF)



Clasificación de los forrajes según el tratamiento que sufre la fibra vegetal.

Otra de las clasificaciones y quizás la más utilizada, es por el contenido de humedad con que se confeccionan los diferentes tipos de forraje conservado:

- ❖ Heno 20% de humedad.
- ❖ Henolaje 50% de humedad.
- ❖ Henilaje 60-65% de humedad.
- ❖ Silaje 70% de humedad.

Cada uno de los alimentos ofrece básicamente fibra, proteína y energía a la dieta de los animales, y si bien los forrajes conservados (FFCC), también los ofrecen es importante diferenciarlos de acuerdo a que aportan en mayor medida a la dieta.

- ❖ Heno: proteína, fibra.
- ❖ Henolaje: proteína, fibra.
- ❖ Silaje de pasturas: proteína, fibra.
- ❖ Silaje de maíz y sorgo granífero: energía y fibra.
- ❖ Silaje de grano húmedo: energía.

Esa clasificación es fundamental tenerla en cuenta, cuando se planifica la producción de los FFCC, para ofrecer a los rodeos lo que realmente están necesitando y elegir qué tipo de forraje conservado se va a producir.

2.14. QUÉ TIPO DE FORRAJES PRODUCIR.

Para tomar esta decisión hay que tener en cuenta algunos factores que se desarrollan a continuación:

2.14.1 Disponibilidad del Forraje.

Existen especies que entregan el forraje en forma paulatina a lo largo del año (alfalfa por ejemplo), lo que permite cosechas parciales y por lo tanto métodos de cosecha más lentos, tal como el heno o henolaje, en tanto que para especies que entregan una gran cantidad de volumen de Materia Seca (como el maíz o el sorgo), el silaje se constituye en un método más adecuado debido a que la recolección del material se hace mucho más rápido.

2.14.2. Monto de la Inversión.

Ya sea que se trabaje con maquinaria propia o contratada, el monto de inversión para algunos sistemas de conservación puede ser una limitante para su adopción, por lo que en la mayoría de los casos se puede reemplazar un sistema por otro, que aunque no sea tan eficiente puede ser un costo reducido de tal manera que siempre se confeccione el forraje conservado necesario.

En este punto también puede incidir la capacidad financiera para el pago, ya que los sistemas que permiten cosechas parciales, siempre contemplarán pagos paulatinos o fraccionados, en tanto que las cosechas inmediatas, demandan un pago a corto plazo que debe amortizarse durante su uso a lo largo del año.

2.14.3. Capacitación y Disponibilidad de Personal.

De hecho que existen sistemas de conservación que son más riesgosos que otros en cuanto al logro de la calidad que se demanda y es por ello que hay que ser más cuidadoso en el proceso de confección, almacenaje y suministro.

La capacitación y la disponibilidad de personal idóneo y responsable, juega un rol importantísimo en la adopción de cada uno de los forrajes conservados, teniendo en cuenta que cuando no se cuenta con personal capacitado, se deben buscar sistemas que minimicen los riesgos y sean sencillos de aplicar en el proceso productivo.

2.14.4. Condiciones Climáticas y Geográficas.

De acuerdo a las clasificaciones descritas anteriormente, se puede observar que hay forraje conservado que ofrecen los mismos componentes a la dieta.

El fundamento de elegir cada uno de ellos radica en que, de acuerdo a las características climáticas en donde se los produzca, será necesario ajustar los porcentajes de humedad del momento de confección, de acuerdo a la mayor o menor facilidad de secado del forraje según las condiciones reinantes en cada zona.

2.14.5. Características Nutricionales.

Cabe destacar que si bien se tratará de acomodar el sistema de conservación elegido a las condiciones que se describen en los puntos anteriores, no se debe perder de vista que cada forraje aporta un ingrediente a la dieta y que el fin último de su confección es el de completar la alimentación de los rodeos, no solamente en cantidad sino también en calidad para hacer a las explotaciones más estables, eficientes y rentables.

Todo lo antes dicho se puede resumir diciendo que existen diversos y excelentes sistemas de conservación de forrajes, uno o más son los correctos para cada

explotación, pero no existe uno que sea el correcto para todas las explotaciones y usos.

Depende de cada productor la interrelación de acuerdo a las características climáticas, geográficas, económicas y demandas nutricionales necesarias para elevar los niveles productivos.

La calidad de los forrajes conservados dependerá directamente del material original y del cuidado en los procesos de conservación; en consecuencia, todos los forrajes tendrán una calidad inferior al material original dependiendo su valor nutritivo, del cuidado puesto y la maquinaria utilizada en los procesos productivos.(Culot, J.P. 1986).

2.15. VALOR NUTRITIVO DE LA ALFALFA.

La alfalfa es una excelente planta forrajera que proporciona elevados niveles de proteínas, minerales y vitaminas de calidad como: (A, B6, B12, C, D, E.K.P) además es una fuente de minerales como: (calcio, fosforo, magnesio, hierro y potasio) Todos estos elementos son muy necesarios para el correcto funcionamiento de los diversos órganos en el cuerpo.

El consumo de la alfalfa proporciona beneficios para la salud gracias a la presencia de aminoácidos esenciales y antioxidantes.

Las investigaciones realizadas por el Departamento de Agricultura de EEUU en años recientes han revelado que la alfalfa contiene más proteínas que los granos de trigo y maíz y que su contenido en hidratos de carbono es sólo la mitad del que se encuentra en estos granos. Las proteínas de alfalfa contienen aminoácidos esenciales como la arginina, lisina, treonina y triptófano. Estos ácidos son de vital importancia para mantener una buena salud.

En la siguiente tabla se muestra la composición de la materia seca de hojas y tallos de la alfalfa. (Gonzales, C; Valdes, F Astudillo.W. y Madrid.M:1993)

%	HOJAs	TALLOS
Proteína bruta	24	10.7
Grasa bruta	3.1	1.3
Extracto no nitrogenado	45.8	37.3
Fibra bruta	16.4	44.4
cenizas	10.7	6.3

2.16. PLAGAS Y ENFERMEDADES.

Los ataques de bacterias, Hongos, nematodos y otras plagas, causan grandes pérdidas en la explotación de la alfalfa. Las enfermedades que afectan a las raíces y corona de la planta, producen peores consecuencias que las que afectan a tallos y hojas, pues los daños en corona y raíces son en general irreversibles y reducen su persistencia.

La frecuencia de la intensidad de los ataques varía de una estación a otra, dependiendo de la temperatura, humedad y otros factores. Las prácticas de manejo y cultivo son los principales medios de reducir la incidencia de enfermedades. La rotación de cultivos ayuda a controlar la aparición de enfermedades del suelo, y una siega a tiempo, controla las que atacan tallos y hojas. Todas las practicas que ayuden a fortalecer y conservar el vigor de la alfalfa, ayudaran a resistir y a superar los ataques y enfermedades de la planta. Galdames, R.1992).

2.16.1. ENFERMEDADES.

2.16.1.1. la marchites bacteriana producida por *Corynebacterium insidiosum* y marchites del tallo producida *Pseudomonas medicaginis*.

Las plantas atacadas por *corynebacterium insidiosum* presentan síntomas de retención del crecimiento de la punta del tallo y amarillamiento al segundo y tercer año. Las plantas enfermas producen un gran número de tallos finos y de escaso vigor.

Pseudomonas medicagis es una marchitez del tallo muy extendida en E.E.U.U., presentando manchas marrones, en forma lineal, en los tallos, sobre las que surgen gotas del exudado bacteriano. Esta enfermedad está relacionada con las heridas al segar o por heladas tardías.

No existe un tratamiento eficaz contra esta enfermedad, pero se deben tomar medidas preventivas como son una fertilización adecuada, buen manejo y realizar los cortes en épocas secas. (Alarcón, Z. B. 2007).

2.16.1.2. Podredumbre blanca (*Sclerotinia trifoliorum*).

Hongo que ataca al cuello y raíz de la planta, dando lugar a una podredumbre blanca y húmeda. En la base de los tallos aparece una materia blanquecina en la que se observan unos corpúsculos negros que son los esclerocios.

Prolifera en otoños lluviosos y se puede emplear los mismos métodos de lucha que contra el mal vinoso.

2.16.1.3. Verticilosis (*Verticilium albo-atrum*).

Enfermedad muy importante en Europa, sobre todo en zonas frías y húmedas. La planta amarillea y las hojas inferiores y los tallos acaban secándose, el tejido vascular de los tallos y raíces se torna marrón siendo característico un anillo pardo en el corte transversal de la raíz. Esta enfermedad se propaga por la propia planta de alfalfa y sus restos ya que este hongo no sobrevive en el suelo.

2.16.1.4. Mildiu de la Alfalfa (*Peronospora trifoliorum*).

Enfermedad no muy frecuente. Los folíolos amarillean con aspecto variegado, llegando el envés a tomar un color grisáceo si las condiciones ambientales son húmedas.

2.16.1.5. Mal Vinoso (*Rhizoctonia violácea, Rsolani*.)

Esta enfermedad puede permanecer en el terreno hasta 20 años, por tanto una vez que el suelo se ha infectado resulta muy difícil de sanearlo.

El síntoma clásico es la aparición en el cuello de una podredumbre que inicialmente afecta a la zona más externa, pero profundizando hasta la raíz principal.

Las medidas preventivas más eficaces son el encalado del terreno, la mejora del drenaje del mismo para evitar el exceso de agua y evitar pastoreos muy intensos a final de otoño.

2.16.1.6. -Oídio de la Alfalfa (*Erysiphe polygoni*).

Con ataques poco intensos se manifiesta en el haz y envés de las hojas como un moho blanquecino debajo del cual se forman puntos negros. Tratamientos a base de Penconazol al 10% como concentrado emulsionarle en dosis de 40 cc/100 l agua.

2.16.1.7. Roya de la Alfalfa (*Uromyces striatus*).

Enfermedad típica de zonas cálidas. Aunque no produce la muerte de la planta afecta a la producción y a la calidad del forraje.

Sus síntomas se manifiestan en las hojas apareciendo pústulas marrones o pardas. Se puede combatir mediante cortes precoces.

2.17. Plagas:

Las más importantes son las siguientes:

2.17.1. Pulgilla de la Alfalfa (*Sminturus viridis* L).

Se trata de un insecto de color verde amarillento y de pequeño tamaño (1-2.5 mm.) que ataca las hojas de la alfalfa durante el invierno y principios de la primavera. Los síntomas se manifiestan en las hojas que aparecen taladradas, y al progresar el ataque quedan reducidas al esqueleto de sus venas.

2.17.2. Gusano Verde. (*Phytonomus variabilis*).

Es un coleóptero de 10 mm de longitud, cuya larva de color verde con una línea blanca, ataca a los primeros cortes en primavera, produciendo los mayores daños.

2.17.3. Rosquilla o Gusano Gris (*Prodenia litura*, *Agrotis segetis*).

Es una plaga polífaga cuya oruga de 3 cm. de longitud se alimenta vorazmente por la noche desde finales de verano hasta otoño.

Como medida preventiva se recomienda la desinfectación previa del terreno y como método de control químico el empleo de cebos con Fluosisilicato sódico o de bario y Deltametrin 2.5 % en suspensión concentrada a dosis de 0.03-0.05 %.

2.17.4. Palomillas (*Phlyctaenodes sticticalis*, *Dichomeris lotellus* y *Loxostege sticticalis*).

Son lepidópteros cuyas larvas de color gris verdoso de 15-20 mm de longitud devoran las yemas y hojas de la alfalfa.

Tienen de 3 a 4 generaciones al año, realizando la puesta de huevos en primavera.

2.17.5. Gorgojos. (*Tychius sp.*)

Se trata de curculiónidos cuyas larvas devoran las semillas en el interior de las vainas.

Los adultos deben ser eliminados antes de la puesta y tratando con Fosalone.

2.17.6. Trips. (*Frankliniella sp.*)

Son insectos muy pequeños que se alimentan de las células de las plantas, y al romper los tejidos aparecen manchas blanquecinas en las hojas, peciolo y yemas.

2.17.7. Ácaros. (*Tetranychus sp.*)

Se trata de un pequeño arácnido, que se concentra en la parte inferior de las hojas, de las que se alimenta y en las que pone sus huevos.

Los síntomas se manifiestan con puntos translúcidos que se tornan marrones o negros con el tiempo.

2.17.8. Nemátodos. (*Ditylenchus dispaci*, *Pratylenchus penetrans*, *Meloidogine sp.*, *Trichodorus sp.*).

Son organismos de pequeño tamaño (inferior a 1 mm.). Considerada una de las plagas que afecta a la producción de alfalfa, ya que todo el ciclo de vida lo realiza en el tejido de la alfalfa, aunque es considerado como una plaga de suelo por sobrevivir en el mismo junto a los restos de cosecha.

Los síntomas producidos por *Ditylenchus dispaci* se manifiestan en el alfalfar en los brotes de la corona, que da lugar a tallos cortos, frágiles con nudos anchos y entrenudos cortos. Las hojas jóvenes son más pequeñas, de color verde claro, llegando a ser casi blancas.

Pratylenchus penetrans, *Meloidogine sp.*, y *Trichodorus sp.* , atacan más a las raíces, dando lugar a una reducción del crecimiento de la planta.

La infección se realiza por transporte de material vegetal, con el agua de riego, con la maquinaria de siega, animales, etc.

Las variedades americanas resistentes a nematodos son: Lahontan, AS-13R y Washoe. (Castro, 1982; Alarcón, 2007).

3. CRECIMIENTO

El crecimiento es un proceso fisiológico muy complicado y depende de la mayoría de los otros procesos que tienen lugar en una planta, como: La fotosíntesis, respiración, absorción de agua y sustancias nutritivas, minerales y orgánicas.

El crecimiento es una aproximación holística, explicativa e integral, para comprender la forma y funciones de los vegetales (Hunt, et al., 2002; Hunt, 2003).

En cualquier sistema biológico, el crecimiento es la consecuencia de la división celular (incremento en número) y de la elongación celular (aumento en tamaño). La

humedad de los tejidos se excluye de los estudios de crecimiento debido a que es la masa seca la que usualmente determina la importancia económica de un producto agrícola (Taiz y Zeiger, 2000; Werner y Leisher, 2005).

Se puede definir el crecimiento vegetativo como un conjunto coordinado de procesos cuantitativos, durante los cuales las plantas sufren un aumento irreversible de tamaño, peso y volumen de una célula, tejido, órgano o individuo en forma más o menos continua y acompañado del desarrollo de nuevos órganos de funciones especializadas por lo menos en forma intermitente toda su vida (Rodríguez 2001).

El crecimiento se puede definir como el aumento de protoplasma o el incremento de peso seco o de volumen, que ocurre en forma irreversible en un órgano o en la planta entera. Las variables a utilizar para su medición dependen de lo que se quiera medir y de la finalidad. En cultivos por ejemplo puede utilizarse la altura de los tallos, el peso seco total, el área foliar, etc. En un bosque, en cambio se mide la altura de los árboles, el diámetro del tronco, número de ramas, índice de área foliar, etc. Otras variables frecuentes son: longitud de raíces y rizomas, volumen y peso de tubérculos y frutos, y aún número de células.

En algunas investigaciones se puede utilizar la cantidad de nitrógeno proteico celular, como indicador de la masa protoplasmática, obviando así las estructuras inactivas como las paredes. De acuerdo a la variable elegida se utilizará la unidad de medida más apropiada (Llana y Llana, 2001).

3.1. CINÉTICA DEL CRECIMIENTO.

Las curvas de crecimiento en los vegetales son un reflejo del comportamiento de una planta en un ecosistema particular con respecto al tiempo. Su elaboración es indispensable para la aplicación racional de las labores culturales en el momento adecuado, para garantizar una respuesta óptima del vegetal de acuerdo con nuestras necesidades y exigencias (Casierra-Posada et al., 2003; Casierra-Posada et al., 2004).

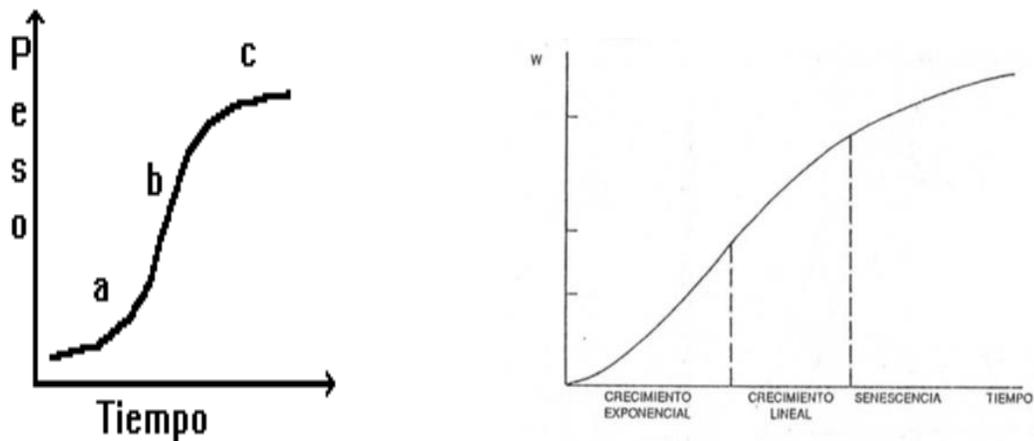
Las curvas de crecimiento del diámetro transversal en función del tiempo son las más empleadas por muchos autores. Tienen la ventaja de ser de fácil determinación, no destructivas y permiten el seguimiento a lo largo del periodo de crecimiento. Estas curvas de crecimiento sirven para identificar no solamente la evolución del crecimiento en el ciclo bajo las condiciones climáticas de la zona bajo estudio, sino también para estimar el peso que tendrá el fruto a cosechar (Coombe, 1976; Hunt, 1979). El análisis de crecimiento de plantas puede basarse directamente en la evolución cronológica de medidas tales como peso seco, longitud de tallos, número de hojas, número de ramas, etc. (Manrique, 1990).

La curva de crecimiento de la planta, así como de cualquiera de sus órganos y en general, de todos los seres vivos posee la típica forma de "S" o sigmoide

(Gráfica N° 1). Presenta tres fases: una **fase exponencial o logarítmica (a)**, donde el crecimiento aumenta exponencialmente con el tiempo; una **fase lineal (b)**, donde el crecimiento ocurre a un ritmo constante con respecto al tiempo y responde a la ecuación de una recta: $y = a + bx$; y la tercera **fase de senescencia (c)**, que se caracteriza por una disminución gradual del crecimiento con respecto al tiempo, hasta hacerse cero. Esta última caracteriza la madurez de la planta.

Existen varios índices que se utilizan para definir o caracterizar el crecimiento de una planta u órgano, los que se encuentran descritos más adelante que además complementa los aspectos teóricos necesarios para la realización de la investigación planteada.

CURVA ILUSTRATIVA DEL CRECIMIENTO SIGMOIDAL DE UNA PLANTA.



Grafica N° 1. Curva de crecimiento relaciona Tiempo y Peso.

La interpretación fisiológica de estas diferentes fases de crecimiento es la siguiente: en la etapa inicial, la planta depende de las reservas alimenticias de la semilla, que son empleadas para la formación de los órganos que componen la plántula. En seguida el desarrollo del sistema radicular y la emergencia de las hojas, los procesos anabólicos, dependientes de la fotosíntesis, se traducen por un rápido crecimiento. Finalmente, una vez alcanzado el tamaño definitivo, hasta que se aproxima a la madurez, la planta inicia una fase de senescencia que se refleja inicialmente, en la paralización de la producción de sustancias orgánicas. (Rodríguez, 1991)

3.2. ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO.

El análisis del crecimiento vegetal fue desarrollado por los fisiólogos de la escuela inglesa Blackman 1919, Kidd y West en 1920, Watson en 1952, Blackman en 1968, y es considerado internacionalmente como el método Patrón para la estimación de la productividad biológica, o la productividad primaria de las comunidades vegetales.

El análisis de crecimiento se refiere a la evaluación de la producción líquida de las plantas, deriva del proceso fotosintético y el resultado del desempeño del sistema asimilatorio durante un cierto periodo de tiempo. El concepto de análisis de crecimiento fija el día de 24 horas como el menor lapso de tiempo que puede ser considerado en las determinaciones. La cantidad de tejido metabólicamente activo que compone una comunidad vegetal, se llama “**Biomasa**”; sin embargo, algunas partes de una planta no pueden ser consideradas como tejidos vivos, como el xilema y la peridermis (cáscara de tallos y raíces), los cuales no son comúnmente separados para los cálculos de materia seca (Rodríguez, 1995).

El análisis matemático de crecimiento usa medidas directas tales como masa total de la planta, área foliar total y tiempo; y medidas derivadas como son la tasa de crecimiento relativo (TCR), la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), la tasa de asimilación neta (TAN), duración del área foliar (DAF), relación del área foliar (RAF), y el índice del área foliar (IAF) que pueden ser obtenidas a partir de las medidas directas (Barrera, Suarez y Melgarejo, 2005).

Hay dos metodologías para sacar el análisis de crecimiento, i) Análisis tradicional o clásico que involucra la toma de datos en función del tiempo (cada 1-2 semanas) en un gran número de muestras (Garrner et al 2003), con los cuales se generan funciones paramétricas flexibles que describen y explican el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como la elaboración de curvas de crecimiento. ii) Análisis funcional o dinámico el cual comprende medidas a intervalos de tiempos más frecuentes y en un pequeño número de plantas (Flores et al. 2006).

El análisis de crecimiento es una técnica que sirve para cuantificar los componentes del crecimiento de plantas cultivadas, a través del método de “**Regresión Múltiple**”, generalmente de tercer orden (Rodríguez, 1991).

Para llevar a cabo el análisis de crecimiento se requiere de:

1. Una medición del material presente en la planta.
2. Una medición de la magnitud del sistema asimilatorio del material de la planta.

Para la realizar el cálculo específico de los índices de crecimiento, en base a las ecuaciones polinomiales de la forma:

$$Y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

Donde $x = \text{tiempo (t)}$

Se tiene para:

Fitomasa:

$$P = a' + b't + c't^2 + d't^3$$

Derivando respecto a t

$$\frac{dP}{dt} = b' + 2c't + 3d't^2$$

Área Foliar:

$$A = a' + b't + c't^2 + d't^3$$

Derivando respecto a t

$$\frac{dA}{dt} = b' + 2c't + 3d't$$

Masa foliar:

$$PF = a'' + b''t + c''t^2 + d''t^3$$

Derivando respecto a t

$$\frac{dPF}{dt} = b'' + 2c''t + 3d''t^2$$

Dónde:

P = Peso seco de Fitomasa (g/m^2 área de suelo)

A = Índice de área foliar (m^2 área hoja/ m^2 área suelo)

t = Tiempo

PF = Peso seco de la hoja (g/m^2 área suelo)

dt = 1 día

a, a', a'', b, b', b'' y c, c', c'' son constantes

Entonces estas ecuaciones y sus primeras derivadas se pueden reemplazar directamente en la formulas respectivas de los índices de crecimiento, que se definen a continuación.

3.3. ALGUNOS INDICES DE CRECIMIENTO

El crecimiento **absoluto (r)**, es el incremento de masa por unidad de tiempo. Si bien resulta importante su determinación en algunas circunstancias, generalmente es de mayor interés conocer el crecimiento relativo (R). Es decir el incremento en peso de material vegetal que experimenta una planta o un cultivo por unidad de material vegetal presente y por unidad de tiempo.

3.3.1. Relación del Área Foliar.

Se define “como la relación o el coeficiente entre la superficie foliar y el peso seco de la planta”. Se expresa en m^2/kg^{-1} (m^2/g).

Es un índice de la superficie foliar de la planta con base en la masa seca. Se define como la fracción de masa seca total que corresponde a las hojas y sus valores oscilan entre 0 y 1 (Flores et al, 2006).

Esta relación representa la superficie foliar (dm^2) por gramo de peso seco total de la planta. Un $RAF = 2$, indica que por cada gramo de peso seco total de la planta, que la planta está formando su parte aérea.

$$RAF = \frac{A}{P_f} = \frac{A}{P_f} * \frac{P_f}{P}$$

Dónde: A= Superficie foliar

P= Peso seco de la planta

Pf= Peso seco de las hojas

$$RAF = \frac{\text{Area foliar total}}{\text{Peso seco total}} = \frac{dm^2}{gr}$$

3.3.2. Área Foliar Especifica.

Es una medida de la superficie foliar de la planta en términos de densidad o grosor relativo de la hoja. Se define como la relación entre el área total de la hoja y la masa del área foliar de la planta (Flórez *et al.*, 2006). También se define “como la relación o el cociente entre la superficie foliar y el peso de las mismas hojas”. Se expresa en m^2 de área de hoja/g. (Rodríguez, 1995).

$$AFE = \frac{A}{PF} = \frac{m^2}{gr}$$

$$PFE = \frac{\text{Area foliar total}}{\text{Peso seco foliar total}}$$

El AFE, es un índice del costo energético o material para la formación de una unidad de superficie foliar. Es típica su disminución en el curso del crecimiento de las plantas. Las Xerofitas tienen un AFE menor que las Mesofilas e Higrófilas.

3.3.3. Relación del Peso Foliar.

Se define, “como la relación o el cociente entre el peso seco de las hojas y el peso seco total de la planta”. Se expresa en g/g.

Esta relación permite conocer el peso seco de las hojas en gramo por cada gramo del peso seco de la planta incluida las hojas. El valor de esta relación será siempre menor que la unidad. Alcanzando valores altos al inicio del cultivo, debido a que las plantas se encuentran en fase de intensa formación de follaje, luego, va disminuyendo por la mayor formación de estructuras de reserva y de sostén. Un RPE de 0,6 indica que por cada gramo de peso seco total de la planta, existen 0,6 gramos de peso seco de hojas en una determinada edad de un cultivo, es decir, el 60% del peso seco total de la planta corresponde al peso seco de las hojas.

3.3.4. Peso Específico de la Hoja.

Se define “como la cantidad o porción de materia total que en un instante de tiempo forma la superficie asimiladora”. Y se expresa en g/m².

3.3.5. Tasa de Crecimiento Relativo de la Hoja (TCR).

Se define “como el incremento de peso foliar por cada unidad de material por unidad de material presente, por unidad de tiempo”. Se expresa en $\text{kg kg}^{-1} (\text{g/g/día})$.

3.3.6. Índice de Área Foliar. (IAF).

Se define como la relación entre el área foliar de la planta y la superficie del suelo ocupada por la planta y se expresa en dm^2/m^2 .

$$IAF = \frac{\text{Área foliar por planta}}{\text{Área del suelo por planta}} = \frac{\text{dm}^2}{\text{m}^2}$$

El IAF valora la velocidad con que el área foliar ocupa el área del suelo disponible.

Expresa la superficie de la hoja por unidad de área de superficie ocupada por la planta. Aumenta con el crecimiento de cultivo hasta alcanzar un valor máximo en el cual se alcanza la máxima capacidad para interceptar la energía solar momento en que la TCC es a su vez máxima (Hunt, 1982).

El IAF describe la dimensión del sistema fotosintético de una comunidad vegetal. En algunos casos, en que otras partes de la planta, aparte de las hojas, contribuyen de manera sustancial para la fotosíntesis, como tallos, peciolos, brácteas, etc., estos deben ser adicionados al área foliar en el cálculo de los parámetros en el análisis del crecimiento.

Un aumento en el IAF proporciona un aumento de la producción de la biomasa; sin embargo, debido al autosombreamiento de las hojas, la tasa fotosintética media por unidad de área foliar decrece. La forma cónica de una planta induce a un mayor potencial productivo que el de la forma globosa, debido a la reducción del autosombreamiento.

En las forrajeras con el transcurrir del tiempo el autosombriamiento es muy importante; en efecto, cuando el IAF se encuentra alrededor de 3 a 5, las plantas son cortadas para la producción de heno, o simplemente se colocan los animales para pastar; en este estado existe inclusive una mayor palatabilidad para el ganado.

Existen casos de fertilización nitrogenada que inducen a altos IAF más; pero, determinan una baja productividad económica, debido al autosombreamiento y el acame. Lo mismo podría ocurrir con el aumento de la densidad de plantación. El arroz es el más tolerante a altas intensidades de plantación. El trigo un poco menos y el maíz es el menos tolerante (4 a 8 plantas por m²). Comparando las productividades bruta y líquida, se concluye que en los ecosistemas naturales la respiración corresponde al 50% de productividad bruta; en condiciones experimentales a 38%, y en plantas en el periodo de crecimiento a 12% de la productividad bruta. La media de productividad bruta utilizada en la respiración es de 30%.

Para que exista un aumento de producción final, es muy importante el saldo existente entre la productividad bruta y la respiración en las diferentes fases del crecimiento de un vegetal.

3.3.7. Duración del Área Foliar.

El crecimiento vegetal esta decisivamente influenciado por el tiempo en que la planta mantiene activa su superficie foliar. Esta característica está definida para la duración del área foliar.

3.4. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO.

El análisis de crecimiento es un método que describe las condiciones morfo fisiológicas de la planta en diferentes intervalos de tiempo, entre dos muestreos sucesivos, y se propone acompañar a la dinámica de la producción fotosintética, evaluada a través de la acumulación de materia seca.

El método puede también ser usado para la investigación del efecto en fenómenos ecológicos sobre el crecimiento, como la adaptabilidad de especies en ecosistemas diversos, efectos de competición, diferencias genotípicas de la capacidad productiva, influencia de prácticas agronómicas sobre el crecimiento, etc.

A parte de ellos, existen los factores intrínsecos que afectan el crecimiento y que están asociados con procesos fisiológicos básicos, como: La fotosíntesis, respiración, transporte de metabolitos, metabolismo del nitrógeno, procesos morfo genéticos, etc.

De entre los parámetros ambientales asociados con las alteraciones del crecimiento de las plantas se tienen: La radiación solar, temperatura, suministro de agua y de nutrimentos, los cuales fueron los más estudiados. Dichos factores del medio ambiente influyen en el crecimiento vegetal de diversas maneras:

La radiación solar, en general tiene un efecto positivo sobre el TAA y negativo sobre la RAF, principalmente a través de su componente AFE. La temperatura normalmente causa un aumento sobre la tasa de expansión foliar, de la misma forma que el suministro de agua y de nitrógeno.

De esta manera, el AFE aumenta y la TAA disminuye, debido al autosobreamiento de las hojas.

El método del análisis del crecimiento es de gran valor en la evaluación de las diferencias intervarietales e interespecíficas de las diversas características que definen la capacidad productiva de la planta.

La técnica del análisis de crecimiento puede ser empleada más eficientemente en las plantas de crecimiento rápido, que poseen hojas de forma regular y que persistan por un tiempo relativamente largo. El secado de partes leñosas de plantas normalmente presenta dificultades experimentales y es fuente de errores en los cálculos. Las plantas que poseen raíces voluminosas, tubérculos bulbos, etc., son difíciles de ser

procesadas en términos de secado y no son apropiadas para la utilización del análisis del crecimiento convencional.

Para realizar un análisis de la eficiencia fisiológica de una planta en función de sus parámetros de crecimiento se requieren dos operaciones básicas: 1) la cuantificación del material vegetal existente en una planta o cultivo, y 2) la medida del sistema asimilador de esa planta o ese cultivo en intervalos de tiempo sucesivos. De esas operaciones se obtienen medidas directas, como masa seca (W), área foliar total (AF), tiempo (t) e índices derivados como la tasa relativa de crecimiento (TRC), índice de área foliar (IAF), tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), área foliar específica (AFE) y relación de área foliar (RAF), que se deben obtener por cálculos del análisis funcional (Miranda, 1995).

3.5. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DEL ÁREA FOLIAR.

Las hojas constituyen el órgano más importante de la planta y juegan el papel principal en las actividades anabólicas por medio de la clorofila que poseen en abundancia, el único medio para los procesos fotosintéticos. El área foliar total, que ha sido directamente relacionada con la cantidad de clorofila, es un parámetro importante para estimar la habilidad de la planta para sintetizar materia seca. Su adecuada determinación durante el ciclo del cultivo posibilita conocer el crecimiento y el desarrollo de la planta, la eficiencia fotosintética y, en consecuencia, la producción total de la planta (Teruel 1995, Costa, 1999). Adicionalmente, ayuda en la definición de la época ideal de siembra y de trasplante; si no se tienen en cuenta otros factores, los cultivos deben ser sembrados en épocas en las cuales el máximo valor de índice del área foliar coincida con la época de elevada radiación, cuando la fotosíntesis líquida sea máxima, y también contribuye a estimar las necesidades hídricas de los cultivos, por lo que se requieren modelos matemáticos sencillos y rápidos para su estimación (Arjona, 2003).

Existen diversos métodos prácticos para medir el área foliar de las plantas. Los más comunes son los siguientes:

- ❖ Por dibujo
- ❖ Copias heliográficas
- ❖ Peso de discos de hoja
- ❖ Comparación con una escala de hojas de áreas conocidas

a) Por dibujo: Cuando se trata de determinar el área foliar de un número relativamente pequeño de hojas y de borde entero, el método más usual consiste en calcar los bordes de las hojas en papel vasto. Luego, recortar el dibujo, pesar y calcular el área en relación con el peso de un área conocida de papel.

b) Por copia heliográfica: Cuando son muchas las hojas que posee una planta, se puede copiar los bordes de las hojas en papel sensible a la luz

Cualquier tipo de papel puede ser sensibilizado para este tipo de trabajo, por medio de un baño en una solución de citrato de amonio férrico y ferrocianuro de potasio. Estas sales deben ser disueltas separadamente en la proporción de 20 g por 100ml de agua; luego, se mezclan las dos sales solo en el momento de usarse.

El papel tratado con las soluciones se debe secar y luego guardar en la oscuridad.

Después de ser expuestos a la luz, se fija la figura de la hoja lavándose en el papel en agua corriente.

El área se determina por el método de las pesadas como en el anterior caso puede usarse un planímetro.

c) Por peso de discos de hoja: Este método es especialmente recomendado para trabajos de campo, cuando el área foliar a determinar es excesivamente grande. Para recortar los discos de las hojas se utilizan sacabocados del tipo que emplean los hojalateros para cortar metal. El diámetro de esos sacabocados puede variar según el tamaño de las hojas (1 a 3 cm de diámetro). El método más usual consiste en amontonar las hojas en una bandeja de madera cortando los discos al azar en camadas de varias hojas cada vez. Separar posteriormente unos 100 a 100 discos enteros pesándolos a continuación y estableciendo la correlación, peso – área.

Se pesan después todas las hojas, cuya área se desea calcular, y por medio de una regla de tres se determina el área en relación al peso- área previamente conocida.

Se emplea la siguiente fórmula:

$$X = \frac{A * B}{C}$$

Dónde:

X = área foliar en cm²

A = peso total de las hojas de una planta en g

B = superficie del disco en cm²

C= peso de 80 discos de hoja en g

d) Por comparación con una escala de hojas de área conocida: Este método se emplea cuando las plantas tienen un número de hojas reducidas y borde muy irregular, como en el caso, de las plantas de tomate, papa, etc.

Consiste en dibujar o copiar en papel heliografico una escala de 10 a 0 hojas por simple comparación visual con la referida escala se determina el área foliar. (Rodríguez, 1995).

3.6 BIOMASA.

De forma genérica, por biomasa se entiende, el conjunto de materia orgánica de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma, que haya tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico.

La formación de biomasa a partir de la energía solar se lleva a cabo por el proceso denominado fotosíntesis, dando lugar la formación de biomasa vegetal, conocida como fitomasa que a su vez es desencadenante de la cadena biológica. Mediante la fotosíntesis las plantas que contienen clorofila, transforman el dióxido de carbono y el agua, productos minerales sin valor energético, en materiales orgánicos con alto contenido energético que a su vez sirven de alimento a otros seres vivos. La biomasa mediante estos procesos almacena a corto plazo la energía solar en forma de carbono. La energía almacenada en el proceso fotosintético puede ser posteriormente transformada en energía térmica, eléctrica o carburantes de origen vegetal (Rodríguez, 2010).

La forma más precisa de medir la capacidad de producción de un árbol o cultivo en un área determinada y en un periodo de tiempo definido, es cuantificando la biomasa total incluyendo el sistema radical, que también es parte de la producción del vegetal, pero por razones de uso u aprovechamiento de algunos cultivos no es necesaria su determinación.

La biomasa total aérea se refiere a todos los componentes aéreos del vegetal tallo, ramas, hojas, flores, frutos o semillas en un determinado momento de su vida (Salazar, 1992). El cálculo de la biomasa, definida como la cantidad de materia

vegetal presente en una determinada superficie y en un momento concreto, resulta una buena aproximación para determinar y evaluar el nivel de producción de los prados y pastos de montaña. Como norma general, se expresa en unidades de materia seca por unidad de superficie. Su determinación suele realizarse sobre la parte aérea de la vegetación, dada la dificultad de acceder a la materia enterrada este tipo de estudios, se realizan debido al bajo interés de la fracción enterrada supone para la explotación ganadera (Gómez, 2008).

3.6.1. Métodos de Determinación de Biomasa.

La determinación de la biomasa es una de las variables más importantes de un bioproceso ya que su determinación nos lleva a la comprensión de la eficiencia del mismo. Se trata de una variable clave para establecer las tasas de producción, de consumo de nutrientes y el cálculo de los balances de masa de cualquier proceso biológico.

Existen varios métodos para estimar la productividad, estos se pueden clasificar en destructivos y no destructivos.

El método destructivo proporciona un valor exacto de la biomasa ya que consiste en destruir los árboles, para calcular su peso seco o biomasa. Adicionalmente, el método permite formular relaciones funcionales entre la biomasa y las variables del rodal de fácil medición como el diámetro a la altura del pecho, altura comercial, altura total y otras (Parde, 1980; Gayoso et al., 2002). El inconveniente que presenta es su alto costo en términos de tiempo y recurso económico (Pedrasa, 1989; Brown, 1992; Gayoso et al., 2002), además de la propia destrucción de los árboles empleados en la medición. El método destructivo es el más preciso (omite errores de estimación) para estimar la cantidad de biomasa aérea (Whittaker y Marks 1975; Parde 1980; Monroy y Navar, 2004).

En cambio, los métodos no destructivos permiten estimar la productividad primaria neta de manera indirecta. Si bien siempre es necesario tomar como referencia una cierta cantidad de cortes, es posible tomar cientos de mediciones con un método no destructivo y cortar solamente unas 20 muestras para ajustar los resultados. Esto es una clara ventaja con respecto a los métodos destructivos ('t Mannetje, 2000).

3.7. FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO NORMAL.

3.7.1. Factores Externos:

El crecimiento, como todo proceso fisiológico, está influenciado por los factores del medio externo y, como este proceso depende estrechamente de la energía liberada en la respiración, es comprensible entonces que el crecimiento dependa de la temperatura como principal factor del medio, presentando un mínimo hacia los 5 ó 10°C, un óptimo hacia los 35° y un máximo hacia los 45°.

La luz es también un importante factor del crecimiento. Las plantas que crecen en falta de luz, además de tener un pobre contenido de clorofila, se alargan en su eje longitudinal y muestran retardo en el desarrollo foliar; este fenómeno se denomina ahilamiento o etiolación. La planta etiolada sufre una falta de diferenciación.

Cuando un factor actúa en deficiencia a lo largo de todo el ciclo, la curva de crecimiento es análoga a la normal, pero se va separando de ella paulatinamente, quedando más corta y baja.

Cuando un factor sufre una desviación brusca alejándose de su comportamiento normal de lo normal y luego retorna a un comportamiento relativo óptimo, la curva del crecimiento registra esta desviación y aunque luego retorne a la marcha normal sufrirá una baja en el rendimiento.

Se puede observar que durante unas 5 semanas posteriores a la emergencia, en 1931, prevaleció una temperatura de 2 a 3°C, por lo que el trigo sólo creció a razón de 6 cm/semana, en tanto que en 1932 creció, en ese lapso, a razón de 11 cm/semana.

Este mismo tipo de desviación se presentará si la planta sufre una sequía a mitad del desarrollo.

3.7.2. Factores Internos:

El organismo multicelular se caracteriza por un crecimiento organizado de sus diversas partes, que incluye una diferenciación armónica de los tejidos. Cada especie tiene una determinada forma en sus órganos; en la implantación de las hojas, en su ramificación, etc. La forma de los órganos depende de la distribución de las células, y a su vez ésta depende del plano de división de las células recién formadas. La forma del vegetal descansa, pues, en la polaridad, en la distribución de los cromosomas durante la división celular.

Esta correlación de efectos debe tener como causa inmediata la presencia de sustancias químicas; de hecho, la auxina es importante a este respecto y sin duda las giberelinas y citocininas también juegan un papel, así como los inhibidores. Sin embargo, es muy probable que existan aún otras hormonas de correlación desconocidas. La teoría de que las hormonas son las responsables de esta correlación actualmente no se discute.

3.8. Modelado del crecimiento (Alométricos)

En determinadas circunstancias experimentales, se hace importante conocer la forma por la cual la materia orgánica es producida y distribuida en los diferentes órganos de la planta. Esta clase de información puede ser obtenida a través del cálculo de las tasas de crecimiento relativo de las diferentes partes de la planta, las cuales son comparadas entre sí o con el crecimiento de todo el organismo. Un ejemplo de estas

relaciones Alométricas está dado por el cociente entre el crecimiento de las raíces y de las partes aéreas.

En el marco de este trabajo adoptaremos la definición más amplia de la alometría que hace referencia a una relación (lineal o no) entre los aumentos de las medidas de los cultivos agrícolas y los árboles.

La relación de potencia será considerada simplemente una relación alométrica entre otras. Independientemente de la definición adoptada, la alometría se refiere al desarrollo ontogénico de los individuos, es decir, al crecimiento de los vegetales.

Esta relación tiene un gran significado ecológico y morfológico y puede indicar a la contribución de las reservas almacenadas en el sistema radicular para el crecimiento de la parte aérea. Las líneas alométricas características de varios órganos de la planta durante el crecimiento según direcciones diferentes, indicando alteraciones en la distribución de metabolitos a través de la planta. (Rodríguez, 1995).

Los modelos alométricos ayudan en el cálculo de la biomasa de grandes áreas forestales, o de cultivos valiéndose de la correlación existente entre las variables de difícil medición (pesos) y aquellas directamente medidas en inventarios forestales o muestreos (diámetro a la altura del pecho y altura comercial o total, número de brotes, diámetro de follaje).

CAPITULO III

3.1. MATERIALES Y METODOS

3.2. LOCALIZACION

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la comunidad de Rosillas distrito 2 del municipio de Padcaya. Rosillas se encuentra localizada a 60 km de la ciudad de la ciudad de Tarija entre las coordenadas geográficas:

21° 56' 53,9" latitud sur.

64° 47' 25,9" longitud oeste.

La provincia Arce política y administrativamente consta de dos secciones municipales: Padcaya y Bermejo.

La primera sección de la provincia Arce que corresponde al Municipio de Padcaya, se encuentra ubicada entre los paralelos: 22°35'51" y 21°46'08" de latitud sur; y entre los meridianos: 65°05'35" y 64°04'39" de longitud oeste (ver mapa N° 1 de ubicación del área de estudio)

La provincia Arce limita al Sur con la República Argentina, al norte con las provincias Avilés y Cercado; al Este con las provincias O'Connor y Gran Chaco y al Oeste con la provincia Avilés.

La primera Sección o Municipio de Padcaya, por constituir el 81% del territorio provincial, tiene como límites norte, este y oeste, los mismos de la provincia, es decir, las provincias Avilés, Cercado, O'Connor y Gran Chaco, variando solamente al sur, donde limita con la segunda sección y la República Argentina.

3.1.1. Altitud

La fluctuación altitudinal del Municipio oscila desde los 4.500 m.s.n.m. en las cumbres más altas de las serranías de Rejará, ubicadas en el lado oeste del Municipio; hasta los 500 m.s.n.m. en las partes más bajas, ubicadas en las márgenes del Río Grande de Tarija, comunidades de San Telmo, Santa Clara, San Antonio, Trementinal y Valle Dorado.

La comunidad de rosillas se encuentra a una altura de 2000 m.s.n.m.

3.2 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

3.2.1 Clima

En general, el verano se caracteriza principalmente por una temperatura y humedad relativamente alta y masas de aire inestables, produciéndose precipitaciones aisladas de alta intensidad y corta duración, por otro lado, el invierno se caracteriza por temperaturas y humedad relativa, generalmente bajas y con la ausencia de precipitaciones, asociadas a la llegada de frentes fríos provenientes del sur, llamados "surazos", que traen consigo masas de aire frío, dando lugar a veces a precipitaciones de muy baja intensidad y de larga duración.

3.2.2 Temperatura Máxima y Mínima

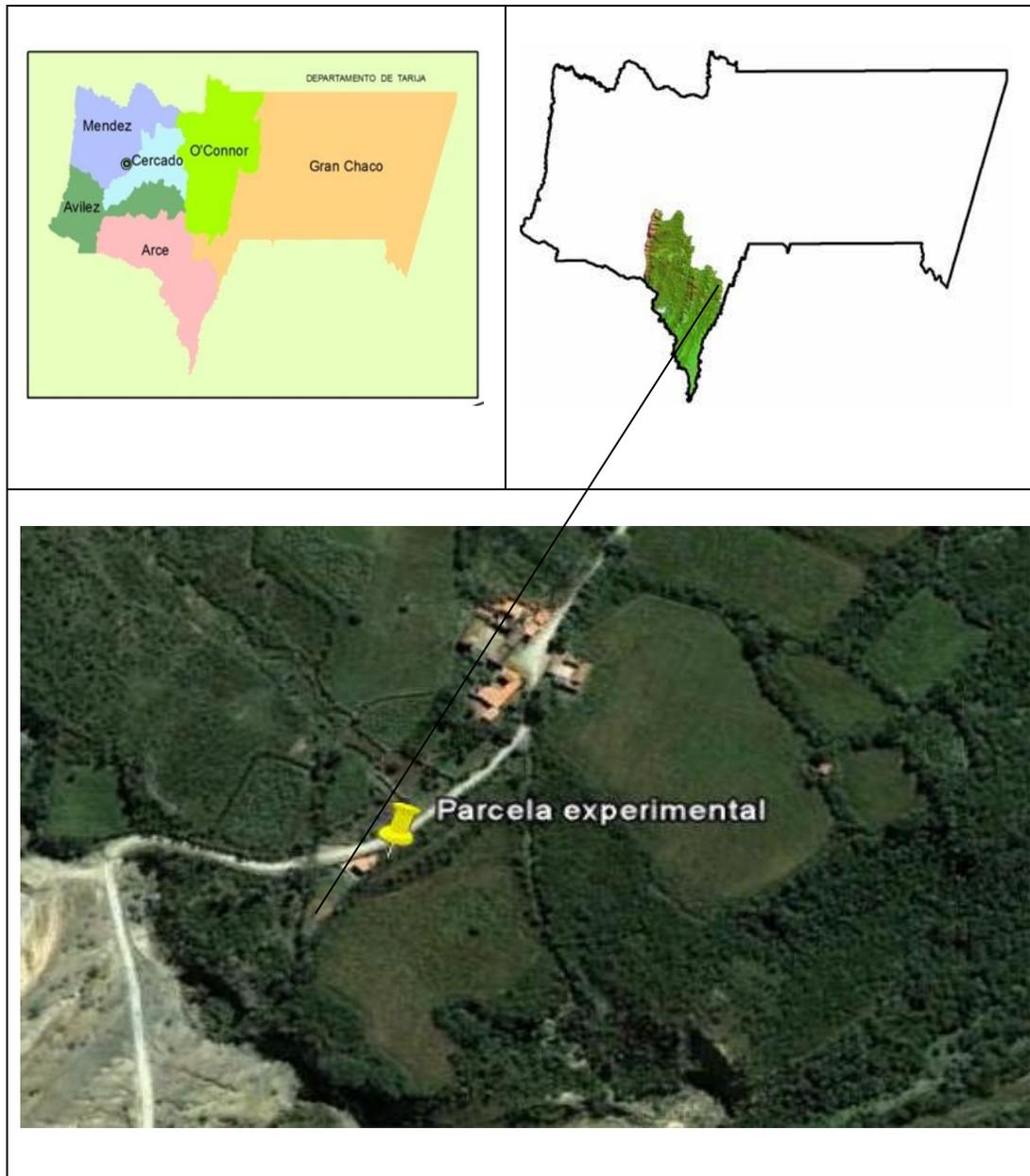
La temperatura media anual es de 16,7°C, con una máxima y mínima promedio de 24,6°C y 8,8°C respectivamente. Los días con helada se registran entre los meses de mayo a septiembre. La humedad relativa promedio es de 67%. La dirección del viento predominante es del Sur - Este con una velocidades promedio de 2.6 Km/h.

3.2.3 Precipitaciones Pluviales, Periodos

Las precipitaciones pluviales totales anuales, oscilan de 46 mm, en el mes de Octubre a una máxima de 145,4 mm. En el mes de enero, declinando hasta el mes de abril con

23,3 mm. , de precipitación promedio, identificándose dos periodos: un periodo seco que abarca los meses de mayo a septiembre y un periodo húmedo en los meses de octubre hasta abril.

Mapa N°1 Ubicación del Área de Estudio



Fuente: elaboración propia

3.3 VEGETACION NATIVA

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Eucalipto	<i>Eucaliptus viminalis</i>
Pino	<i>Pinus radiata</i>
Pino del cerro, pino negro	<i>Podocarpus parlatorei Pilger</i>
Algarrobo blanco	<i>Prosopis alba Griseb.</i>
Tipa, tipa blanca	<i>Tipuana tipu (Benth.) Kuntze</i>
Cedrillo	<i>Cedrela sp.</i>
Churqui	<i>Acacia cavenia</i>
Taco	<i>Prosopis alpataco</i>
Sauce	<i>Salixsp.</i>
Molle	<i>Schinus molle</i>

Principales Cultivos Agrícolas

TUBERCULOS

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Papa	<i>Solanum Tuberosum</i>

HORTALIZAS

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>
Cebolla	<i>Allium cepa</i>
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>
Acelga	<i>Beta vulgaris</i>
Zapallo	<i>Cucúrbita maxima</i>
lechuga	<i>Lactuca sativa</i>

GRAMÍNEAS

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Maíz	<i>Zea mays</i>
Avena	<i>Avena sativa</i>

LEGUMINOSAS

NONBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
arveja	<i>Pisum sativum</i>
poroto	<i>Phaseolus sp.</i>
alfalfa	<i>Medicago sativa</i>

FRUTALES

NONBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Durazno	<i>Prunus persica</i>
Ciruelo	<i>Prunus domestico</i>
Manzana	<i>Malus silvestris</i>
Nogal	<i>Junglas regia</i>
Higuera	<i>Ficus carica</i>
Frutilla	<i>Fragaria chiloensis</i>
Frambuesa	<i>Rubus rosaefolius</i>

Fuente: PDM- municipio de Padcaya

3.4. PRODUCCIÓN PECUARIA

La producción pecuaria en esta comunidad está compuesta principalmente de la ganadería vacuna, ovina, caprina, porcina, equinos y aves.

3.5. ACTIVIDAD ECONÓMICA

En la zona de rosillas existe un uso agropecuario intensivo caracterizado por cultivos anuales donde se cultiva papa, maíz, hortalizas y algunos frutales a riego; está combinada con la ganadería intensiva de leche cuyos productos y derivados de la misma se comercializan principalmente a la planta industrializadora de leche (PIL) en la ciudad de Tarija, el ganado se alimenta principalmente de forrajes introducidos y cultivados como maíz forrajero, cebada forrajera gramíneas anuales como la avena forrajera, la alfalfa y los barbechos, campos en descanso y rastrojo son fuentes de forraje.

De esta zona los vacunos son llevados de mayo a noviembre a los bosques del Subandino (Tariquia, Emborozú, Conchas y otras comunidades) donde hay una mayor oferta de forraje en esta época (trashumancia).

La ganadería de leche en esta zona es una actividad económica muy importante, motivo por el cual cada año se realiza la feria de la leche y sus derivados lo que constituye una fuente de ingresos económicos para los productores.

3.6. MATERIAL BIOLÓGICO

Semilla de Alfalfa

3.6.1 VARIEDAD

- Bolivia 2000

3.6.2 MATERIAL DE DEMARCACION

- Estacas
- Wincha
- Cuerda

3.6.3 EQUIPO Y HERRAMIENTAS

- Azadones
- Palas
- Rastrillos

3.6.4 MATERIAL DE REGISTRO

- Libreta de campo
- Cámara fotográfica

3.6.5 MATERIAL DE GABINETE

- Computadora
- Calculadora

3.6.6. MATERIAL DE LABORATORIO

- Balanza analítica
- Horno
- Sacabocado 5/16

3.7 METODOLOGIA

Las actividades que se ejecutaron para la realización del siguiente trabajo de investigación consistieron básicamente en dos fases.

3.7.1. Fase de Gabinete y Laboratorio

Consistió en recopilar información referida al tema y al área de estudio, la misma fue obtenida de internet, biblioteca y del municipio de Padcaya, con ella se planifico el trabajo de campo y redacción del documento. En laboratorio se procesó las muestras para el secado, cálculo de biomasa y la determinación del área foliar por el método de saca bocados.

3.7.2. Fase de Campo o Instalación del Cultivo

A continuación exponemos las diversas actividades que ejecutamos en el establecimiento del cultivo.

3.7.2.1. Preparación del Terreno

Para el establecimiento de la parcela el terreno se preparó de forma convencional, mediante barbecho y rastreo. Luego de estas labores se procedió a la nivelación y demarcación de la parcela en forma manual, aplicando abono orgánico como el estiércol de vaca y tierra vegetal.

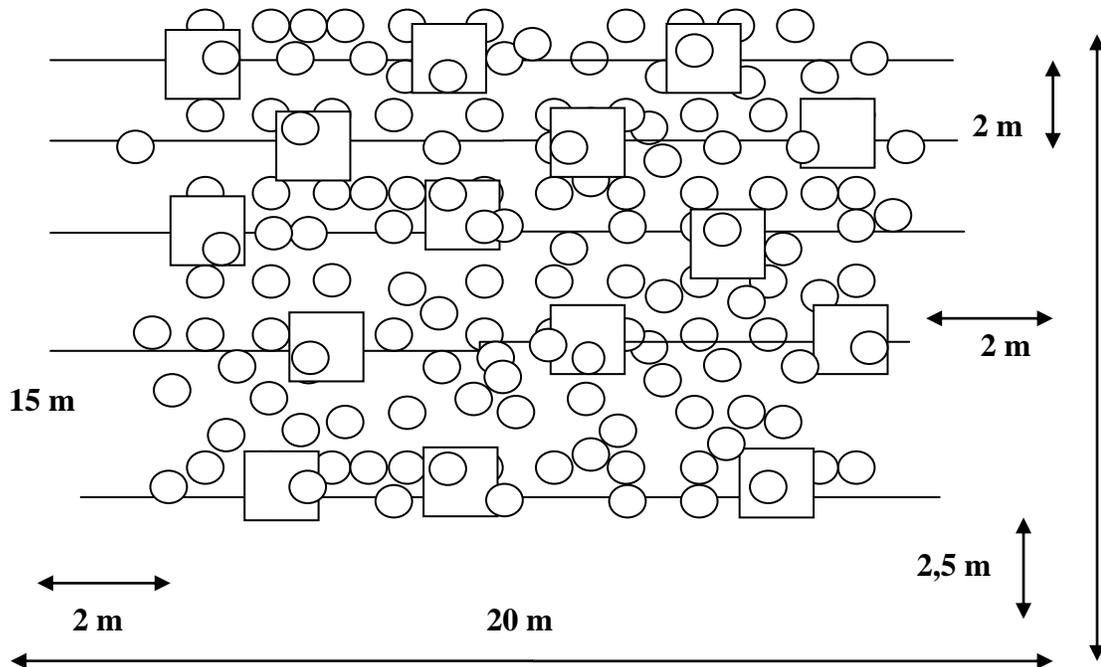
3.7.2.2. Siembra

Con terreno semihumedo, la siembra se realizó al voleo en una parcela de 20 m por 15 m el 28 de Abril del 2013. Durante el periodo de establecimiento, de mayo a julio, la parcela se regó por inundación cada 5 días. El 15 de septiembre se realizó un corte de igualado a 5 cm de altura.

3.8 Muestreo

Se realizó el análisis de crecimiento, efectuando cortes sucesivos a intervalos de catorce días, durante un ciclo de crecimiento de ocho semanas para ello, en cada levantamiento de la información se instalaron cinco transectos a 2 m de distancia entre ellos y dejando 2,5 m a cada lado de la parcela para evitar efectos de borde. Bajo un muestreo sistemático, los transectos se instalaron a una distancia de 4 m, tres parcelas de $0,25 \text{ m}^2$ (es decir un cuadrado metálico de 50 cm de lado, según (Saravia, 1989), haciendo un total para el ensayo 15 parcelas, en ellas se levantó la siguiente información o variables (ver croquis parcela):

3.9. Efecto de borde



3.10 Variables Medidas:

- Número de plantas por muestra.
- Altura de 10 plantas.
- Biomasa total por muestra.
- Área foliar de 10 plantas muestra.
- Peso verde total y por componente de planta.
- Muestra de discos foliares para estimar peso seco foliar.

Con estos datos se determinaron los cambios quincenales en la acumulación de materia seca por hectárea ($\text{kg MS}^{-1} \text{ha}^{-1}$) en las diferentes edades de rebrote. Los incrementos en biomasa total se obtuvieron restando la correspondiente biomasa residual del corte hecho para uniformar a la biomasa cosechada quincenalmente. La tasa de crecimiento (TC) en kg MS ha d^{-1} se calculó con los datos de materia seca

total (hojas y tallos) en las diferentes edades de rebrote, para realizar el modelado y ajuste entre variables medidas se empleó el paquete estadístico curva expert versión 3.1

La TC en kg MS ha⁻¹ se determinó con la siguiente ecuación:

$$TC = \frac{MSPt2 - MSpt1}{T2 - T1};$$

Dónde: MSPt2= Materia seca presente en el tiempo 2; MSPt1= Materia seca presente en el tiempo 1; T2 —T1= número de días transcurridos entre las mediciones.

Del forraje cosechado se tomó una submuestra de aproximadamente 100 gr. La alfalfa se separó en los componentes morfológicos como lo son: hojas tallos y ramas. Luego cada componente se secaron en una estufa a 55 °C durante 48 horas Según (Salazar, 1988).Con lo cual se determinó la constante R de transformación peso verde a peso seco de los componentes.

Posteriormente se pesó y determino su contribución al rendimiento de la pradera.

Con la información obtenida de la composición botánica y morfológica y con base al peso seco de los componentes, se determinó la relación hoja: tallo para alfalfa.

A cada muestra de hojas obtenidas en la composición morfológica se le determinó el área foliar con sacabocados (Rodríguez, 1995). Posteriormente, con los datos de área foliar y la superficie de muestreo (cuadrado de 0.25 m²) se determinó el índice de área foliar, cuyos cambios quincenales se ajustaron con el curva expert. Versión 3.1

Y posteriormente con la información indicada se procedio a calcular los siguientes índices, según Rodríguez (1995).

3.11. La Relación de Área Foliar (LRA, siglas del inglés “leaf área ratio”) es la relación de área foliar y peso total de la planta. Se expresa en m² (hoja) kg⁻¹ (planta).

$$RAF = \frac{\textit{Area foliar total}}{\textit{Peso Seco total}} = \frac{\textit{m}^2}{\textit{gr}}$$

3.12. El Área Foliar Especifica. (SLA, siglas del inglés “specific leaf área”) es la relación de área foliar y peso de hoja. Se expresa en m² (hoja) kg⁻¹ (hoja).

$$AFE = \frac{\textit{Area foliar total}}{\textit{Peso seco foliar total}} = \frac{\textit{dm}^2}{\textit{gr}}$$

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 ÍNDICES DE CRECIMIENTO.

A continuación se muestran los resultados correspondientes al análisis de crecimiento efectuado a los cortes realizados cada 14 días, durante el ciclo de crecimiento de 8 semanas.

4.1.1 Muestreo N°1

Los valores de la primera medición realizados el 15 de septiembre del 2013, cuando las plantas tenían una altura promedio de 42.39cm, donde realizamos un corte de uniformización, nos permiten realizar los primeros cálculos cuyos datos se muestran a continuación:

4.1.1.1 Área Foliar.

AREAS	PESO DE HOJAS	PESO DISCO	DIAMETRO DISCO	AREA FOLIAR cm ²	AREA FOLIAR dm ²
1	211,25	0,00648	1,2	39120,37	391,20
2	172,23	0,00665	1,2	31079,09	310,79
3	186,11	0,00794	1,2	28145,17	281,45

4.1.1.2 Índice de Área Foliar

AREAS	AREA FOLIAR	AREA SUELO m ²	IAF dm ² /m ²
1	391,20	0,25	1564,81
2	310,79	0,25	1243,16
3	281,45	0,25	1125,81

4.1.1.3 Area Foliar Especifica.

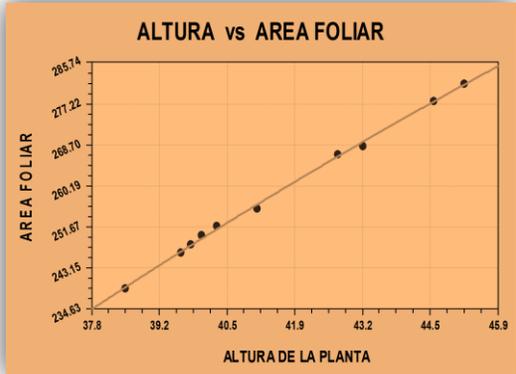
AREAS	AREA FOLIAR TOTAL	PESO SECO FOLIAR TOTAL	AFE dm ² /g
1	391,20	41,49	9,43
2	310,79	33,46	9,29
3	281,45	35,57	7,91

4.1.1.4 Relación del Area Foliar.

AREAS	AREA FOLIAR TOTAL	PESO SECO TOTAL	RAF dm ² /g
1	39,12	82,07	4,77
2	31,08	58,85	5,28
3	28,15	60,71	4,64

4.1.1.5 Generación de Ecuaciones y Graficas Alométricas (Área N° 1).

Se realizó el muestreo en las mismas parcelas a 10 plantas, cuando las mismas tenían una altura promedio de 41.5 cm y relacionando con la variable área foliar, se generaron las ecuaciones y graficas alométricas cuyos datos se muestran a continuación:

Cuadro N° 1 Primer Registro de Variables realizado el 15/09/2013				Grafica N° 1 Relación Altura con Área Foliar por Planta, Modelo Logaritmico	
N°	Altura (cm)	Area Foliar cm2	Peso Seco Hojas (gr.)		
1	40	250,00	0,26		
2	43,2	268,52	0,28		
3	42,7	266,67	0,28		
4	44,6	277,78	0,29		
5	41,1	255,56	0,27		
6	40,3	251,85	0,26		
7	39,6	246,30	0,26		
8	38,5	238,89	0,25		
9	45,2	281,48	0,29		
10	39,8	248,15	0,26		
	415	2585,1	2,71		
	41,5	258,52	0,27		
Cuadro N ° 2 Modelos Alométricos Ajustados Para la Primera Repetición					
N°	MODELO	VAR. DEPENDIENTE	VAR. INDEPENDIENTE	R²	E.S.
1	$Y = -715,07 + 261,41 \ln x$	Area Foliar	Altura	0,999	0,5915
2	$Y = -4292 + 6,2397x$	Area Foliar	Altura	0,999	0,6556

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mayor coeficiente de correlación (R^2), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo logarítmico de mejor ajuste para la altura y el área foliar, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 2 (ecuación N°1). Tomando en cuenta el coeficiente de correlación 0,999 demuestra que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear el mismo para estimar la variable de difícil medición como es el área foliar; la gráfica N° 1 muestra la tendencia del modelo ajustado.

En el cuadro N° 2 (ecuación N°2). Presentamos un modelo de ecuación lineal, que tiene un coeficiente de correlación similar a la anterior ecuación, pero con un mayor error estándar, que de igual manera permite estimar el área foliar con casi la misma precisión que la ecuación anterior.

4.1.1.6. Generación de Ecuaciones y Graficas Alométricas (Área N° 2).

Se realizó el muestreo de 10 plantas, en el área 2, cuando las mismas tenían una altura promedio de 42.41 cm y relacionando con la variable área foliar, se generaron ecuaciones y graficas alométricas cuyos datos se muestran a continuación.

Cuadro N° 3 Primer Registro de Variables realizado el 15/09/2013				Grafica N° 2 Relación Altura con Área Foliar por Planta, Modelo Lineal	
N°	Altura (cm)	Area Foliar cm2	Peso Seco Hojas (gr.)		
1	40,2	243,61	0,26		
2	41,3	250,83	0,27		
3	39,5	240,00	0,26		
4	42,7	259,85	0,22		
5	40,5	245,41	0,28		
6	45,3	274,29	0,26		
7	43,7	265,26	0,29		
8	45,2	274,29	0,29		
9	39,1	238,20	0,29		
10	46,6	283,31	0,26		
	424,1	2575,04	0,30		
	42,41	257,50	0,03		
Cuadro N ° 4 Modelos Alométricos Ajustados Para la Segunda Repetición					
N°	MODELO	VAR. DEPENDENTE	VAR. INDEPENDIENTE	R²	E.S.
1	$Y=1,4507+6,037x$	Area Foliar	Altura	0,999	0,5176

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mayor coeficiente de correlación (R^2), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo lineal de mejor ajuste para la altura y el área foliar, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 3 (ecuación N°1). Tomando en cuenta el coeficiente de correlación 0,999 demuestra que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear el mismo para estimar la variable de difícil medición como es el área foliar; la gráfica N° 2 muestra la tendencia del modelo ajustado.

4.1.1.7. Generación de Ecuaciones y Graficas Alométricas (Area N° 3).

De la misma manera se procedió a la toma de la muestra en la parcela de 10 plantas, cuando las mismas tenían una altura promedio de 43.25 cm y relacionando con la variable área foliar, se generaron las ecuaciones y graficas alométricas cuyos datos se muestran a continuación.

Cuadro N° 5 Primer Registro de Variables realizado el 15/09/2013				Grafica N° 3 Relación Altura con Área Foliar por Planta, Modelo Geométrico Modificado	
N°	Altura (cm)	Area Foliar cm2	Peso Seco Hojas (gr.)		
1	45,2	229,72	0,29		
2	46,5	235,77	0,30		
3	39,8	202,52	0,26		
4	44,5	225,19	0,29		
5	45,3	229,72	0,29		
6	39,6	201,01	0,26		
7	39,9	202,52	0,26		
8	46,1	234,26	0,30		
9	43,4	220,65	0,28		
10	42,2	214,61	0,28		
	432,5	2195,97	2,82		
	43,25	219,60	0,28		
Cuadro N ° 6 Modelos Alométricos Ajustados Para la Tercera Repetición					
N°	MODELO	VAR. DEPENDIENTE	VAR. INDEPENDIENTE	R²	E.S.
1	$Y=841.02x^{-15.401/x}$	Area Foliar	Altura	0.999	0.270
2	$Y =1.6042+5.0415x$	Area Foliar	Altura	0.999	0.277

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mayor coeficiente de correlación (R^2), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo geométrico de mejor ajuste para la altura y el área foliar, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 6 (ecuación N°1). Tomando en cuenta el coeficiente de correlación 0,999 demuestra que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear el mismo para estimar la variable de difícil medición como es el área foliar; la gráfica N° 1 muestra la tendencia del modelo ajustado.

En el cuadro N° 6 (ecuación N°2), presentamos un modelo de ecuación lineal, que tiene un coeficiente de correlación similar a la anterior ecuación, pero con un mayor error estándar, que de igual manera permite estimar el área foliar con casi la misma precisión que la ecuación anterior.

4.1.2 Muestreo N°2

Los valores de la segunda medición realizados el 29 de septiembre del 2013, cuando las plantas tenían una altura promedio de 10.68 cm, nos permiten realizar los siguientes cálculos cuyos datos se muestran a continuación.

4.1.2.1 Área Foliar.

AREAS	PESO HOJA	DE	PESO DISCO	DIAMETRO DISCO	AREA FOLIAR Cm	AREA FOLIAR dm ²
1	104,79		0,00702	1,2	17908,56	179,09
2	98,32		0,00702	1,2	16802,84	168,03
3	91,53		0,00702	1,2	15642,44	156,42

4.1.2.2 Índice de Area Foliar

AREAS	AREA FOLIAR	AREA SUELO m ²	IAF dm ² /m ²
1	179,09	0,25	716,34
2	168,03	0,25	672,11
3	156,42	0,25	625,70

4.1.2.3 Área Foliar Específica

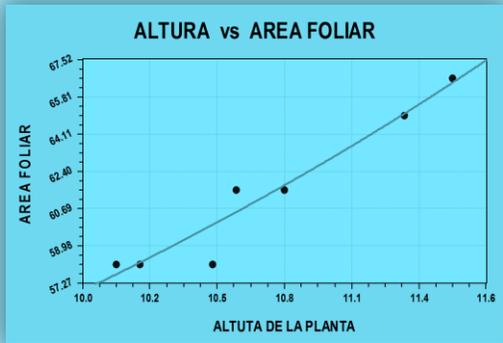
AREAS	AREA FOLIAR TOTAL	PESO SECO FOLIAR TOTAL	AFE dm ² /g
1	179,09	20,58	8,70
2	168,03	19,10	8,80
3	156,42	17,49	8,94

4.1.2.4 Relación del Area Foliar

AREAS	AREA FOLIAR TOTAL	PESO SECO TOTAL	RAF dm ² /g
1	179,09	40,71	4,40
2	168,03	33,60	5,00
3	156,42	29,86	5,24

4.1.2.5 Generación de Ecuaciones y Graficas Alométricas (Área N°1).

Se realizó el muestreo en las mismas parcelas a 10 plantas, cuando las mismas tenían una altura promedio de 10.77 cm y relacionando con la variable área foliar, se generaron ecuaciones y graficas alométricas cuyos datos se muestran a continuación

Cuadro N° 7 Segundo Registro de Variables realizado el 29/09/2013				Grafica N° 4 Relación Altura con Área Foliar por Planta, Modelo Reciproco Lineal	
N°	Altura (cm)	Area Foliar cm2	Peso Seco Hojas (gr.)		
1	10,1	58,12	0,07		
2	10,8	61,54	0,07		
3	10,6	61,54	0,07		
4	10,6	61,54	0,07		
5	11,5	66,67	0,08		
6	10,2	58,12	0,07		
7	10,5	58,12	0,07		
8	11,3	64,96	0,07		
9	11,3	64,96	0,07		
10	10,8	61,54	0,07		
	107,7	617,09	0,70		
	10,77	61,71	0,07		
Cuadro N ° 8 Modelos Alométricos Ajustados Para la Primera Repetición					
N°	MODELO	VAR. DEPENDIENTE	VAR. INDEPENDIENTE	R²	E.S.
1	$Y=1/-0.0016x+0.0338$	Area Foliar	Altura	0.966	0.843
2	$Y = -5.7524+6.26401x$	Area Foliar	Altura	0.963	0.865

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mayor coeficiente de correlación (R^2), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo Recíproco lineal de mejor ajuste para la altura y el área foliar, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 8 (ecuación N°1). Tomando en cuenta el coeficiente de correlación 0,966 demuestra que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear el mismo para estimar la variable de difícil medición como es el área foliar; la gráfica N° 1 muestra la tendencia del modelo ajustado.

En el cuadro N° 6 (ecuación N°2).presentamos una modelo de ecuación lineal, que tiene un coeficiente de correlación similar a la anterior ecuación, pero con un mayor error estándar, que de igual manera permite estimar el área foliar con casi la misma precisión que la ecuación anterior

4.1.2.6. Generación de Ecuaciones y Gráficas Alométricas (Área N°2).

Se realizó el muestreo en las mismas parcelas a 10 plantas, cuando las mismas tenían una altura promedio de 10.55 cm y relacionando con la variable área foliar, se generaron ecuaciones y graficas alométricas cuyos datos se muestran a continuación

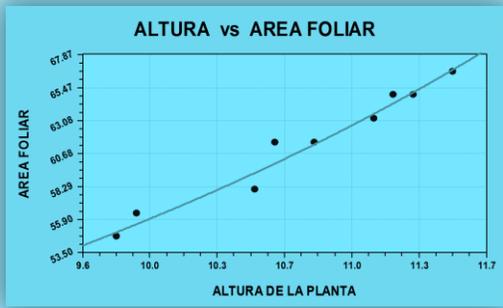
Cuadro N° 9 Segundo registro de Variables realizado el 29/09/2013				Grafica N° 5 Relación Altura con Área Foliar por Planta, Modelo polinomial	
N°	Altura (cm)	Área Foliar cm2	Peso Seco Hojas (gr.)		
1	10,5	59,83	0,07		
2	10,3	59,83	0,07		
3	9,8	54,70	0,06		
4	10,6	61,54	0,07		
5	10,1	58,12	0,07		
6	11,3	64,96	0,07		
7	10,9	61,54	0,07		
8	11,3	64,96	0,07		
9	9,9	56,41	0,06		
10	10,8	61,54	0,07		
	105,5	603,42	0,68		
	10,55	60,34	0,07		
Cuadro N ° 10 Modelos Alométricos Ajustados Para la Segunda Repetición					
N°	MODELO	VAR. DEPENDIENTE	VAR. INDEPENDIENTE	R²	E.S.
1	$Y = -7626.54 + 2164.62x - 203.46x^2 + 6.38x^3$	Area Foliar	Altura	0.992	0.489
2	$Y = -3.8278 + 6.0819x$	Area Foliar	Altura	0.971	0.780

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mayor coeficiente de correlación (R^2), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo polinomial de mejor ajuste para la altura y el área foliar, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 10 (ecuación N°1). Tomando en cuenta el coeficiente de correlación 0,992 demuestra que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear el mismo para estimar la variable de difícil medición como es el área foliar; la gráfica N° 1 muestra la tendencia del modelo ajustado.

En el cuadro N° 10 (ecuación N°2), presentamos un modelo de ecuación lineal, que tiene un coeficiente de correlación similar a la anterior ecuación, pero con un mayor error estándar, que de igual manera permite estimar el área foliar con casi la misma precisión que la ecuación anterior,

4.1.2.7. Generación de Ecuaciones y Gráficas Alométricas (Área N° 3)

Se realizó el muestreo en las mismas parcelas a 10 plantas, cuando las mismas tenían una altura promedio de 10.72 cm y relacionando con la variable área foliar, se generaron ecuaciones y graficas alométricas cuyos datos se muestran a continuación

Cuadro N° 11 Segundo Registro de Variables realizado el 29/09/2013				Grafica N° 6 Relación Altura con Área Foliar por Planta Modelo Reciproco lineal	
N°	Altura (cm)	Area Foliar cm2	Peso Seco Hojas (gr.)		
1	11,3	64,96	0,07		
2	10,6	61,54	0,07		
3	9,9	56,41	0,06		
4	11,1	63,25	0,07		
5	11,2	64,96	0,07		
6	9,8	54,70	0,06		
7	11,5	66,67	0,08		
8	10,5	58,12	0,07		
9	10,8	61,54	0,07		
10	10,5	58,12	0,07		
	107,2	610,26	0,69		
	10,72	61,03	0,07		

Cuadro N ° 12 Modelos Alométricos Ajustados Para la Segunda Repetición

N°	MODELO	VAR. DEPENDENTE	VAR. INDEPENDIENTE	R²	E.S.
1	$Y = 1/-0.0018x + 0.0366$	Area Foliar	Altura	0.977	0.908
2	$Y = -12.521 + 6.8608 x$	Area Foliar	Altura	0.974	0.958

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mayor coeficiente de correlación (R^2), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo Recíproco lineal de mejor ajuste para la altura y el área foliar, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 12 (ecuación N°1). Tomando en cuenta el coeficiente de correlación 0,977 demuestra que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear el mismo para estimar la variable de difícil medición como es el área foliar; la gráfica N° 1 muestra la tendencia del modelo ajustado.

En el cuadro N° 12 (ecuación N°2), presentamos un modelo de ecuación lineal, que tiene un coeficiente de correlación similar a la anterior ecuación, pero con un mayor error estándar, que de igual manera permite estimar el área foliar con casi la misma precisión que la ecuación anterior

4.1.3 Muestreo N° 3

Los valores de la tercera medición realizados el 13 de octubre del 2013, cuando las plantas tenían una altura promedio de 15.74cm, nos permiten realizar los siguientes cálculos cuyos datos se muestran a continuación

4.1.3.1 Área Foliar

AREAS	PESO HOJAS	DE	PESO DISCO	AREA DISCO	DEL	AREA FOLIAR cm	AREA FOLIAR dm ²
1	132,05		0,007021	1,2		22567,29	225,67
2	134,07		0,00702	1,2		22912,50	229,13
3	138,02		0,00702	1,2		23587,56	235,88

4.1.3.2 Índice del Area Foliar

AREAS	AREA FOLIAR	AREA SUELO m ²	IAF dm ² /m ²
1	225,67	0,25	902,69
2	229,13	0,25	916,50
3	235,88	0,25	943,50

4.1.3.3 Área Foliar Específica

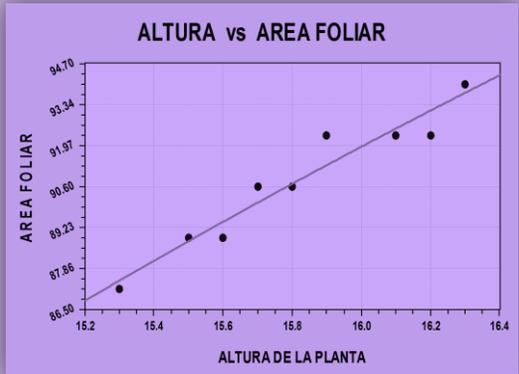
AREAS	AREA FOLIAR TOTAL	PESO SECO FOLIAR TOTAL	AFE dm ² /g
1	225,67	25,93	8,70
2	229,13	26,05	8,80
3	235,88	26,38	8,94

4.1.3.4 Relación de Area Foliar

AREAS	AREA FOLIAR TOTAL	PESO SECO TOTAL	RAF dm ² /g
1	225,67	51,30	4,40
2	229,13	45,81	5,00
3	235,88	45,02	5,24

4.1.3.5. Generación de Ecuaciones y Gráficas Alométricas (Área N° 1).

Se realizó el muestreo en las mismas parcelas a 10 plantas, cuando las mismas tenían una altura promedio de 15.79 cm y relacionando con la variable área foliar, se generaron ecuaciones y graficas alométricas cuyos datos se muestran a continuación.

Cuadro N° 13 Tercer Registro de Variables realizado el 13/10/2013				Grafica N° 7 Relación Altura con Área Foliar por Planta, Modelo Hyperbolico
N°	Altura (cm)	Area Foliar cm2	Peso Seco Hojas (gr.)	
1	15,5	88,89	0,10	
2	15,9	92,31	0,10	
3	15,7	90,60	0,10	
4	15,8	90,60	0,10	
5	16,2	92,31	0,10	
6	15,6	88,89	0,10	
7	16,1	92,31	0,10	
8	16,3	94,02	0,11	
9	15,3	87,18	0,10	
10	15,5	88,89	0,10	
	157,9	905,98	1,03	
	15,79	90,60	0,10	
Cuadro N ° 14 Modelos Alométricos Ajustados Para la Primera Repetición				

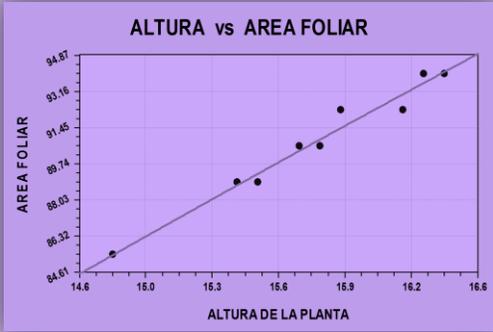
N°	MODELO	VAR. DEPENDIENTE	VAR. INDEPENDIENTE	R ²	E.S.
1	$Y=189.36x^{-1558.95/x}$	Area Foliar	Altura	0.969	0.558
2	$Y = -7.684+6.2224 x$	Area Foliar	Altura	0.967	0.572

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mayor coeficiente de correlación (R^2), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo Hyperbólico de mejor ajuste para la altura y el área foliar, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 14 (ecuación N°1). Tomando en cuenta el coeficiente de correlación 0,969 demuestra que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear el mismo para estimar la variable de difícil medición como es el área foliar; la gráfica N° 1 muestra la tendencia del modelo ajustado.

En el cuadro N° 14 (ecuación N°2), presentamos un modelo de ecuación lineal, que tiene un coeficiente de correlación similar a la anterior ecuación, pero con un mayor error estándar, pero que de igual manera permite estimar el área foliar con casi la misma precisión que la ecuación anterior.

4.1.3.6. Generación de Ecuaciones y Gráficas Alométricas (Área N° 2).

Se realizó el muestreo en las mismas parcelas a 10 plantas, cuando las mismas tenían una altura promedio de 15.78 cm y relacionando con la variable área foliar, se generaron ecuaciones y graficas alométricas cuyos datos se muestran a continuación.

Cuadro N° 15 Tercer Registro de Variables realizado el 13/10/2013				Grafica N° 8 Relación Altura con Área Foliar por Planta Modelo Geométrico modificado	
N°	Altura (cm)	Area Foliar cm2	Peso Seco Hojas (gr.)		
1	15,5	88,89	0,10		
2	15,4	88,89	0,10		
3	14,8	85,47	0,10		
4	15,8	90,60	0,10		
5	15,7	90,60	0,10		
6	16,4	94,02	0,11		
7	16,2	92,31	0,10		
8	16,3	94,02	0,11		
9	15,8	90,60	0,10		
10	15,9	92,31	0,10		
	157,8	907,69	1,03		
	15,78	90,77	0,10		
Cuadro N ° 16 Modelos alométricos ajustados para la Segunda Repetición					
N°	MODELO	VAR. DEPENDENTE	VAR. INDEPENDIENTE	R²	E.S.
1	$Y=392.37x^{-8.3722/x}$	Area Foliar	Altura	0.984	0.489
2	$Y=5.6845+5.3920x$	Area Foliar	Altura	0.984	0.489

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mayor coeficiente de correlación (R^2), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo Geométrico modificado de mejor ajuste para la altura y el área foliar, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 16 (ecuación N°1). Tomando en cuenta el coeficiente de correlación 0,984 demuestra que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear el mismo para estimar la variable de difícil medición como es el área foliar; la gráfica N° 1 muestra la tendencia del modelo ajustado.

En el cuadro N° 16 (ecuación N°2), presentamos un modelo de ecuación lineal, que tiene un coeficiente de correlación similar a la anterior ecuación, pero con un mayor error estándar, que de igual manera permite estimar el área foliar con casi la misma precisión que la ecuación anterior.

4.1.3.7. Generación de Ecuaciones y Gráficas Alométricas (Area N° 3)

Se realizó el muestreo en las mismas parcelas a 10 plantas, cuando las mismas tenían una altura promedio de 15.65cm y relacionando con la variable área foliar, se generaron ecuaciones y graficas alométricas cuyos datos se muestran a continuación.

Cuadro N° 17 Tercer Registro de Variables realizado el 13/010/2013				Grafica N° 9 Relación Altura con Área Foliar por Planta, Modelo polinomial	
N°	Altura (cm)	Area Foliar cm2	Peso Seco Hojas (gr.)		
1	16,2	92,31	0,10		
2	15,9	92,31	0,10		
3	14,9	85,47	0,10		
4	14,9	85,47	0,10		
5	15,3	87,18	0,10		
6	15,6	88,89	0,10		
7	16,1	92,31	0,10		
8	15,7	90,60	0,10		
9	16,1	92,31	0,10		
10	15,8	90,60	0,10		
	156,5	897,44	1,02		
	15,65	89,74	0,10		

Cuadro N ° 18 Modelos Alometricos Ajustados para la Tercera Repeticion

N°	MODELO	VAR. DEPENDENTE	VAR. INDEPENDIENTE	R²	E.S.
1	$Y = -31205.5 - 6023.8x + 388.15x^2 - 8.324x^3$	Area Foliar	Altura	0.992	0.421
2	$Y = -1.2048 + 5.8114x$	Area Foliar	Altura	0.981	0.567

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mayor coeficiente de correlación (R^2), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo polinomial de mejor ajuste para la altura y el área foliar, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 18 (ecuación N°1). Tomando en cuenta el coeficiente de correlación 0,992 demuestra que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear el mismo para estimar la variable de difícil medición como es el área foliar; la gráfica N° 1 muestra la tendencia del modelo ajustado.

En el cuadro N° 18 (ecuación N°2).presentamos una modelo de ecuación lineal, que tiene un coeficiente de correlación similar a la anterior ecuación, pero con un mayor error estándar, que de igual manera permite estimar el área foliar con casi la misma precisión que la ecuación anterior.

4.1.4 Muestreo N°4

Los valores de la cuarta medición realizados el 27 de octubre del 2013, cuando las plantas tenían una altura promedio de 20.78 cm, nos permiten realizar los siguientes cálculos cuyos datos se muestran a continuación:

4.1.4.1 Área Foliar

AREAS	PESO HOJAS	DE	PESO DISCO	AREA DISCO	DEL	AREA FOLIAR cm	AREA FOLIAR dm ²
1	134,23		0,00702	1,2		22939,84	229,40
2	133,88		0,00702	1,2		22880,03	228,80
3	138,23		0,00702	1,2		23623,45	236,23

4.1.4.2 Índice del Area Foliar

AREAS	AREA FOLIAR	AREA SUELO m ²	IAF dm ² /m ²
1	229,40	0,25	917,59
2	228,80	0,25	915,20
3	236,23	0,25	944,94

4.1.4.3 Área Foliar Específica

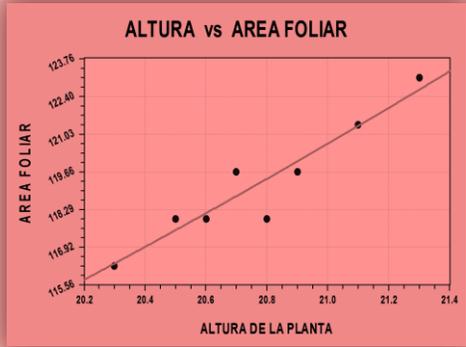
AREAS	AREA FOLIAR TOTAL	PESO SECO FOLIAR TOTAL	AFE dm ² /g
1	229,40	26,36	8,70
2	228,80	26,01	8,80
3	236,23	26,42	8,94

4.1.4.4 Relación del Área Foliar

AREAS	AREA FOLIAR TOTAL	PESO SECO TOTAL	RAF dm ² /g
1	229,40	52,15	4,40
2	228,80	45,75	5,00
3	236,23	45,09	5,24

4.1.4.5. Generación de Ecuaciones y Gráficas Alométricas (Área N°1)

Se realizó el muestreo en el área 1 a 10 plantas, cuando las mismas tenían una altura promedio de 20.7cm y relacionando con la variable área foliar, se generaron ecuaciones y graficas alométricas cuyos datos se muestran a continuación.

Cuadro N° 19 Cuarto Registro de Variables realizado el 27/10/2013				Grafica N° 10 Relación Altura con Área Foliar por Planta, Modelo Reciproco lineal
N°	Altura (cm)	Area Foliar cm2	Peso Seco Hojas (gr.)	
1	20,5	117,95	0,13	
2	20,9	119,66	0,14	
3	20,7	119,66	0,14	
4	20,8	117,95	0,13	
5	21,1	121,37	0,14	
6	20,6	117,95	0,13	
7	21,1	121,37	0,14	
8	21,3	123,08	0,14	
9	20,3	116,24	0,13	
10	20,5	117,95	0,13	
	207,8	1193,16	1,35	
	20,78	119,32	0,14	
Cuadro N ° 20 Modelos Alométricos Ajustados Para la Primera Repetición				

N°	MODELO	VAR. DEPENDIENTE	VAR. INDEPENDIENTE	R ²	E.S.
1	$y = \frac{1}{-0.00044x + 0.0175}$	Area Foliar	Altura	0.953	0.672
2	Y= -11.024+6.2724 x	Area Foliar	Altura	0.951	0.682

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mayor coeficiente de correlación (R²), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo Reciproco lineal de mejor ajuste para la altura y el área foliar, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 20 (ecuación N°1). Tomando en cuenta el coeficiente de correlación 0,953 demuestra que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear el mismo para estimar la variable de difícil medición como es el área foliar; la gráfica N° 1 muestra la tendencia del modelo ajustado.

En el cuadro N° 20 (ecuación N°2).presentamos una modelo de ecuación lineal, que tiene un coeficiente de correlación similar a la anterior ecuación, pero con un mayor error estándar, que de igual manera permite estimar el área foliar con casi la misma precisión que la ecuación anterior.

4.1.4.6. Generación de Ecuaciones y Gráficas Alométricas (Área N° 2)

Se realizó el muestreo en las mismas parcelas a 10 plantas, cuando las mismas tenían una altura promedio de 20.77cm y relacionando con la variable área foliar, se generaron ecuaciones y graficas alométricas cuyos datos se muestran a continuación.

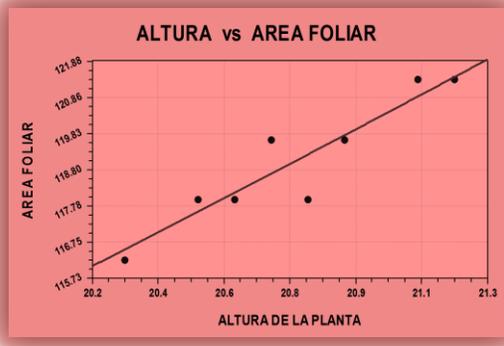
Cuadro N° 21 Cuarto Registro de Variables realizado el 27/10/2013				Grafica N° 11 Relación Altura con Área Foliar por Planta Modelo polinomial	
N°	Altura (cm)	Area Foliar cm2	Peso Seco Hojas (gr.)		
1	20,5	117,95	0,13		
2	20,4	116,24	0,13		
3	20,2	114,53	0,13		
4	20,8	117,95	0,13		
5	21,3	123,08	0,14		
6	21,2	121,37	0,14		
7	20,7	119,66	0,14		
8	20,6	117,95	0,13		
9	20,9	119,66	0,14		
10	21,1	121,37	0,14		
	207,7	1189,74	1,35		
	20,77	118,97	0,13		
Cuadro N° 22 Modelos Alométricos Ajustados para la Segunda Repetición					
N°	MODELO	VAR. DEPENDIENTE	VAR. INDEPENDIENTE	R²	E.S.
1	$Y = -106804.52 + 15429.34x - 742.376x^2 + 11.909x^3$	Area Foliar	Altura	0.973	0.735
2	$Y = -27.178 + 7.0354x$	Area Foliar	Altura	0.960	0.777

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mayor coeficiente de correlación (R^2), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo polinomial de mejor ajuste para la altura y el área foliar, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 22 (ecuación N°1). Tomando en cuenta el coeficiente de correlación 0,974 demuestra que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear el mismo para estimar la variable de difícil medición como es el área foliar; la gráfica N° 1 muestra la tendencia del modelo ajustado.

En el cuadro N° 22 (ecuación N°2), presentamos una modelo de ecuación lineal, que tiene un coeficiente de correlación similar a la anterior ecuación, pero con un mayor error estándar, que de igual manera permite estimar el área foliar con casi la misma precisión que la ecuación anterior.

4.1.4.7. Generación de Ecuaciones y Gráficas Alométricas (Área N° 3).

Se realizó el muestreo en las mismas parcelas a 10 plantas, cuando las mismas tenían una altura promedio de 20.78cm y relacionando con la variable área foliar, se generaron ecuaciones y graficas alométricas cuyos datos se muestran a continuación

Cuadro N° 23 Cuarto Registro de Variables realizado el 27/10/2013				Grafica N° 12 Relación Altura con Área Foliar por Planta, Modelo Logarítmico recíproco	
N°	Altura (cm)	Area Foliar cm2	Peso Seco Hojas (gr.)		
1	21,2	121,37	0,14		
2	20,9	119,66	0,14		
3	20,5	117,95	0,13		
4	20,5	117,95	0,13		
5	20,3	116,24	0,13		
6	20,6	117,95	0,13		
7	21,1	121,37	0,14		
8	20,7	119,66	0,14		
9	21,2	121,37	0,14		
10	20,8	117,95	0,13		
	207,8	1191,45	1,35		
	20,78	119,15	0,14		

Cuadro N ° 24 Modelos Alométricos Ajustados Para la Tercera Repetición

N°	MODELO	VAR. DEPENDIENTE	VAR. INDEPENDIENTE	R²	E.S.
1	$y = \frac{1}{0.0324 - 0.00793 \ln x}$	Area Foliar	Altura	0.944	0.633
2	$Y = 6.5175 + 5.42008 x$	Area Foliar	Altura	0.944	0.633

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mayor coeficiente de correlación (R^2), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo Logarítmico recíproco de mejor ajuste para la altura y el área foliar, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 24 (ecuación N°1). Tomando en cuenta el coeficiente de correlación 0,944 demuestra que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear el mismo para estimar la variable de difícil medición como es el área foliar; la gráfica N° 1 muestra la tendencia del modelo ajustado.

En el cuadro N° 24 (ecuación N°2), presentamos un modelo de ecuación lineal, que tiene un coeficiente de correlación similar a la anterior ecuación, pero con un mayor error estándar, que de igual manera permite estimar el área foliar con casi la misma precisión que la ecuación anterior.

4.1.5 Muestreo N° 5

Los valores de la Quinta medición realizados el 10 de noviembre del 2013, cuando las plantas tenían una altura promedio de 25.87 cm, nos permiten realizar los siguientes cálculos cuyos datos se muestran a continuación.

4.1.5.1 Área Foliar

4.1.5.2 Índice de Área Foliar

AREAS	AREA FOLIAR	AREA SUELO m ²	IAF dm ² /m ²
1	260,66	0,25	1042,62
2	266,54	0,25	1066,14
3	282,00	0,25	1128,01

4.1.5.3 Área Foliar Específica

AREAS	AREA FOLIAR TOTAL	PESO SECO FOLIAR TOTAL	AFE dm ² /g
1	260,66	29,95	8,70
2	266,54	30,30	8,80
3	282,00	31,53	8,94

4.1.5.4 Relación del Area Foliar

AREAS	AREA FOLIAR TOTAL	PESO SECO TOTAL	RAF dm ² /g
1	260,66	59,25	4,40
2	266,54	53,29	5,00
3	282,00	53,83	5,24

4.1.5.5. Generación de Ecuaciones y Graficas Alométricas (Área N° 1)

Se realizó el muestreo en las mismas parcelas a 10 plantas, cuando las mismas tenían una altura promedio de 25.78 cm y relacionando con la variable área foliar, se generaron ecuaciones y graficas alométricas cuyos datos se muestran a continuación.

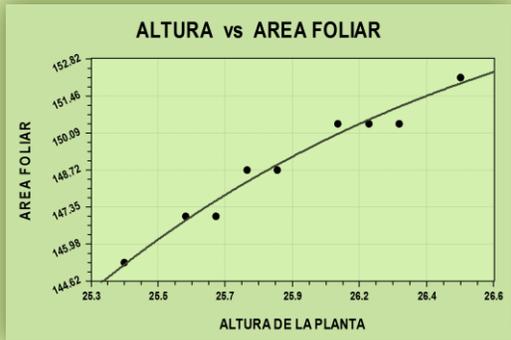
Cuadro N° 25 Quinto Registro de Variables realizado el 10/11/2013				Grafica N° 13 Relación Altura con Área Foliar por Planta Modelo polinomial	
N°	Altura (cm)	Area Foliar cm2	Peso Seco Hojas (gr.)		
1	25,5	145,30	0,16		
2	25,9	148,72	0,17		
3	25,7	147,01	0,17		
4	25,8	148,72	0,17		
5	26,1	150,43	0,17		
6	25,6	147,01	0,17		
7	26,1	150,43	0,17		
8	26,3	150,43	0,17		
9	25,3	145,30	0,16		
10	25,5	147,01	0,17		
	257,8	1480,34	1,68		
	25,78	148,03	0,17		
Cuadro N ° 26 Modelos Alométricos Ajustados Para la Primera Repetición					
N°	MODELO	VAR. DEPENDIENTE	VAR. INDEPENDIENTE	R²	E.S.
1	Y= 196839.3-22927.35x+890.528x2-11.525x3	Area Foliar	Altura	0.969	0.598
2	Y= -6.9310+6.0111 x	Area Foliar	Altura	0.955	0.628

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mayor coeficiente de correlación (R^2), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo polinomial de mejor ajuste para la altura y el área foliar, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 26 (ecuación N°1). Tomando en cuenta el coeficiente de correlación 0,969 demuestra que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear el mismo para estimar la variable de difícil medición como es el área foliar; la gráfica N° 1 muestra la tendencia del modelo ajustado.

En el cuadro N° 26 (ecuación N°2).presentamos un modelo de ecuación lineal, que tiene un coeficiente de correlación similar a la anterior ecuación, pero con un mayor error estándar, que de igual manera permite estimar el área foliar con casi la misma precisión que la ecuación anterior.

4.1.5.6. Generación de Ecuaciones y Gráficas Alométricas (Area N° 2).

Se realizó el muestreo en las mismas parcelas a 10 plantas, cuando las mismas tenían una altura promedio de 25.96 cm y relacionando con la variable área foliar, se generaron ecuaciones y graficas alométricas cuyos datos se muestran a continuación.

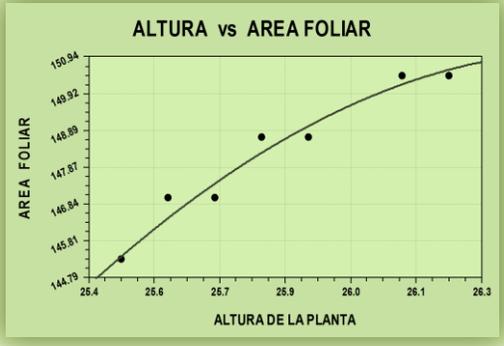
Cuadro N° 27 Quinto Registro de Variables realizado el 10/11/2013				Grafica N° 14 Relación Altura con Área Foliar por Planta Modelo Gompertz	
N°	Altura (cm)	Area Foliar cm2	Peso Sec Hojas (gr.)		
1	26,5	152,14	0,17		
2	25,4	145,30	0,16		
3	26,2	150,43	0,18		
4	25,8	148,72	0,17		
5	26,1	150,43	0,17		
6	26,1	150,43	0,17		
7	25,7	147,01	0,17		
8	25,9	148,72	0,17		
9	25,6	147,01	0,17		
10	26,3	150,43	0,17		
	259,6	1490,60	1,70		
	25,96	149,06	0,17		
Cuadro N ° 28 Modelos Alométricos Ajustados Para la Segunda Repetición					
N°	MODELO	VAR. DEPENDIENTE	VAR. INDEPENDIENTE	R²	E.S.
1	$Y = 157.38e^{-e^{16.38-0.74x}}$	Area Foliar	Altura	0.983	0.436
2	$Y = -7.4141 + 6.0275 x$	Area Foliar	Altura	0.976	0.479

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mayor coeficiente de correlación (R^2), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo Gompertz de mejor ajuste para la altura y el área foliar, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 28 (ecuación N°1). Tomando en cuenta el coeficiente de correlación 0,983 demuestra que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear el mismo para estimar la variable de difícil medición como es el área foliar; la gráfica N° 1 muestra la tendencia del modelo ajustado.

En el cuadro N° 28 (ecuación N°2).presentamos un modelo de ecuación lineal, que tiene un coeficiente de correlación similar a la anterior ecuación, pero con un mayor error estándar, que de igual manera permite estimar el área foliar con casi la misma precisión que la ecuación anterior.

4.1.5.7. Generación de Ecuaciones y Gráficas Alométricas (Área N° 3).

Se realizó el muestreo en las mismas parcelas a 10 plantas, cuando las mismas tenían una altura promedio de 25.78 cm y relacionando con la variable área foliar, se generaron ecuaciones y graficas alométricas cuyos datos se muestran a continuación.

Cuadro N° 29 Quinto Registro de Variables realizado el 10/11/2013				Grafica N° 15 Relación Altura con Área Foliar por Planta, Modelo Gaussian	
N°	Altura (cm)	Area Foliar cm2	Peso Seco Hojas (gr.)		
1	26,1	150,43	0,17		
2	25,9	148,72	0,17		
3	25,5	145,30	0,16		
4	26,1	150,43	0,17		
5	26,2	150,43	0,17		
6	25,7	147,01	0,17		
7	25,7	147,01	0,17		
8	25,8	148,72	0,17		
9	25,6	147,01	0,17		
10	26,2	150,43	0,17		
	258,8	1485,47	1,69		
	25,88	148,55	0,17		
Cuadro N ° 30 Modelos Alométricos Ajustados para la Tercera Repetición					
N°	MODELO	VAR. DEPENDIENTE	VAR. INDEPENDIENTE	R²	E.S.
1	$Y = 151.11e^{-\frac{(x-26.5)^2}{2 \cdot 3.6^2}}$	Área Foliar	Altura	0.9823	0.398
2	$Y = -35.598 + 7.1154 x$	Área Foliar	Altura	0.9730	0.460

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mayor coeficiente de correlación (R^2), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo Gaussian de mejor ajuste para la altura y el área foliar, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 30 (ecuación N°1). Tomando en cuenta el coeficiente de correlación 0,989 demuestra que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear el mismo para estimar la variable de difícil medición como es el área foliar; la gráfica N° 1 muestra la tendencia del modelo ajustado.

En el cuadro N° 30 (ecuación N°2).presentamos una modelo de ecuación lineal, que tiene un coeficiente de correlación similar a la anterior ecuación, pero con un mayor error estándar, que de igual manera permite estimar el área foliar con casi la misma precisión que la ecuación anterior.

4.1.5.8. Tasa de Crecimiento

Cuadro N° 31 Tasa de Crecimiento

TASA DE CRECIMIENTO					
TASA DE CRECIMIENTO (29/09/13 al 13/10/13)					
	PESO 2	PESO 1	TIEMPO	TCA	TC Kg/ha/dia
1	277,31	215,17	14	4,44	62,57
2	290,69	209,22	14	5,82	82,03
3	285,78	196,98	14	6,34	89,41
			X	5,53	78,00
TASA DE CRECIMIENTO (14/10/13 al 27/10/13)					
	PESO 3	PESO 2	TIEMPO	TCA	
1	296,4	277,31	14	1,36	19,22
2	294,06	290,69	14	0,24	3,39
3	303,55	285,78	14	1,27	17,89
			X	0,96	13,50
TASA DE CRECIMIENTO (27/10/13 al 10/11/13)					
	PESO 4	PESO 3	TIEMPO	TCA	
1	337,35	296,4	14	2,93	41,23
2	340,98	294,06	14	3,35	47,24
3	353,82	303,55	14	3,59	50,61
			X	3,29	46,36

Grafica N° 16:



La grafica nos muestra que la mayor tasa de crecimiento se registra en la primera fase después del corte de uniformización que se realizó a la parcela de alfalfa, en el mes de octubre con 78 kg/ha/d. Posteriormente se reduce a finales de noviembre a 13.5 Kg/ha/d. Para luego volver a subir en el mes de noviembre a 46.36 Kg/ha/d.

4.2. PRODUCCIÓN DE BIOMASA FORRAJERA EN VERDE Y SECO

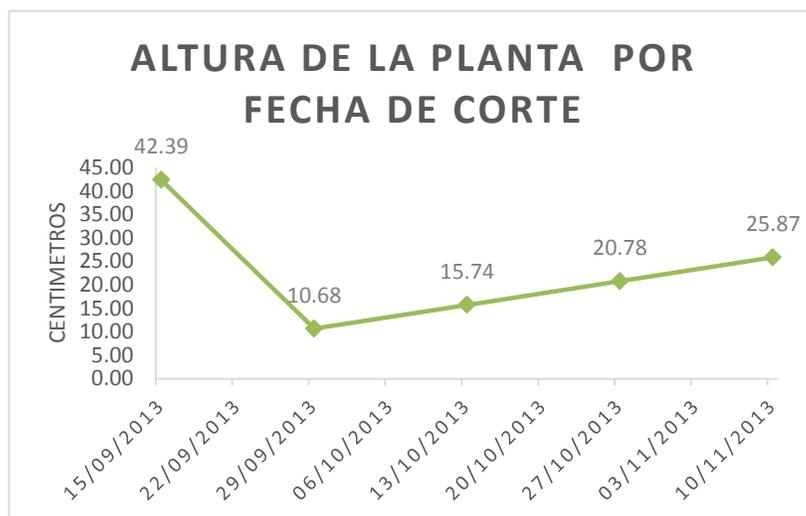
4.2.1 Altura de la Planta

En la toma de datos se realizaron 5 cortes, en los meses de septiembre y noviembre, el primer corte (corte de uniformización) con una altura de 42.39 cm. En promedio la mayor altura que se obtuvo en el corte número 5 con una altura de 25.87 cm.

Cuadro N° 32. Altura de la Planta por Corte

ALTURAS DE LA PLANTA POR FECHAS DE CORTE					
Nº	15/09/2013	29/09/2013	13/10/2013	27/10/2013	10/11/2013
1	40	10,1	15,5	20,5	25,5
2	43,2	10,8	15,9	20,9	25,9
3	42,7	10,6	15,7	20,7	25,7
4	44,6	10,6	15,8	20,8	25,8
5	41,1	11,5	16,2	21,1	26,1
6	40,3	10,2	15,6	20,6	25,6
7	39,6	10,5	16,1	21,1	26,1
8	38,5	11,3	16,3	21,3	26,3
9	45,2	11,3	15,3	20,3	25,3
10	39,8	10,8	15,5	20,5	25,5
11	40,2	10,5	15,5	20,5	26,5
12	41,3	10,3	15,4	20,4	25,4
13	39,5	9,8	14,8	20,2	26,2
14	42,7	10,6	15,8	20,8	25,8
15	40,5	10,1	15,7	21,3	26,1
16	45,3	11,3	16,4	21,2	26,1
17	43,7	10,9	16,2	20,7	25,7
18	45,2	11,3	16,3	20,6	25,9
19	39,1	9,9	15,8	20,9	25,6
20	46,6	10,8	15,9	21,1	26,3
21	45,2	11,3	16,2	21,2	26,1
22	46,5	10,6	15,9	20,9	25,9
23	39,8	9,9	14,9	20,5	25,5
24	44,5	11,1	14,9	20,5	26,1
25	45,3	11,2	15,3	20,3	26,2
26	39,6	9,8	15,6	20,6	25,7
27	39,9	11,5	16,1	21,1	25,7
28	46,1	10,5	15,7	20,7	25,8
29	43,4	10,8	16,1	21,2	25,6
30	42,2	10,5	15,8	20,8	26,2
̄	42,39	10,68	15,74	20,78	25,87

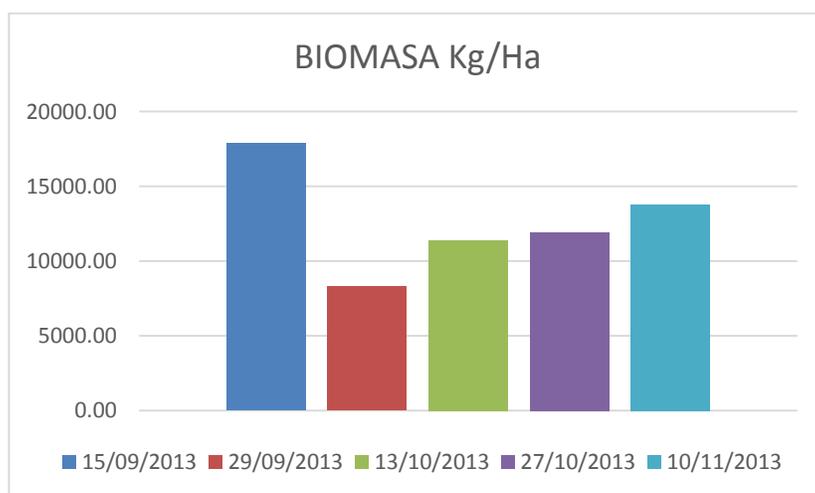
Figura N° 17. Altura de la Planta por Corte



4.2.2 Producción de Alfalfa.

La producción promedio de alfalfa en el primer corte (uniformización) fue de 17.8 ton/ha, el mejor volumen se lo obtuvo en el corte realizado en noviembre con 13.7 ton/ha. El promedio más bajo se lo obtuvo en el corte 2 con 8.3 ton/ha (grafica 37).

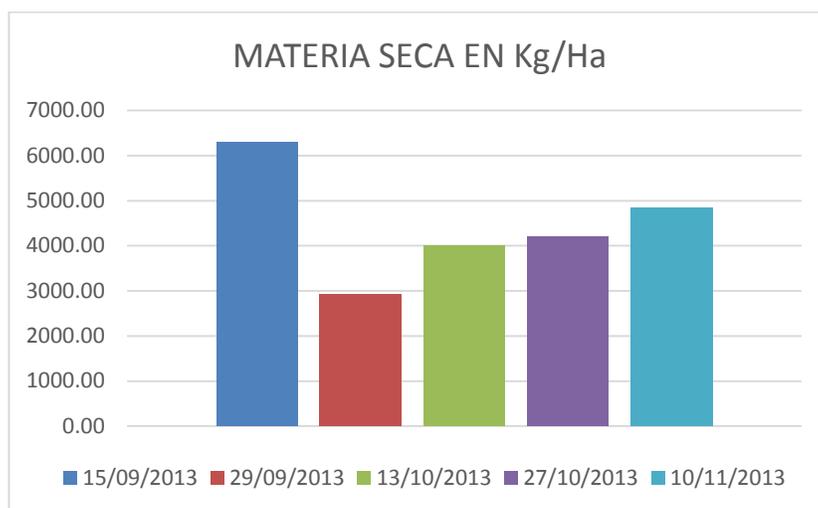
Cuadro N° 33 Producción de Biomasa por Fechas de Corte.



4.2.3 Contenido de Materia Seca.

El mayor porcentaje de materia seca se logró en noviembre con 4.850,65 Kg/ha, el corte de septiembre presento el volumen más bajo con 2.920,16 Kg/ha.

Cuadro N° 34 Producción de Materia Seca por Fechas de Corte



4.3. MODELOS ALOMETRICOS

4.3.1. Muestreo 1

Cuadro N° 35

Primer Registro de Variables Obtenidas en 30 Plantas Muestreadas el 15/09/13

N°	Altura (Cm)	Biomasa (g)	Materia Seca (g)
1	40	2,76	0,49
2	43,2	2,97	0,52
3	42,7	2,94	0,52
4	44,6	3,07	0,54
5	41,1	2,83	0,50
6	40,3	2,78	0,49
7	39,6	2,72	0,48
8	38,5	2,65	0,47
9	45,2	3,11	0,55
10	39,8	2,74	0,48
11	40,2	2,77	0,49
12	41,3	2,84	0,50
13	39,5	2,72	0,44
14	42,7	2,94	0,52
15	40,5	2,79	0,49
16	45,3	3,11	0,55
17	43,7	3,01	0,53
18	45,2	3,11	0,55
19	39,1	2,69	0,47
20	46,6	3,21	0,56
21	45,2	3,11	0,55
22	46,5	3,2	0,56
23	39,8	2,74	0,48
24	44,5	3,06	0,54
25	45,3	3,11	0,55
26	39,6	2,73	0,48
27	39,9	2,75	0,48
28	46,1	3,17	0,56
29	43,4	2,99	0,53
30	42,2	2,9	0,51

La correlación entre la biomasa húmeda, la biomasa seca y la altura de la planta obtenida con 30 ejemplares, permite un ajuste polinomial y cuadrático respectivamente con mejores coeficientes de regresión.

Cuadro N° 36

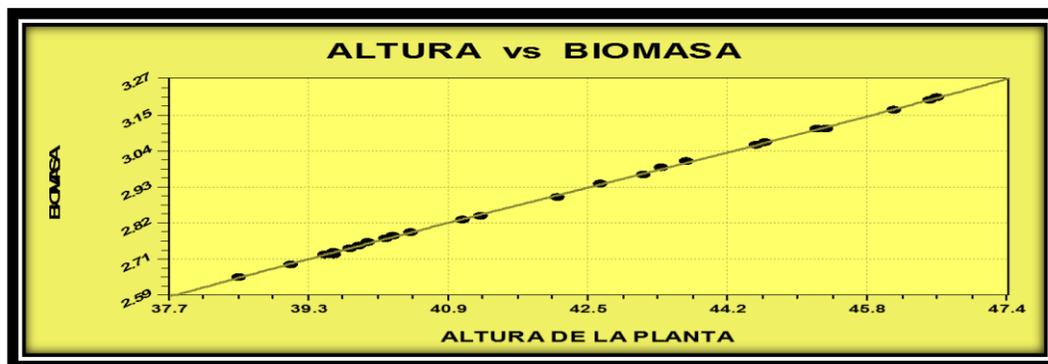
Modelos Alométricos Mejor Ajustados

N°	VAR. DEPENDIENTE	MODELO	VAR. INDEPENDIENTE	R ²	E.S.
1	Biomasa	$Y = -7.9310 + 0.6629x - 0.0131x^2 + 0.00102x^3$	Altura	0.999	0.00032
2	Materia seca	$Y = 1 / (8.3857 - 0.2547x + 0.00242x^2)$	Altura	0.976	0.00749

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mejor coeficiente de regresión (R²), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo polinomial de mejor ajuste para la altura y la biomasa húmeda, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 40 (ecuación N°1). Para la altura y materia seca el modelo cuadrático es el de mejor ajuste con el mejor coeficiente, se encuentran en el cuadro N° 40 (ecuación N°2). Los coeficientes de 0.999 y 0.976, nos demuestran que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear las mismas para estimar la variable de difícil medición como es la biomasa y materia seca; las gráficas N° 18 y N° 19 muestran las tendencias de los modelos ajustados.

Gráfica N° 18

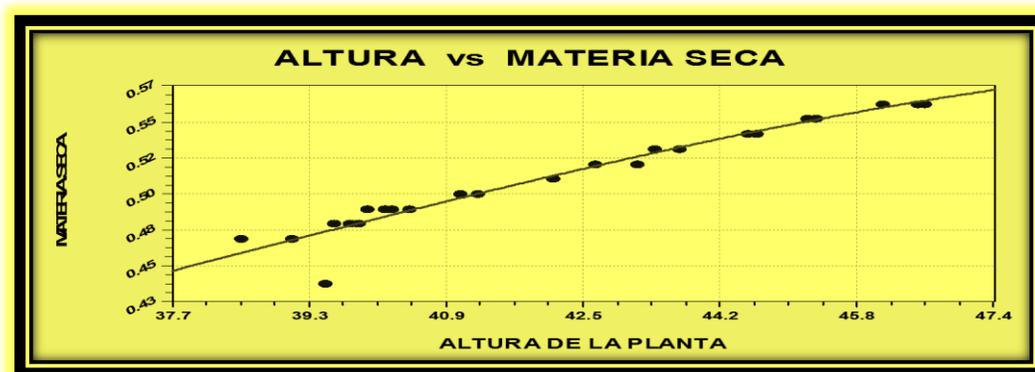
Relación Altura con Biomasa por Planta, Modelo Polinomial.



La relación entre la altura y la Biomasa se explica de mejor manera con el modelo polinomial con un R^2 de 0.999 valor confiable para estimar la variable dependiente materia seca, el error estándar es bajo de 0.00032, acrecentando la confiabilidad en su uso.

Gráfica N° 19

Relación Altura con Materia Seca por Planta, Modelo Recíproco Cuadrático



La relación entre la altura y materia seca se explica de mejor manera con este modelo **Recíproco Cuadrática**, con un R^2 de 0.976 valor confiable para estimar la variable dependiente biomasa, el error estándar también se presenta muy bajo de 0.00749, dándonos alta confiabilidad para su uso.

4.3.2. Muestreo 2

Cuadro N° 37

Segundo Registro de Variables Obtenidas en 30 Plantas Muestreadas en el
29/09/13

N°	Altura (Cm)	Biomasa (g)	Materia Seca (g)
1	10,1	0,69	0,12
2	10,8	0,74	0,13
3	10,6	0,73	0,13
4	10,6	0,73	0,13
5	11,5	0,8	0,14
6	10,2	0,7	0,12
7	10,5	0,71	0,12
8	11,3	0,77	0,14
9	11,3	0,77	0,14
10	10,8	0,74	0,13
11	10,5	0,72	0,13
12	10,3	0,71	0,12
13	9,8	0,67	0,12
14	10,6	0,73	0,13
15	10,1	0,7	0,12
16	11,3	0,77	0,14
17	10,9	0,74	0,13
18	11,3	0,77	0,14
19	9,9	0,68	0,12
20	10,8	0,74	0,13
21	11,3	0,77	0,14
22	10,6	0,73	0,13
23	9,9	0,68	0,12
24	11,1	0,76	0,13
25	11,2	0,77	0,14
26	9,8	0,67	0,12
27	11,5	0,8	0,14
28	10,5	0,71	0,12
29	10,8	0,74	0,13
30	10,5	0,71	0,12

La correlación entre la biomasa húmeda, la biomasa seca y la altura de la planta obtenida con 30 ejemplares, permite un ajuste polinomial respectivamente con mejores coeficientes de regresión.

Cuadro N° 38

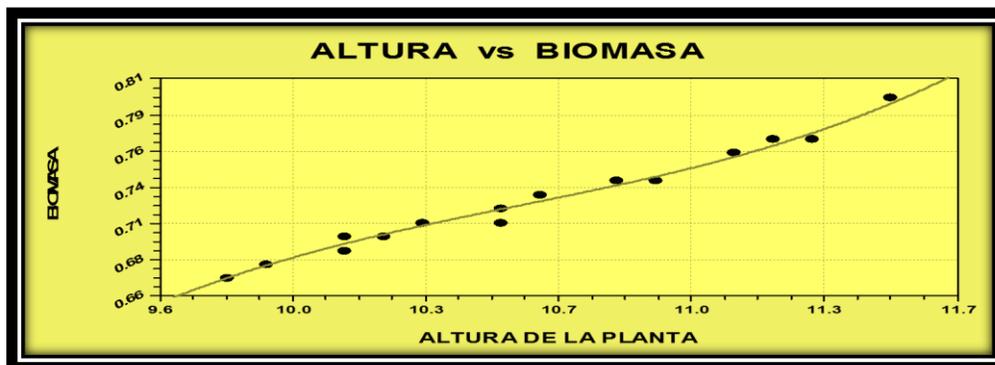
Modelos Alométricos Mejor Ajustados

N°	VAR. DEPENDIENTE	MODELO	VAR. INDEPENDIENTE	R ²	E.S.
1	Biomasa	$Y = -26.376 + 7.5916x - 0.71414x^2 + 0.0225x^3$	Altura	0.991	0.0049
2	Materia seca	$Y = 67.509 - 25.678x + 3.662x^2 - 0.231x^3 + 0.00549x^4$	Altura	0.978	0.0014

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mejor coeficiente de regresión (R²), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo polinomial de mejor ajuste para la altura y la biomasa húmeda, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 42 (ecuación N°1). Para la altura y materia seca el modelo polinomial es el de mejor ajuste con el mejor coeficiente, se encuentran en el cuadro N° 42 (ecuación N°2). Los coeficientes de 0.991 y 0.978, nos demuestran que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear las mismas para estimar la variable de difícil medición como es la biomasa y materia seca; las gráficas N° 20 y N° 21 muestran las tendencias de los modelos ajustados.

Gráfica N° 20

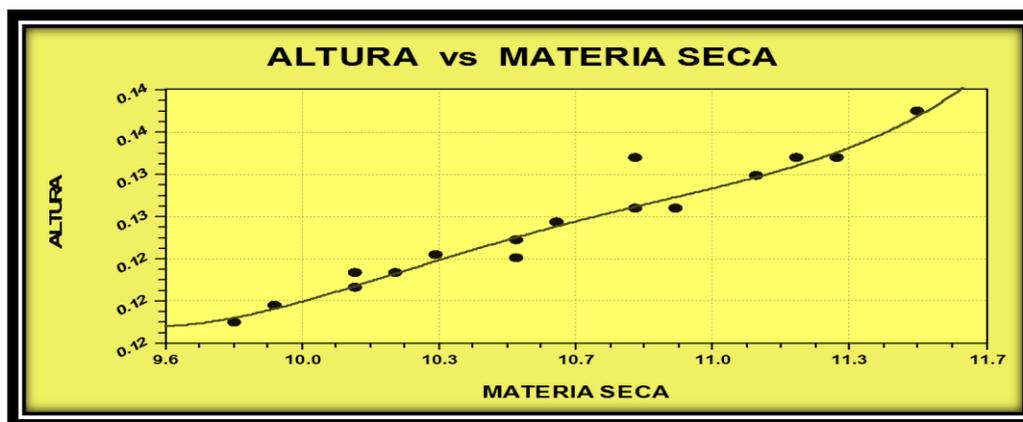
Relación Altura con Biomasa por Planta, Modelo Polinomial



La relación entre la altura y la Biomasa se explica de mejor manera con el modelo Polinomial, con un R^2 de 0.991 valor confiable para estimar la variable dependiente materia seca, el error estándar es bajo de 0.0049, acrecentando la confiabilidad en su uso.

Gráfica N° 21

Relación Altura con Materia Seca por Planta, Modelo Polinomial



La relación entre la altura y materia seca se explica de mejor manera con este modelo **polinomial**, con un R^2 de 0.978 valor confiable para estimar la variable dependiente biomasa, el error estándar también se presenta muy bajo de 0.0014, dándonos alta confiabilidad para su uso.

4.3.3. Muestreo N°3

Cuadro N° 39

Tercer Registro de Variables Obtenidas en 30 Plantas Muestreadas el 13/10/13

N°	Altura (Cm)	Biomasa (g)	Marteria Seca (g)
1	15,5	1,07	0,19
2	15,9	1,1	0,19
3	15,7	1,08	0,19
4	15,8	1,09	0,19
5	16,2	1,11	0,20
6	15,6	1,07	0,19
7	16,1	1,11	0,20
8	16,3	1,12	0,20
9	15,3	1,05	0,18
10	15,5	1,07	0,19
11	15,5	1,07	0,19
12	15,4	1,06	0,19
13	14,8	1,02	0,18
14	15,8	1,09	0,19
15	15,7	1,08	0,19
16	16,4	1,13	0,20
17	16,2	1,11	0,20
18	16,3	1,12	0,20
19	15,8	1,09	0,19
20	15,9	1,1	0,19
21	16,2	1,11	0,20
22	15,9	1,1	0,19
23	14,9	1,03	0,18
24	14,9	1,03	0,18
25	15,3	1,05	0,18
26	15,6	1,07	0,19
27	16,1	1,11	0,20
28	15,7	1,08	0,19
29	16,1	1,11	0,20
30	15,8	1,09	0,19

La correlación entre la biomasa húmeda, la biomasa seca y la altura de la planta obtenida con 30 ejemplares, permite un ajuste sinusoidal y polinomial respectivamente con mejores coeficientes de regresión.

Cuadro N° 40

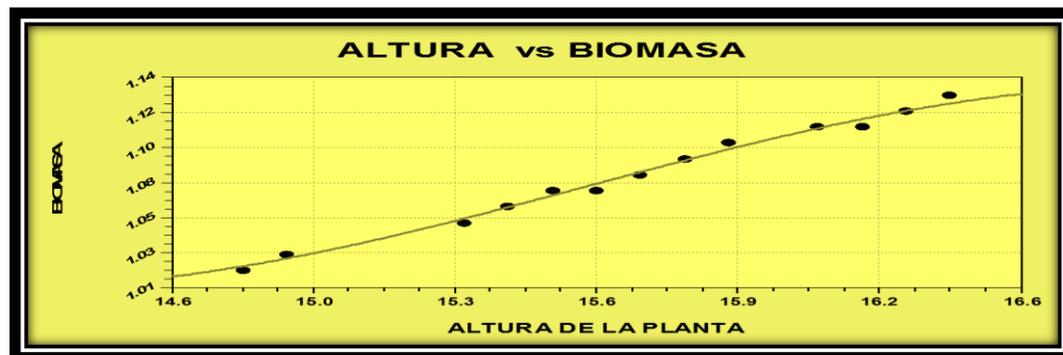
Modelos Alométricos Mejor Ajustados

N°	VAR. DEPENDIENTE	MODELO	VAR. INDEPENDIENTE	R ²	E.S.
1	Biomasa	$Y=1.0725+0.0636\cos(1.162x+11.746)$	Altura	0.994	0.0031
2	Materia seca	$Y=275.11-69790x+6.6377x^2-0.2803x^3+0.0044x^4$	Altura	0.994	0.994

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mejor coeficiente de regresión (R²), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo sinusoidal fit de mejor ajuste para la altura y la biomasa húmeda, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N°44 (ecuación N°1). Para la altura y materia seca el modelo polinomial es el de mejor ajuste con el mejor coeficiente, se encuentran en el cuadro N° 44 (ecuación N°2). Los coeficientes de 0.994 y 0.994, nos demuestran que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear las mismas para estimar la variable de difícil medición como es la biomasa y materia seca; las gráficas N° 22 y N° 23 muestran las tendencias de los modelos ajustados.

Gráfica N° 22

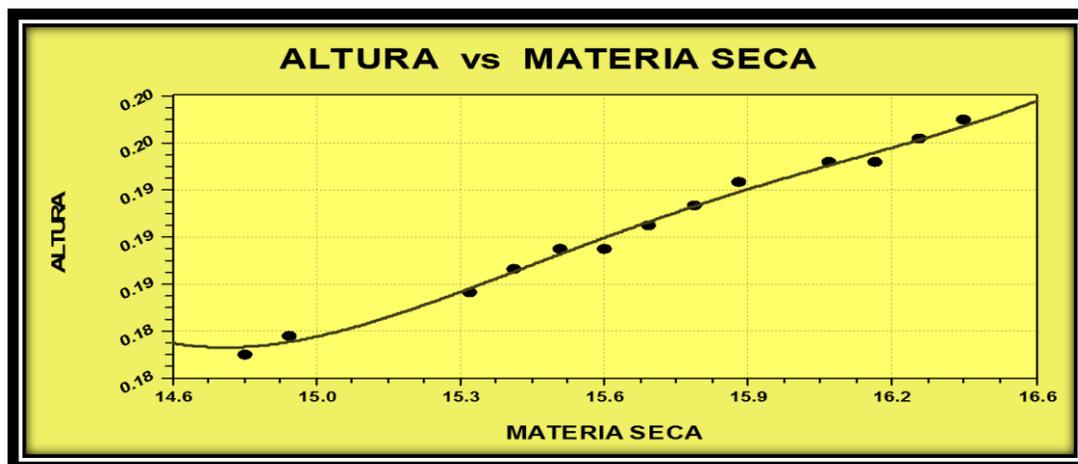
Relación Altura con Biomasa por Planta, Modelo sinusoidal



La relación entre la altura y la Biomasa se explica de mejor manera con el modelo **sinusoidal** con un R^2 0.994 de valor confiable para estimar la variable dependiente materia seca, el error estándar de 0.00057 es bajo, acrecentando la confiabilidad en su uso

Gráfica N° 23

Relación Altura con Materia Seca por Planta, Modelo Polinomial



La relación entre la altura y materia seca se explica de mejor manera con este modelo polinomial con un R^2 de 0.0978 valor confiable para estimar la variable dependiente biomasa, el error estándar también se presenta muy bajo de 0.0009, dándonos alta confiabilidad para su uso.

4.3.4. Muestreo N°4

Cuadro N° 41

Cuarto Registro de Variables Obtenidas en 30 Plantas Muestreadas el 27/10/13

N°	Altura (Cm)	Biomasa (g)	Marteria Seca (g)
1	20,5	1,41	0,25
2	20,9	1,44	0,25
3	20,7	1,43	0,25
4	20,8	1,42	0,25
5	21,1	1,45	0,26
6	20,6	1,41	0,25
7	21,1	1,45	0,26
8	21,3	1,47	0,26
9	20,3	1,39	0,24
10	20,5	1,41	0,25
11	20,5	1,41	0,25
12	20,4	1,39	0,24
13	20,2	1,38	0,24
14	20,8	1,42	0,25
15	21,3	1,47	0,26
16	21,2	1,46	0,26
17	20,7	1,43	0,25
18	20,6	1,41	0,25
19	20,9	1,44	0,25
20	21,1	1,45	0,26
21	21,2	1,46	0,26
22	20,9	1,43	0,25
23	20,5	1,41	0,25
24	20,5	1,41	0,25
25	20,3	1,39	0,24
26	20,6	1,41	0,25
27	21,1	1,45	0,26
28	20,7	1,43	0,25
29	21,2	1,46	0,26
30	20,8	1,42	0,25

La correlación entre la biomasa húmeda, la biomasa seca y la altura de la planta obtenida con 30 ejemplares, permite un ajuste polinomial respectivamente con mejores coeficientes de regresión

Cuadro N° 42

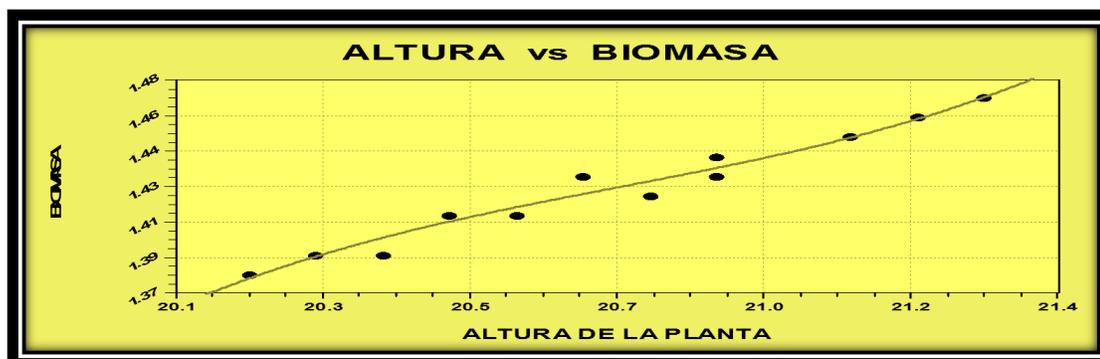
Modelos Alometricos Mejor Ajustados

N°	VAR. DEPENDIENTE	MODELO	VAR. INDEPENDIENTE	R ²	E.S.
1	Biomasa	$Y = -548.229 + 79.3345x - 3.8200x^2 + 0.0613x^3$	Altura	0.981	0.0051
2	Materia seca	$Y = -405.23 + 740639x - 5.142x^2 + 0.1571x^3 - 0.0017x^4$	Altura	0.978	0.0009

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mejor coeficiente de regresión (R²), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo polinomial de mejor ajuste para la altura y la biomasa húmeda, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 46 (ecuación N°1). Para la altura y materia seca el modelo polinomial es el de mejor ajuste con el mejor coeficiente, se encuentran en el cuadro N° 46 (ecuación N°2). Los coeficientes de 0.981 y 0.978, nos demuestran que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear las mismas para estimar la variable de difícil medición como es la biomasa y materia seca; las gráficas N° 24 y N° 25 muestran las tendencias de los modelos ajustados.

Gráfica N° 24

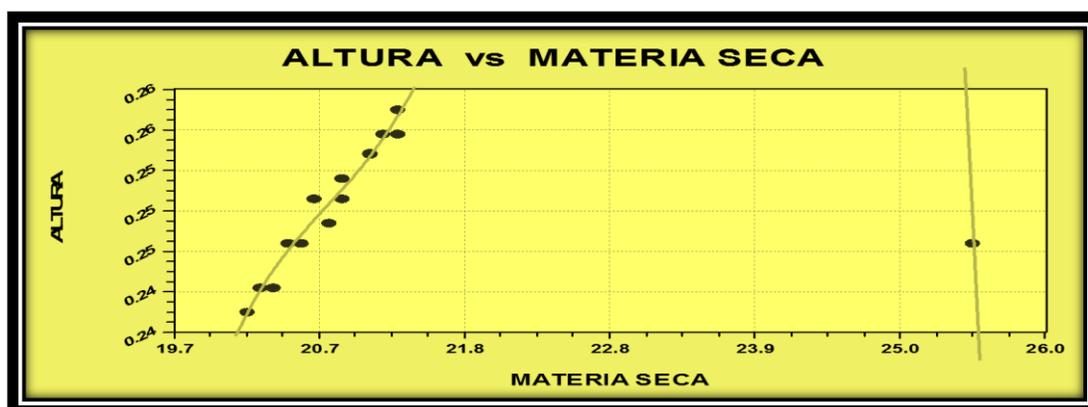
Relación Altura con Biomasa por Planta, Modelo Polinomial



La relación entre la altura y la Biomasa se explica de mejor manera con el modelo Polinomial con un R^2 0.981 de valor confiable para estimar la variable dependiente materia seca, el error estándar de 0.00510 es bajo, acrecentando la confiabilidad en su uso

Gráfica N° 25

Relación Altura con Materia Seca por Planta, Modelo Polinomial



La relación entre la altura y materia seca se explica de mejor manera con este modelo polinomial con un R^2 de 0.978 valor confiable para estimar la variable dependiente biomasa, el error estándar también se presenta muy bajo de 0.0009, dándonos alta confiabilidad para su uso.

4.3.5. Muestreo N° 5

Cuadro N° 43

Quinto Registro de Variables Obtenidas en 30 Plantas Muestreadas el 10/11/13

N°	Altura (Cm)	Biomasa (g)	Marteria Seca (g)
1	25,5	1,74	0,31
2	25,9	1,78	0,31
3	25,7	1,76	0,31
4	25,8	1,78	0,31
5	26,1	1,8	0,32
6	25,6	1,76	0,31
7	26,1	1,8	0,32
8	26,3	1,81	0,32
9	25,3	1,74	0,31
10	25,5	1,75	0,31
11	26,5	1,82	0,32
12	25,4	1,74	0,31
13	26,2	1,8	0,32
14	25,8	1,78	0,31
15	26,1	1,8	0,32
16	26,1	1,8	0,32
17	25,7	1,76	0,31
18	25,9	1,78	0,31
19	25,6	1,76	0,31
20	26,3	1,81	0,32
21	26,1	1,8	0,32
22	25,9	1,78	0,31
23	25,5	1,74	0,31
24	26,1	1,8	0,32
25	26,2	1,8	0,32
26	25,7	1,76	0,31
27	25,7	1,76	0,31
28	25,8	1,78	0,31
29	25,6	1,76	0,31
30	26,2	1,8	0,32

La correlación entre la biomasa húmeda, la biomasa seca y la altura de la planta obtenida con 30 ejemplares, permite un ajuste polinomial y sinusoidal respectivamente con mejores coeficientes de regresión

Cuadro N° 44

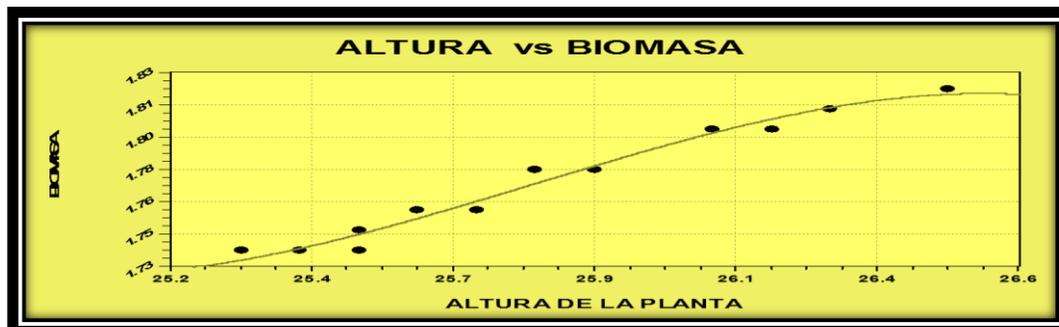
Modelos Alométricos Mejor Ajustados

N°	VAR. DEPENDIENTE	MODELO	VAR. INDEPENDIENTE	R ²	E.S.
1	Biomasa	$Y=859.8329-99.9717x+3.8791x^2+0.0501x^3$	Altura	0.983	0.0045
2	Materia seca	$Y=-123.56+14.292x-14.29x^2+0.0078x^3$	Altura	0.456	0.0044

De acuerdo al menor error estándar (E.S.) y el mejor coeficiente de regresión (R²), se eligieron los mejores modelos alométricos, resultando el modelo polinomial de mejor ajuste para la altura y la biomasa húmeda, cuyo modelo y coeficientes se encuentran en el cuadro N° 48 (ecuación N°1). Para la altura y materia seca el modelo sinusoidal es el de mejor ajuste con el mejor coeficiente, se encuentran en el cuadro N° 48 (ecuación N°2). Los coeficientes de 0.983 y 0.456, nos demuestran que existe elevada relación entre las variables correlacionadas y que es posible emplear las mismas para estimar la variable de difícil medición como es la biomasa y materia seca; las gráficas N° 26 y N° 27 muestran las tendencias de los modelos ajustados.

Gráfica N° 26

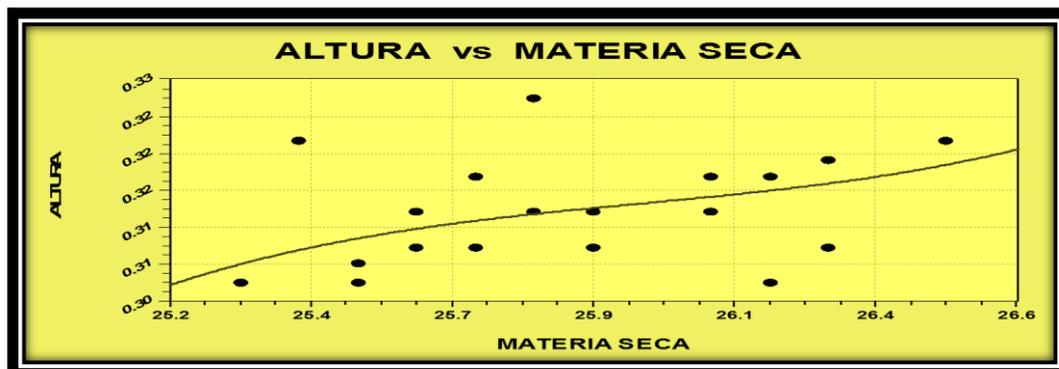
Relación Altura con Biomasa por Planta, Modelo Polinomial



La relación entre la altura y la Biomasa se explica de mejor manera con el modelo **polinomial** con un R^2 0.983 de valor confiable para estimar la variable dependiente materia seca, el error estándar de 0.00456 es bajo, acrecentando la confiabilidad en su uso.

Gráfica N° 27

Relación Altura con Materia Seca por Planta, Polinomial



La relación entre la altura y materia seca se explica de mejor manera con este modelo polinomial con un R^2 de 0.456 valor confiable para estimar la variable dependiente biomasa, el error estándar también se presenta muy bajo de 0.0044, dándonos alta confiabilidad para su uso.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

.El área foliar ha sido posible determinar por el método empleado, se observó el incremento del área foliar a partir del primer muestreo con un promedio de 167.85 dm² alcanzando el máximo valor a los 70 días en el último muestreo con 269.73 dm².

El índice de área foliar aumento considerablemente en los 70 días desde 671.38 dm²/m² del primer muestreo a 178.92 dm²/m² del ultimo muestreo con una diferencia de 407.54 dm/ m².

En el segundo muestreo con un conjunto de datos de 10 plantas, con tres repeticiones, con una altura de 10,68 cm. se realizó el ajuste, los modelos alométricos polinomiales, fueron los que mejor se ajustaron a las variables relacionadas, es decir altura con área foliar.

En el tercer muestreo, con una altura de 15,74 cm. se realizó el ajuste, los modelos alométricos geométricos e hiperbólicos, fueron los que mejor relacionaron las variables indicadas anteriormente, pero si analizamos el error estándar (E.S.) y el coeficiente de correlación (R^2) en comparación con el modelo lineal, no existe diferencias significativas, por lo que se puede usar el modelo lineal para el cálculo del área foliar.

En el quinto muestreo, con una altura de 25.87 cm. se realizó el ajuste, los modelos sigmoidales, fueron los que mejor relacionaron las variables indicadas anteriormente, pero si analizamos el error estándar (E.S.) y el coeficiente de correlación (R^2) en comparación con el modelo lineal, no existe diferencias significativas, por lo que se puede usar el modelo lineal para el cálculo del área foliar.

La mayor tasa de crecimiento se registra en la primera fase, después del corte de uniformización en el mes de octubre con 78 kg/ha/d.

Para la correlación de la altura y la biomasa y tomando en cuenta el menor error estándar (E.S.) y el mejor coeficiente de correlación (R^2), los mejores modelos alométricos fueron el polinomial y Para la altura y materia seca el modelo cuadrático y sinusoidal, dio el mejor ajuste y es posible emplear las mismas o los modelos lineales establecidos para estimar la variable de difícil medición como es la biomasa y materia seca

Es posible el empleo de los modelos alométricos encontrados, para estimar las diferentes variables del crecimiento, evitando el uso de métodos destructivos de plantas, ya que los coeficientes de estimación presentan valores confiables

5.2. RECOMENDACIONES.

Debido a las bondades y precisión de estos modelos se recomienda emplear esta metodología para realizar el análisis de crecimiento de otros cultivos del departamento de Tarija, por obtenerse de manera confiable los índices de crecimiento.

Realizar otros estudios en alfalfa, verificando mediciones a intervalos menores de tiempo, para ampliar el cálculo de más índices fisiológicos del crecimiento y profundizar el conocimiento del comportamiento del cultivo en la zona de estudio y planificar de mejor manera su aprovechamiento.

Realizar estudios de respuesta del cultivo ante condiciones ambientales modificadas como estrés hídrico y fertilización empleando los índices fisiológicos determinados en el presente estudio.