

**Influencia del método de siembra sobre la curva de crecimiento del
Pennisetum purpureum vs King grass en la Amazonía Ecuatoriana
Influence of planting method on growth curve of *Pennisetum purpureum* cv
King Grass in the Ecuadorian Amazon**

Ismael Leonard, Julio César Vargas Burgos, Hernán Uvidia, Verena Torres,
Marco Andino, Diocles Benítez

Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador.

Resumen

El trabajo se realizó en la Estación de investigaciones de pastos y forrajes del CIPCA perteneciente a la Universidad Estatal Amazónica. Se realizó análisis de regresión entre las variables altura (y: variables dependiente) y la edad (x: variable independiente) del pasto *Pennisetum purpureum* cv King grass y el efecto del sistema de siembra en el establecimiento, sobre dos parcelas de 20 m² en un suelo inceptisol. La preparación del suelo, se realizó manualmente y consistió solo en chapea del área, previo se había efectuado un análisis de suelo. Las estacas seleccionadas, con cuatro nudos fueron colocadas a 5 cm de profundidad, a 25 cm de distancias de narigón y a 70 cm de camellón. A los 19 días de edad se midió la germinación, se observaron diferencias en el porcentaje donde el método inclinado presento el mayor porcentaje 100%, al cosechar ambas parcelas resulto que la siembra inclinada rindió 9,23 tn/h de materia seca contra 5,06 para la siembra acostada. Valores obtenidos para un corte sin la utilización de fertilizantes ni pesticida. Partiendo de las mediciones semanales de la altura se realizaron las curvas de crecimientos la Tasa de Crecimientos, así como las de regresión lineal y cuadrática.

Palabras claves: Tasas de crecimiento, sistema de siembra, altura del pasto.

Abstract

The work was performed at the Research Station of pasture and forage CIPCA belonging to the Amazon State University. And age (x: regression analysis between the variables height (dependent variable y): was made independent variable grass *Pennisetum purpureum* cv King grass and the effect of planting system on site, on two plots of 20 m² on a floor Inceptisol. land preparation is done manually and consisted only veneered area prior had done a soil test.

selected stakes, with four knots were placed at 5 cm deep , 25 cm distance between plants and 70 cm between rows . at 19 days of age germination was measured differences in the% where the sloping method had the highest percentage 100%, I turned both plots reap the inclined seed yields 9.23 t / h were observed dry matter lying against 5.06 for planting. values obtained for a cut without the use of fertilizers or pesticides. Based on weekly measurements of height growth curves rate growths were performed and the linear regression quadratic. Key words: Growth rates , planting system , grass height.

Introducción

La especie *Pennisetum purpureum*, en la mayoría de los países donde se cultiva, se alcanzan rendimientos anuales por encima de los obtenidos en otras gramíneas, incluso, de porte similar y en igualdad de condiciones. Estudios realizados en king grass por Herrera y Ramos (1990) informan rendimientos anuales de MS, que oscilaron entre 20 y 28 t /ha/año, superiores a otras variedades como napier y enano (14 a 16 t /ha/año). Estas propiedades le conceden vital importancia para la alimentación animal, por los altos volúmenes de biomasa logrados en tiempos relativamente cortos, así como la posibilidad de utilizarlos varias veces en el año, potencial que podría ayudar a disminuir la frontera agrícola en las condiciones de la Amazonia ecuatoriana.

El conocimiento de las curvas de crecimiento de diferentes variedades que son de interés para la ganadería constituye unas herramientas

Introduction

The annual yields of the species *Pennisetum purpureum* achieved in most countries where it is grown are over those obtained with other grasses, even with similar size and same conditions. Studies in king grass conducted by Herrera and Ramos (1990) report annual DM yields ranging between 20 and 28 t/ha/year, higher than other varieties such as napier and nano grass (14 to 16 t/ha/year). These properties grant vital importance for animal feed thanks to high volumes of biomass achieved in a relatively short time, and the possibility to use them several times a year could potentially help reduce the agricultural frontier in the Ecuadorian Amazon conditions.

The knowledge of the growth curves of different interesting varieties to livestock is a major research and decision-making tool. Their proper use can generate and implement programs to help identify para-

importantes para la investigación y para la toma de decisiones. El uso adecuado de ellas puede generar e implementar programas que ayuden a identificar parámetros de interés económico y productivo Agudelo *et al.*, 2007 y Santana et al., 2010, que permitan aumentar la eficiencia y productividad de este sector. En Cuba, Martínez et al., 2010 describieron la curva de acumulación de biomasa del king grass. Posteriormente Rodríguez *et al.*, 2011 ajusta el modelo de Gompertz para estudiar el comportamiento del rendimiento acumulado de materia seca y la altura en el período lluvioso también en Cuba.

Sin embargo, no llegaron a determinar su ritmo de crecimiento, edad a la que se alcanzó el punto de inflexión y momento adecuado para el aprovechamiento del forraje. Actualmente son muchas las fincas y ganaderos en la Amazonia ecuatoriana que tienen el King grass como pasto en sus áreas fundamentalmente para corte aunque algunos ya lo pastorean o soguean, pero sin conocimiento de la edad fisiológica de utilización de este cultivar.

Los objetivos de este trabajo fueron:

1. Evaluar dos métodos de siembra del *Pennisetum purpureum* cv King Grass
2. Estimar las tasas de crecimen-

eters of economic and productive interest Agudelo *et al.*, 2007 and Santana et al., 2010; it allows increasing efficiency and productivity in this sector. In Cuba, Martínez *et al.*, 2010 described the biomass accumulation curve of king grass. Subsequently, Rodríguez *et al.*, 2011 adjusts the Gompertz model to study the behavior of the cumulative dry matter yield and the height in the rainy season also in Cuba.

However, they could not determine their growth rate, the age at which the turning point was achieved and the right time to use fodder. Currently, there are many farms and farmers in the Ecuadorian Amazon using the King grass as pasture in their areas, mainly to cut, though some of them already graze or roping, but without knowing its physiological age of use.

The objectives of this study were:

1. To evaluate two sowing methods of *Pennisetum purpureum* cv King Grass.
2. To estimate the *Pennisetum purpureum* cv King Grass growth rates.
3. To select the model that best fits the cumulative growth of *Penni-*

to *Pennisetum purpureum* cv King Grass

3. Seleccionar el modelo que mejor ajuste el crecimiento acumulado de *Pennisetum purpureum* cv King Grass

4. Determinar el momento adecuado para el aprovechamiento en pastoreo, sogueo o corte del área en las actuales condiciones de la amazonia Ecuatoriana

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la Estación de Investigación de Pastos y Forrajes en el Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) de la Universidad Estatal Amazónica, ubicado en el km. 44 vía Puyo - Tena, Cantón Carlos Julio Arosemena Tola, provincia de Napo. Geográficamente se encuentra con las siguientes coordenadas: 01 ° 14" 4,105 " Latitud Sur y 77 ° 53 " 4,27 "" Longitud Oeste, a una altura de 584 msnm.

Se sembraron dos parcelas de 5 x 4 metros de *Pennisetum purpureum* vc. king grass a una distancia de 70 cm entre calles y 25 centímetros entre estacas, según los métodos de siembra: a 45 grados de inclinación (King grass 45) y acostada (King grass 0), ambas parcelas se sembraron el 12 de Junio del 2013.

Las mediciones de la altura se comenzaron en ambas parcelas a los 19

setum purpureum cv King Grass.

4. To determine the right time to harvest in grazing, roping or cutting the area under the current conditions of the Ecuadorian Amazon.

Materials and methods

The research was conducted at the Research Station of Pastures and Furrows in the Post-graduate Research and Amazon Conservation Center (CIPCA) of the Amazon State University, located at km. 44 via Puyo - Tena, Carlos Julio Arosemena Tola Canton, Napo province. It is geographically located at the following coordinates: -1.234474° Latitude and -77.884519° Longitude at an altitude of 584 masl.

Two plots of 5 x 4 meters were sowed with *Pennisetum purpureum* cv king grass at a distance of 70 cm between rows and 25 cm between plants according to the planting methods, at 45 degree slope (King grass 45) and lying (King grass 0), both plots were sown on June 12, 2013.

The height measurements started in both plots at 19 days and since then they were measured weekly up to 100 days in a net area of 16 m². In that moment a leveling cut was performed and all the green

días de edad y a partir de ese momento se midieron de forma semanal hasta llegar a los 100 días en un área neta de 16 m². En ese momento se realizó el corte de igualación y se cosechó todo el material verde. Se realizó análisis de regresión entre las variables altura (variables dependiente) y la edad (variable independiente). Se ajustaron modelos de regresión lineales y cuadráticos y se utilizaron los criterios: análisis de varianza de la regresión, coeficientes de determinación (R^2) y significación del modelo para analizar la bondad de ajuste de dichos modelos. Se utilizó el software estadístico Infostat V1 para el procesamiento de los datos.

Condiciones Agrometeorológicas.

El clima del territorio se clasifica como tropical húmedo (Holdridge 1979), con precipitaciones que oscilan desde 4000 a 5000 mm. Año. La temperatura promedio fue 24°C a alturas que varían entre 443 a 1137 msnm.

En el cuadro 1 se presenta el comportamiento, mensual de las variables del clima durante el período del tiempo que se condujo el estudio. Estos datos fueron registrados utilizando una estación meteorológica inalámbrica; modelo: WH-1081PC, con batería recargable mediante panel solar, frecuencia de 433 MHz, con un alcance de 100 m en el sitio del experimento.

material was harvested

d. A regression analysis between the height (dependent variables) and age (independent variable) variables was performed.

Linear regression and quadratic models were adjusted and the following criteria were used: analysis of regression variance, coefficients of determination (R^2) and significance of the model to analyze the effectiveness of adjustment of these models. V1 Infostat statistical software was used for data processing.

Meteorological Conditions

The territory climate is classified as humid tropical (Holdridge 1979), with rainfall from 4000 to 5000 mm/year. The average temperature was 24° C at altitudes ranging from 443-1137 m.

In Table 1 the monthly behavior of climate variables is shown during the period of time the study was conducted. These data were recorded using a wireless weather station Model WH-1081PC, with rechargeable battery by solar panel, frequency of 433 MHz, with a range of 100 m at the site of the experiment.

Mes	Estadígrafo	Humedad a la intemperie (%)	Temperatura afuera (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Punto de rocío (°C)	Precipitación a la semana (mm)	Precipitación total (mm)
Junio	Media	85,48	23,66	0,18	20,79	58,76	300,49
	DS	3,19	0,68	0,37	0,15	8,94	41,71
Julio	Media	84,71	22,79	0,28	19,78	95,21	612,36
	DS	1,41	0,00	0,78	0,28	8,70	302,50
Agosto	Media	81,37	23,14	0,29	19,37	21,08	809,59
	DS	0,71	1,27	0,21	1,13	53,67	36,49
Septiembre	Media	76,89	24,35	0,28	19,46	0,00	814,20
	DS	21,84	6,68	0,29	0,80	0,00	0,00

Suelo - El suelo se clasificó como Inseptisol subtipo Flavaquentic Eutrudepts,

Resultados y Discusión

Para la parcela que se sembró a 45 grados de inclinación hubo un prendimiento del 100 % superior al obtenido por Andino *et al.*, 2013 para el King grass morado quien reporta un 96 % en condiciones de suelo y ecología similares a la de este trabajo con retoños entre 4 y 5 plantas por estacas. La parcela que se sembró acostada el prendimiento fue del 95% y solo tuvo de 3 y 4 retoños por estacas.

A los 100 días se realiza el corte de igualación y se pesa todo el material de la parcela total, eliminando el efecto de borde se cosecharon 16 metros cuadrado de cada parcela. En la parcela sembrada a 45 grados de inclinación el peso fresco resulto 50.20 tn/ha de masa verde, la siembra acostada rindió 27.53 tn/ha al analizar el porcentaje de materia seca en ambas resulto similar 18.4, de manera

Results and Discussion

The plot seeded at 45 degrees showed an arrest of 100% higher than that obtained for the purple King grass by Andino *et al.*, 2013, who reports 96% of soil and ecology conditions similar to this work, with sprouts between 4 and 5. In the case of the plants grown with supporting sticks, in the plot seeded at 0 degrees the arrest was 95% and only had 3 and 4 sprouts from cuttings.

After 100 days, the leveling cut is performed and all the plot material was weighted, 16 square meters of each plot were harvested in the plot planted at 45 degrees after eliminating the edge effect, the fresh weight of green mass resulted 50.20 ton/ha, the 0 degrees planting yielded 27.53 ton/ha. In analyzing the percentage of dry matter both resulted to be 18.4. Therefore, planting at 45 degrees

que la siembra a 45 grados de inclinación tuvo rendimiento de 9.23 th/ha de materia seca y la acostada 5.06 th/ha. Todo esto en el primer corte y sin fertilización ni pesticidas. El hombre a más de los métodos naturales para propagar vegetativamente las gramíneas utiliza otros como: la estaca, caña y corona.

El método por cañas comprende el tallo entero, despuntada desprovisto de hojas de la gramínea; se tira la caña al fondo del surco y se tapa con tierra. En la parte aérea de cada nudo emitirá nuevas plantas y en la interna, raíces (Flores 1986).

Para Ramos *et al.*, 1979., en el pasto King Grass (*Pennisetum purpureum* X *Pennisetumtyphoides*) es aconsejable utilizar material vegetativo de la parte central del tallo, obteniendo mejores resultados en cuanto a calidad y germinación.

achieved a yield 9.23 ton/ha of dry matter and the 0 degrees planting achieved a yield 5.06 toh/ha. This was achieved in the first cut without fertilizer or pesticides. Men use other natural methods to propagate vegetatively other grasses used as stake, crown and cane.

The method comprises the entire stem, devoid of grass leaves; cane is thrown to the bottom of the groove strip and covered with soil. The aerial part of each node will grow new domestic plants and the areal part will grow roots (Flores 1986)

For Ramos *et al.*, 1979, it is advisable to use vegetative material from the central part of the stem in King Grass pasture (*Pennisetum purpureum* X *Pennisetumtyphoides*), obtaining better results in terms of quality and germination.



Foto 1. King gras sembrado con Angulo de 45 grados.

En la foto 1 y 2 siembra inclinada foto 1 y acostada 2, podemos observar el porcentaje de germinación y retoño de ambas parcelas.

Photo 1 shows King grass sowed at 45 degrees and photo 2 shows 0 degree sowing; the percentage of germination and sprout of both plots can be observed.



Foto 2. Siembra o grado.

En la tabla 3, se presentan los modelos cuadráticos ajustados, que fueron los de mejores resultados para cada uno de los métodos. Ambos modelos tuvieron altos coeficientes de determinación y alta significación estadística ($P < 0.001$), en el análisis de la regresión ajustada.

The adjusted quadratic models, which gave better results for each of the methods, are presented in Table 3. Both models had high coefficients of determination and high statistical significance ($P < 0.001$) in the adjusted regression analysis.

Especie	a	B	c	R2	Sign
King grass 45	66,92	-1,21	0,03	0,99	***
EE (\pm)	12,7	0,48	0,004		
King grass 0	35,58	-0.55	0,02	0,99	***
EE (\pm)	11,04	0,42	0,004		

En la Figura 1 y 2 se presentan de forma gráfica el comportamiento de las alturas (Y) vs edad(X) para las mediciones del King grass a partir del nacimiento hasta los 100 días para la

In Figures 1 and 2, the behavior of the heights (Y) vs. age (X) for the measurements of King grass are presented graphically, from birth to 100 days, for sowed at 45 degrees and

siembra inclinada en ángulo de 45 grados y acostada en ecosistemas amazónicos.

El modelo cuadrático ajustado resultó el mejor (tabla 3), para cada uno de los métodos de siembra. Ambos modelos tuvieron altos coeficientes de determinación y altas significaciones en el análisis de regresión ($P < 0.001$)

Como podemos observar estas curvas responden a la definida por (Voisin, 1974) “un principio fundamental: la agricultura es la ciencia de las condiciones locales” Curva de Crecimiento en teoría es como una curva normal y dependiendo de qué forraje se hable puedes tener una variación entre el tiempo y la altura. De aquí la importancia de conocer el comportamiento de este cultivar en las condiciones de la Amazonia ecuatoriana.

at 0 degrees in Amazonian ecosystems.

The adjusted quadratic model resulted to be the best (Table 3) for each of the planting methods. Both models had high coefficients of determination and high meanings in the regression analysis ($P < 0.001$).

As we can see, these curves correspond to the one defined by (Voisin, 1974) “a fundamental principle: Agriculture is the science of local conditions” The growth curve is theoretically like a normal curve and, depending on the type of furrow, a variation between time and height can arise. Hence, it is important to understand the behavior of this crop in the conditions of the Ecuadorian Amazon.

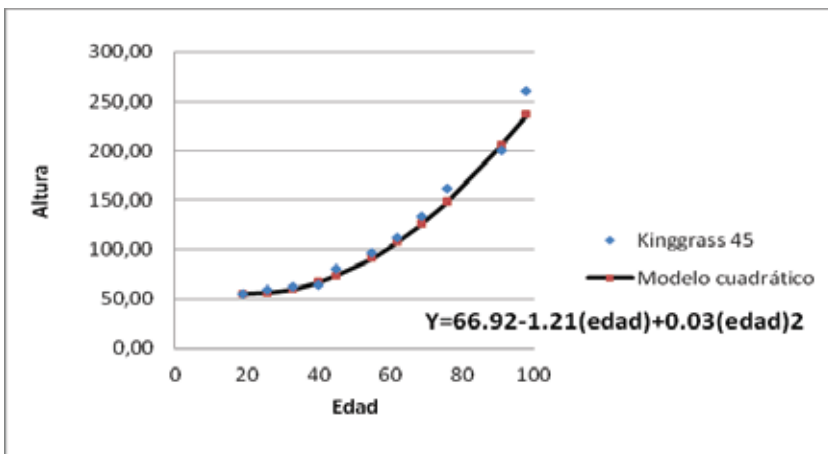


Figura 1. Comportamiento de la altura vs la edad de rebrote para el King grass 45, en Ecosistemas amazónicos.

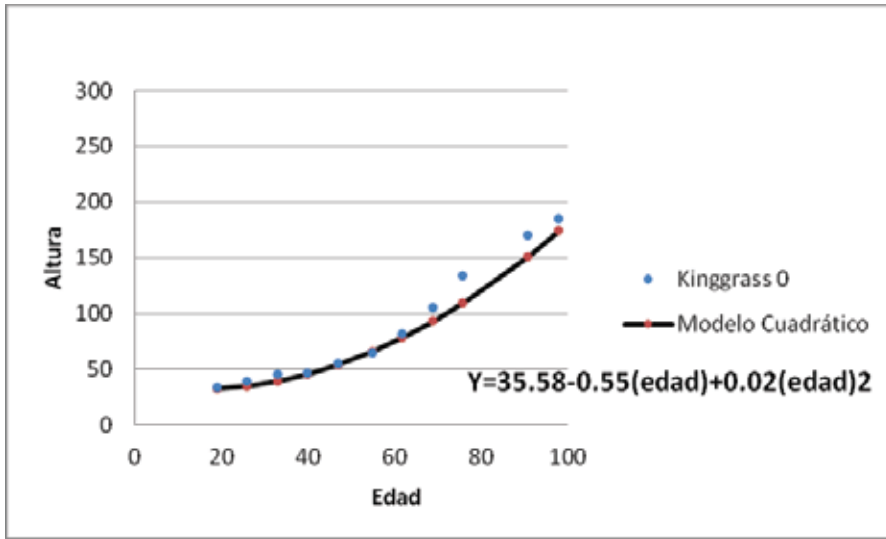


Figura 2. Comportamiento de la altura vs la edad de rebrote para el King grass 0, en el Ecosistemas amazónicos.

Es importante señalar que aunque para ambos métodos de siembra el modelo de ajuste fue el mismo, los coeficientes de regresión varían y que mientras en el King grass sembrado con un ángulo de inclinación de 45° o, las mayores alturas estuvieron a los 250 cms en el King grass acostado sólo se alcanzó una altura de 185 cms. El cambio de velocidad en la altura se alcanza a los 40 días en el sembrado con ángulo de inclinación y a los 27,5 días en el acostado, mientras que las velocidades de crecimiento fueron 66.9 y 35.6 respectivamente.

La siembra y establecimiento de los pastos de gramíneas constituye una tarea de primer orden en la mejora de las praderas tropicales. Ya que la vida útil y productiva de un pasto comienza con la siembra o plantación, si esta se realiza con calidad se garantizan poblaciones adecuadas, que

It is important to underline that, although the adjustment model was the same for both methods of sowing, the regression coefficients vary and while the King grass sowed with an inclination angle of 45° had higher heights of 250 cm, in King grass 0 the grass height reached was 185 cm. The change in height velocity is reached in 40 days with 45° sowing and 27.5 days in 0°, while growth rates were 66.9 and 35.6 respectively.

Planting and establishing pasture grasses is a top priority task in improving tropical pastures. Since the useful and productive life of a pasture starts with sowing or planting, if the same is done appropriately quality stocks, able to help decrease the time of establishment and sustainability of pasture, are guaranteed. On the contrary, poor planting grass often does not grow and when it occurs, it

permiten disminuir el tiempo de establecimiento y perdurabilidad del pastizal. Por el contrario, con siembra deficiente, en muchas ocasiones el pasto no llega a establecerse y de hacerlo necesita tiempo muy prolongado que conspira con el uso de la tierra. Lo anterior, disminuye la vida útil, lo que conspira con la rentabilidad de los sistemas ganaderos. Padilla *et al.*, 2006

En general se puede asegurar que la siembra inclinada muestra mayores ventajas que la acostada sobre todo para el porcentaje de retoño y la velocidad de crecimiento según puede comprobarse en ambas ecuaciones. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Rodríguez *et al.*, 2013 cuando recomendó evaluar la curva de acumulación de biomasa de *Pennisetum purpureum* cv. king grass hasta 140 d de edad y validar los resultados obtenidos en diferentes condiciones ambientales y de suelo. Con este trabajo se da cumplimiento a dicha recomendación, aunque pensamos debe seguirse profundizando en la Amazonia por los diferentes pisos climáticos de la Región, dadas las marcadas diferencias en suelo y precipitación fundamentalmente.

takes very long time affecting land use. This decreases the lifespan, which affects the profitability of livestock systems. Padilla *et al.* 2006.

In general, it can be stated that the slope planting shows greater advantages than the lying one, above all concerning the sprout and growth rate, as showed in both equations. These results agree with those obtained by Rodríguez *et al.*, 2013, recommending to assess biomass accumulation curve of *Pennisetum purpureum* cv. King grass up to 140 d of age and validate the results obtained in different environmental and soil conditions.

This work aims at meeting this recommendation, although we think it must be further investigated in the Amazon due to the different climatic zones of the region, given mainly the marked differences in soil and precipitation.

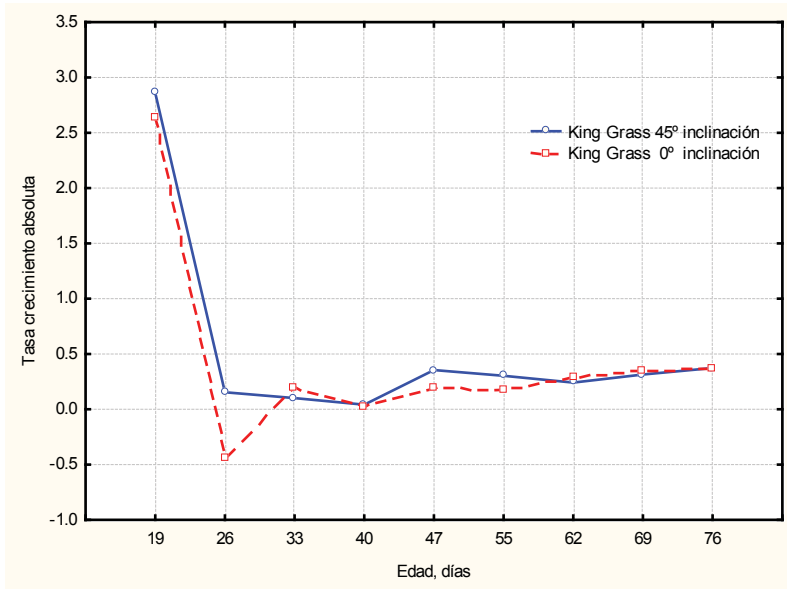


Figura 3. Tasa de crecimiento absoluta del King Grass en las condiciones de la Amazonia Ecuatoriana

En la figura 3 se observar la tasa de crecimiento absoluto del *Pennisetum purpureum* cv. King grass para los factores estudiados para los métodos de siembra y crecimiento de las plantas en días posteriores a la misma. Se evidencia que existe un crecimiento acelerado ascendente hasta el día 19 a razón de 2,5 cm por día a partir del cual, decrece hasta el día 26 y a partir de allí comienza un crecimiento promedio de 0,5 cm por día hasta el día 76 de la medición, lo que se debe a adaptaciones fisiológica de las plantas producto de los factores climáticos imperantes, que obligan a las plantas a producir estos cambios como defensa al desarrollo y perpetuación de las especies vegetales.

In Figure 3 the absolute growth rate of *Pennisetum purpureum* cv King grass can be observed for the factors studied methods for sowing and growing plants in the following day. It is evident that there is a rapid growth up until the 19th day at 2.5 cm per day, from which it decreases until the 26th day and from there it begins an average growth of 0.5 cm per day until the 76th measurement day. This is due to physiological adaptations of the product of the prevailing weather conditions, requiring plants to produce these changes as a defense to the development and perpetuation of plant species.

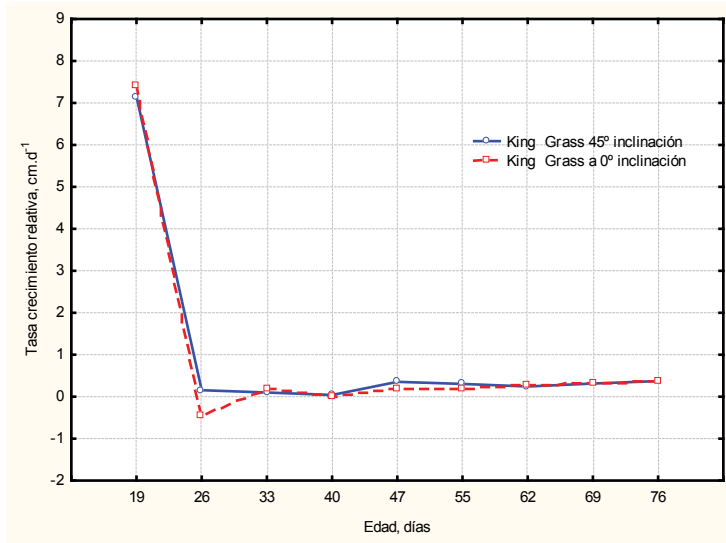


Figura 4 . Tasa de crecimiento relativa del King gass en las condiciones de la Amazonia Ecuatoriana.

En la Figura 4 se presenta la tasa de crecimiento relativa en condiciones de la Amazonia ecuatoriana la tendencia mantenida por el *Pennisetum purpureum* cv King grass en estas condiciones para los métodos de siembra realizados parte a los 19 días con valores elevados superiores a los 7 cm por día hasta el día 26 en que disminuyen estos valores producto de la estabilidad en la fotosíntesis del cultivo lo que coincide con lo reportado por Uvidia et al., 2013 quien reportó tendencia similar en estudios realizados con el *pennisetum purpureum* cv maralfalfa para condiciones climáticas idénticas a la de este trabajo, ya que sus estudios fueron realizados en el mismo escenario Científico productivo en que se realizó este trabajo.

In Figure 4 the relative growth rate is shown in the Ecuadorian Amazon conditions, where the tendency maintained by the grass *Pennisetum purpureum* cv King grass in these conditions for planting methods starts at the 19th day with high values greater than 7 cm until the 26th day, when these values decrease because of the stability in crop photosynthesis. This coincides with what reported by Uvidia et al., 2013, who reported similar trend in studies with *Pennisetum purpureum* cv maralfalfa for identical climatic conditions to those of this work, since their studies were conducted in the same productive scientific scenario in which this work was realized.



Foto 1.- Siembra inclinada 100 días después.



Foto 2.- Siembra acostada 100 días posteriores.

Se puede observar la diferencia en altura de ambos tratamientos e incluso en la coloración de las plantas donde la inclinada presentó un color verde más intenso.

Conclusiones

El método de siembra inclinada resultó ser el de mayor porcentaje de germinación de estacas.

You can see the difference in height of both treatments and even in the color of the plants, where the inclined presented a more intense green color.

Conclusions

The inclined sowing method proved to be the highest germination percentage of stakes.

El período de mayor velocidad de crecimiento del forraje se produjo entre los 19 y 55 días, lo que influye en el rendimiento para el aprovechamiento de esta variedad en las condiciones estudiadas.

El mejor momento de corte del *Pennisetum purpureum* cv. King grass no debería superar los 70 días de edad en condiciones de la amazonia.

El modelo de mejor bondad de ajuste a los valores reales de altura de la plantas fue el cuadrático.

Literatura Citada.

The period of greatest growth rate of fodder occurred between 19 and 55 days, which affects performance for the use of this variety in the conditions studied.

The best time to cut *Pennisetum purpureum* cv. King grass should not exceed 70 days in the Amazon conditions.

The quadratic model of adjustment of the actual values of plant height was the best.