



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

---

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS  
AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA

Dinámica de Crecimiento y Calidad Nutritiva de Recursos  
Genéticos de *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees.

MARIO ANTONIO VEGA LOERA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO.

2015

La presente tesis titulada: **Dinámica de Crecimiento y Calidad Nutritiva de Recursos Genéticos de *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees.**

Realizada por el alumno: **Mario Antonio Vega Loera** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA

**CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERO** PhD. Adrián Raymundo Quero Carrillo

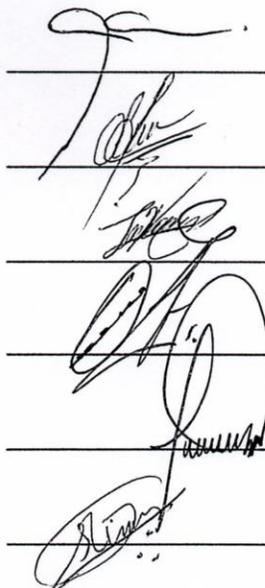
**ASESOR** M.C. Manuel Silva Luna

**ASESOR** Dra. Leonor Miranda Jiménez

**ASESOR** PhD. Alfonso Hernández Garay

**ASESOR** Dr. Javier Francisco Enríquez Quiroz

**ASESOR** Dr. Régulo Jiménez Guillén



Montecillo, Texcoco, Estado de México, 2015.

## RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar rendimiento de materia seca, calidad nutritiva, composición morfológica, dinámica de tallos y recambio de tejido de recursos genéticos de *Hymenachne* spp. El estudio se realizó en el Sitio Experimental “Costa de Jalisco” de INIFAP, a 19° 31’ 15” LN y 104° 32’ 00” LO, a 298 msnm. El tipo climático es Aw<sub>1</sub> la temperatura y precipitación media anual de 26.8°C y 1452 mm. En suelo Feozem háplico, pH de 6.1. Se recolectaron 41 genotipos (G) en tierras bajas del trópico de México y se establecieron, con tres repeticiones, en parcelas, 2x4 m y 2 m de calle, en un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 8x2 (genotipos y época). Tres meses después, se seleccionaron aleatoriamente siete genotipos y, como testigo, se eligió al único genotipo recolectado de *H. acutigluma* (G-13). Se aplicó corte de uniformización, se realizaron muestreos de producción de materia seca (PMS) cada 28 y 42 días, para lluvias y estiaje, respectivamente, con cortes a 15 cm sobre el suelo (Julio 22 de 2013 a Julio 20, de 2014). Los resultados indican diferencias ( $P < 0.05$ ) para PMS total; la cual, varió de 5,100 a 8,282 t MS ha<sup>-1</sup> año, para G-4 y G-13 (testigo), respectivamente. El genotipo de *H. amplexicaulis* con mayor producción produjo 18% menos forraje respecto al testigo. El contenido de PC, FDN y FDA mostró diferencias ( $P < 0.05$ ), con valores de 13.5 a 17.2% (G-28, G-9), 62.5 a 69.8% (G-4, G-25) y 38.9 a 45.2% (G-13, G-25), respectivamente. Similarmente, para cenizas y DISMS ( $P < 0.05$ ) con valores de 13.8 a 20.5% (G-25, G-28) y 47.9 a 60.9% (G-28, G-13), para la tasa de elongación, crecimiento y senescencia hubo diferencia ( $P < 0.05$ ) entre genotipos y época, en lluvias fue la mayor elongación G-13 con 1.18 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, crecimiento G-4 con 0.21 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, y senescencia G-13 con 0.67cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>; en lluvias, se presentó mayor densidad de tallos. Se observó significancia ( $P < 0.05$ ) para componente morfológico hoja fue el G-13 con mayor producción en ambas épocas con 2,088 y 1,160 t MS ha<sup>-1</sup> año, para altura de planta, el G-1, G-25 con 50 cm en lluvias y en seca con 27 y 28 cm respectivamente, obteniendo mayor crecimiento en la época de lluvias. *Hymenachne* spp. comprende especies adaptadas, con buen valor nutritivo, amplia diversidad morfológica y de producción. *Hymenachne acutigluma* superó a los genotipos de *H. amplexicaulis* en producción. Existe amplia diversidad productiva en esta especie.

**Palabras clave:** Recursos genéticos, genotipos, calidad y producción de forraje.

## ABSTRACT

In order to define dry matter yield, nutritional quality, morphological composition, stems dynamics and tissue turnover from genetic resources of *Hymenachne* spp. The study was conducted at the experimental site "Coast of Jalisco" INIFAP, 19° 31' 15" LN and 104° 32' 00", 298 m. The climate type is Aw<sub>1</sub> annual temperature and rainfall of 26.8 °C and 1452 mm, in a Feozem háplico soil, pH 6.1. Forty one genotypes (G) were collected in lowland tropics of Mexico and settled, with three replications, in plots, 2x4 m and 2m alley among plots, under a randomized block design factorial 8x2 (genotype and time). Three months later, seven genotypes were randomly selected and, as a placebo, the only *H. acutigluma* collected genotype (G-13) was chosen as placebo. Homogenization cutting was applied, and sampling of dry matter production (PMS) was performed every 28 to 42 days, for both rainy and dry seasons, respectively, with cuts to 15 cm on the ground. (July 22, 2013 to July 20, 2014). The results indicate differences (P <0.05) for PMS; which ranged from 5.1 to 8.3 t DM ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> to G-4 and G-13 (control), respectively. The genotype of *H. amplexicaulis* top DMS producer yielded 18% less regarding the control. The contents of PC, FDN and FDA showed differences (P <0.05), with values ranging from 13.5 to 17.2% (G-28, G-9), 62.5 to 69.8% (G-4, G-25) and 38.9 to 45.2 % (G-13, G-25), respectively. Similarly, for ash and DISMS (P <0.05) values ranged from 13.8 to 20.5% (G-25, G-28) and 47.9 to 60.9% (G-28, G-13). For leaf elongation rate, leaf growth rate and leaf senescence rate wide differences do exist (P<0.05) among genotypes; for the rainy season, the highest elongation rate was 1.18 cm tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (G-13), leaf 0.21 cm tallo<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, and senescence (G-13) con 0.67cm tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. During the rainy season higher tiller density was observed. Higher significance (P<0.05) was observed for leaf production and G-13 showed higher production for both seasons with 2, 088 and 1, 160 t DM ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>; for plant length, G-1 and G-25 showed 50 cm during the rainy seadon and during the drought season 27 and 28 cm, respectively with higher growth for the rainy season. *Hymenachne* spp. Comprehends adapted species with good nutritive value and wide morphological and production diversity *Hymenachne acutigluma* surpassed *H. amplexicaulis* genotypes in forage production. Wide productivity diversity is available within this genera.

**Keywords:** Genetic resources, genotypes, forage production, forage quality.

## DEDICATORIA

A Dios, gracias por permitirme terminar con buena salud mis estudios y por la bendición de contar con mi familia en todo momento.

A mi esposa Marisol y a mi hijo Juan Pablo, por el sacrificio que hicieron por estar lejos de casa para estar conmigo apoyándome y acompañándome en el desarrollo de mis estudios, por ser la fuerza que me impulsa para seguir adelante.

A mis padres José Luis Vega Cortez y Ma. del Carmen Loera Flores por sus sacrificios, apoyo incondicional en todo momento, enseñanzas, consejo a lo largo de mi vida, para que pudiera tener estudios; quienes, además de ser excelentes seres humanos, son infinitamente mi ejemplo a seguir, quienes me han obsequiado amor, confianza, dedicación y mucha paciencia, para lograr que sea una persona con valores y que pueda tomar decisiones correctas, aunque no sean siempre las más sencillas.

A mis hermanos Omar, José Luis, Alejandra y Cinthia por su confianza y apoyo, ya que siempre estuvieron pendientes de mí, durante mis estudios y son parte muy importante en mi vida.

A todos mis amigos, cuñados y tíos, que de alguna u otra manera siempre se preocuparon por mí, durante mis estudios.

A todos, muchas gracias

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados y en especial al programa de Ganadería por darme la oportunidad de realizar mis estudios.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por la oportunidad que me otorgó para realizar mis estudios de Maestría.

Al mi Director de tesis, Ph. D. Adrián Raymundo Quero Carrillo, por el apoyo incondicional que me brindó para realizar mis estudios y mi trabajo de tesis, sus consejos y motivación para continuar adelante.

A la Ph. D. Leonor Miranda Jiménez, por su amistad y consejos durante el desarrollo de mi trabajo.

A mi Padrino el M.C. Manuel Silva Luna, por ser parte importante durante mi formación profesional, por los consejos y enseñanzas que me ha brindado.

Al Ph. D. Alfonso Hernández Garay, por sus consejos y enseñanzas en la realización de mi tesis.

Al Dr. Javier Francisco Enríquez Quiroz, por su amistad, enseñanzas y apoyo que me dio para realizar mi tesis.

AL Dr. Régulo Jiménez Guillén por su apoyo, amistad, confianza que me dio durante este tiempo para poder realizar mi tesis.

Al Dr. Santiago Garduño, por su apoyo para la realización de mi tesis.

Al Ph. D. Humberto Vaquera, por la enseñanza y el apoyo que me brindó en aspectos estadísticos de mi trabajo.

Al M.C. Raúl Plascencia Jiménez por el apoyo que me brindo para realizar esta tesis.

A mis compañeros Alfredo Cueto Arellano, Víctor Capacete Casillas, Oscar Orozco, Omar de Dios, Oscar Silva, Iván González por su apoyo en el trabajo de campo.

Al personal del Sitio Experimental “La Huerta”, que me apoyó en la realización de mi trabajo de campo, muy en especial al Sr. Carmelo Barragán García, José Medina Rodríguez, Cristian Medina.

## CONTENIDO

## Página

LISTA DE CUADROS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. JUSTIFICACIÓN .....	2
2.1. Objetivo General.....	4
2.2. Objetivos Particulares.....	4
2.3. Hipótesis .....	4
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1. Características de <i>Hymenachne amplexicaulis</i> .....	8
3.1.1. Taxonomía .....	8
3.1.2. Descripción morfológica.....	9
3.1.3. Ciclo de Vida .....	10
3.1.4. Distribución .....	11
3.1.5. Importancia ecológica .....	12
3.1.6. Importancia de los recursos genéticos .....	12
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
4.1. Localización del Área de Estudio .....	13
4.2. Materiales Evaluados .....	13
4.2.1. Recolección de materiales de <i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees...	13
4.3. Establecimiento de Parcelas .....	17
4.4. Control de Plagas y Enfermedades.....	18
4.5. Control de Maleza .....	18
4.6. Irrigación .....	19
4.7. Variables Determinadas en las Parcelas Experimentales .....	19
4.7.1. Altura de planta .....	19
4.7.2. Radiación interceptada .....	20
4.7.3. Rendimiento de forraje.....	20
4.7.4. Dinámica poblacional de tallos .....	21
4.7.5. Crecimiento foliar .....	21

4. 7.6. Composición morfológica .....	22
4.7.7. Tasa de aparición y muerte de tallos.....	22
4.7.8. Datos climáticos.....	23
4.7.9. Valor nutritivo .....	24
4.7.11. Proteína.....	24
4.7.12. Cenizas .....	24
4.7.13. Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca .....	24
4.7.14. Fibra detergente neutro y ácido.....	25
4.8. Diseño experimental.....	25
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
5.1. Acumulación y Producción de Forraje.....	26
5.2. Calidad nutritiva .....	30
5.2.1. Proteína cruda .....	30
5.2.2. Fibra detergente neutro .....	31
5.2.3. Fibra detergente ácido.....	32
5.2.4. Contenido de cenizas (minerales) .....	33
5.2.5 Digestibilidad <i>in situ</i> .....	34
5.3. Altura de Planta .....	35
5.4. Tasa de Recambio de Tejido .....	37
5.4.1. Elongación, senescencia y crecimiento neto foliar.....	37
5.5. Densidad de Tallos.....	44
5.5.1 Dinámica de tallos.....	44
5.5.2. Tasa de aparición de tallos.....	44
5.5.3. Tasa de muerte de tallos .....	46
5.6. Componente morfológico. ....	49
6. CONCLUSIONES.....	55
7. AGRADECIMIENTOS .....	55
8. LITERATURA CITADA.....	55

## LISTA DE CUADROS

Página

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación taxonómica de <i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees.....	8
<b>Cuadro 2.</b> Distribución geográfica de genotipos recolectados en el trópico de México.	15
<b>Cuadro 3.</b> Genotipos de <i>Hymenachne amplexicaulis</i> seleccionados para su evaluación agronómica, por morfología destacada posterior al establecimiento. ....	19
<b>Cuadro 4.</b> Producción de MS (kg MS ha <sup>-1</sup> año) en la interacción de época contra genotipos del pasto Azuche. ....	28
<b>Cuadro 5.</b> Calidad del forraje en genotipos de Azuche, en la época de lluvias. ....	36
<b>Cuadro 6.</b> Altura de planta y época del año en genotipos de Azuche.....	38
<b>Cuadro 7.</b> Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar, en recursos genéticos de Azuche. ....	40
<b>Cuadro 8.</b> Tasa de parición de tallos (tallos m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> ) en genotipos de Azuche.....	49
<b>Cuadro 9.</b> Tasa de mortandad de tallos (tallos m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> ) en genotipos de Azuche.....	51
<b>Cuadro 10.</b> Rendimiento de hoja en recursos genéticos de Azuche.....	55
<b>Cuadro 11.</b> Producción de tallos en recursos genéticos de Azuche.....	55
<b>Cuadro 12.</b> Producción de material muerto en recursos genéticos de Azuche.....	56
<b>Cuadro 13.</b> Producción de espiga de recursos genéticos de Azuche.....	56

## LISTA DE FIGURAS

## Página

<b>Figura 1.</b> Ganado pastoreando Azuche <i>Hymenachne amplexicaulis</i> Rudge (Nees), pradera natural en Campeche .....	134
<b>Figura 2.</b> Ubicación del área de estudio (INIFAP), Sitio Experimental la Huerta, Costa de Jalisco .....	15
<b>Figura 3.</b> Recolecta del pasto Azuche, en Cuautitlán Jalisco.....	16
<b>Figura 4.</b> Ruta de recolecta de <i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees, en el trópico de México .....	17
<b>Figura 5.</b> Aplicación de riego por inundación en las parcelas de los materiales recolectados y evaluados .....	22
<b>Figura 6.</b> Cambios mensuales en la precipitación pluvial y temperaturas máximas, medias y mínimas, durante el periodo experimental (2013-2014) .....	26
<b>Figura 7.</b> Cambio en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar en recursos genéticos de <i>Hymenachne</i> spp. (Azuche) en época de lluvias .....	46
<b>Figura 8.</b> Cambios en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar en recursos genéticos de <i>Hymenachne</i> spp. (Azuche) en época de seca .....	47
<b>Figura 9.</b> Cambios mensuales en la densidad poblacional de tallos del pasto Azuche <i>Hymenachne</i> spp., en cortes a 28 y 42 días, para lluvia y seca .....	52
<b>Figura 10.</b> Cambios en la época de lluvias para composición morfológica de materiales genéticos de Azuche (Frecuencia de corte de 28 días) .....	57
<b>Figura 11.</b> Cambios en la época de seca para composición morfológica de materiales genéticos de Azuche (Frecuencia de corte 42 días) .....	58

## 1. INTRODUCCIÓN

En México se dedica más del 60% del territorio a la ganadería bovina; la cual, se considera la actividad más importante del sector agropecuario y forestal (SIAP, 2012). El inventario ganadero del país es de 32.9 millones de cabezas para la producción de carne y leche, destacando Jalisco, Chiapas y Veracruz, siendo este último el principal estado productor, con aproximadamente 3.9 millones de cabezas (SIAP, 2012). Similarmente, existen amplias superficies de zonas bajas o inundables en Veracruz, Tabasco y Campeche, las cuales son un recurso valioso para el pastoreo del ganado durante la época de estiaje; desafortunadamente, no todas las especies nativas disponibles toleran excesos de humedad o inmersión, cuando hay crecientes en los ríos o arroyos de esta región, las cuales son ocupadas en la mayoría de los casos con pastos de baja apetencia para el ganado, como camalote (*Paspalum fasciculatum*), lo que resulta en bajo aprovechamiento de estas áreas, que serían potencialmente productivas si se tuvieran gramíneas forrajeras tolerantes a esta condición. Por tanto, la búsqueda de recursos nativos con buen potencial forrajero, sería una actividad constante para incorporar estas áreas a la producción de forrajes de alto valor nutritivo y productividad.

El manejo agronómico y del pastoreo, son aspectos fundamentales para explorar el potencial genético de las diferentes especies de gramíneas. La inapropiada aplicación de estos conocimientos ocasiona el fracaso de los sistemas de producción animal (Muslera y Ratera, 1991). Cuando aspectos como éstos se aplican de forma apropiada: siembra de la especie forrajera adecuada, tiempo de descanso y pastoreo, intensidad de pastoreo, carga animal, etc., se puede producir carne y leche de forma barata, en comparación a sistemas de producción animal basados en estabulación con corte y acarreo del forraje (Améndola, 2000).

En regiones tropicales de México se genera el 25% de la leche que produce el país, ésta puede incrementarse de manera sustancial, si se maximiza el potencial de los recursos forrajeros. En estas regiones, el costo de la alimentación animal representa cerca de 80% del costo total de producción en unidades lecheras, siendo la mayor

inversión para la producción animal; por lo cual, es determinante el papel que desempeñan los forrajes en la actividad lechera, lo cual se explica por su bajo costo disponibilidad y obtención (Enríquez *et al.*, 1999).

En el trópico, la principal y la más barata fuente de nutrientes, para la alimentación del ganado vacuno la constituyen los pastos debido a su disponibilidad y al hecho de que no compiten con alimentos para el consumo humano directo y de otros animales (Díaz, 2001). Alimentar al ganado con forrajes de buena calidad es importante para cubrir los requerimientos diarios que demanda. La calidad del forraje se estima por el consumo voluntario y la digestibilidad de la fibra que contiene; a menor digestibilidad, menor es la calidad y menor el consumo voluntario (Mojica, 2010).

Los rumiantes tienen gran importancia como productores de alimentos de alta calidad nutritiva, convierten en leche y carne plantas y subproductos agrícolas fibrosos, que no son capaces de ser aprovechados directamente por el hombre. Estas características hacen de los rumiantes únicos en su capacidad de utilizar fuentes alimenticias que de otra forma no tendrían valor y los convierten potencialmente indispensables en la lucha contra la escasez de alimento para a creciente población humana.

El objetivo fue evaluar el rebrote, crecimiento foliar, calidad nutritiva y producción de materia seca en recursos genéticos de *Hymenachne* spp., recolectados en el trópico mexicano.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Forrajes fibrosos como los pastos son el alimento más barato para rumiantes y el potencial productivo de los pastizales es destacado, si se desarrolla adecuadamente y se utiliza con eficacia, proporcionarán proteína animal para satisfacer las necesidades de la población. El aumento de la producción animal en los trópicos depende de la utilización eficiente de los pastizales y el incremento de la cantidad producida, así como la prolongación de la temporada de pastoreo, incluyendo conservación de excedentes disponibles en la estación de lluvias y producción de cultivos forrajeros suplementarios.

En México, la base de la alimentación de la ganadería bovina ocurre mediante utilización de pastizales y praderas bajo corte o pastoreo (Velasco *et al.*, 2010). Las praderas en las regiones tropicales, están constituidas por especies forrajeras nativas y cultivadas, que se caracterizan por presentar diferente hábito de crecimiento, nivel de exposición de los meristemos de crecimiento y órganos de reservas a la defoliación (Quero *et al.*, 2007), existen pocas especies forrajeras nativas o introducidas que toleren prolongados periodos de inundación, por lo que el aprovechamiento de la gran cantidad de tierras bajas inundables que existen en el país, con esta característica, es muy limitado.

Una especie adaptada a esas condiciones, con alta apetencia, valor nutritivo y potencial forrajero, es *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees, nativa de las partes bajas o inundables de México tropical y cuyo aprovechamiento y valor forrajero es reconocido por ganaderos que cuentan con esta especie en potreros naturales, aún sin seguir un manejo adecuado para la especie; lo anterior, por el escaso conocimiento técnico y la falta de estudios sobre el potencial productivo en la diversidad genética y evaluación agronómica de ésta; por tanto, su estudio sistemático es obligado para definir el mejor manejo y explotación en áreas donde otros pastos no prosperan y, en un momento dado, sustituir gramíneas con bajo potencial forrajero, como camalote, que ocupa extensas superficies inundables. Es necesario profundizar sobre el conocimiento de los forrajes naturales de las zonas inundables, su dinámica productiva y calidad nutricional, a través del año, para establecer manejos eficientes que permitan una oferta mayor y oportuna de forrajes.

## **2.1. Objetivo General**

Explicar la dinámica de crecimiento en recursos genéticos de *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees.

## **2.2. Objetivos Particulares**

Evaluar la dinámica de crecimiento de material recolectado de *Hymenachne amplexicaulis*, para detectar diferencias entre genotipos.

Evaluar la calidad y producción de forraje en recursos genéticos *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees.

## **2.3. Hipótesis**

- La diversidad genética en poblaciones naturales de *Hymenachne amplexicaulis* es amplia y muestran características morfológicas y agronómicas diferentes entre poblaciones o genotipos.
- Existen diferencias en el valor nutritivo entre genotipos de *Hymenachne amplexicaulis*.

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

En Veracruz, Tabasco y Campeche, alrededor del 60% de la superficie se encuentra ocupada con pastos nativos, muchos de ellos han permanecido por muchos años en explotación; mientras que, algunos otros han desaparecido como resultado de mal manejo de las praderas: sobrepastoreo, selección de especies no adaptadas a condiciones ecológicas particulares, disminución de fertilidad o cambios en propiedades físico-químicas del suelo o, erosión y otros factores que propician cambios en la vegetación (Meléndez, 1999).

Los pastos nativos tienen como ventajas: amplia adaptación a condiciones ambientales locales, toleran quemas, mal manejo y algunas, toleran diferentes grados de inundación y no son consumidas por el ganado. Pasto Camalote, por estas características, es considerado maleza, constituyéndose en severo problema su erradicación y control (Meléndez, 1999).

Similarmente, resulta conocida la persistencia de especies nativas, comparativamente con especies exóticas introducidas, ante la presencia eventual de fenómenos meteorológicos poco frecuentes: duración y límite de temperaturas extremas, sequía prolongada, exceso de lluvias, etc., tal es el caso de la sequía de seis meses que durante 1998 afectó al estado de Tabasco, donde especies introducidas se vieron desplazadas en diversos sitios (Meléndez, 1999).

*Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees.,  $2n= 2x= 24$ , es una gramínea robusta, perenne, estolonífera de humedales y fue introducida a Australia en 1973, para su uso como especie forrajera (Wearne *et al.*, 2010). Es conocida en Australia como Hymenachne, Olive, o simplemente Hymenachne Olive, la especie fue distribuida para el cultivo en el norte y noroeste de Australia, la cual se naturalizó y se extiende por diversos medios en una variedad de entornos agrícolas, pastoriles y naturales. Convirtiéndose en ocasiones en invasora. Los principales problemas que causa son como mala hierba de la caña de azúcar, bloqueo de canales y otros cursos de agua. *H.*

*amplexicaulis*, se encuentra en Luisiana, en Estados Unidos, esta especie pantropical, sólo se conocía en Florida, actualmente es una planta no deseada.

La identificación inicial de *H. amplexicaulis* se realizó utilizando la clave interactiva por (Watson y Dallwitz, 1992). Las comparaciones con las descripciones publicadas y material de diversas fuentes en línea, (Wunderlin y Hansen 2008; CPAI 2014). Los entrenudos de *H. amplexicaulis* son huecos, concisos, espiguillas simétricamente adjuntas y no sacciforme, con glumas secundarias (Wipff, 2003). Azuche es una especie perenne (Schnee, 1973), pantrópica y anfibia (Corrales y González, 1973); posee tallos esponjosos, largos, la base de la hoja abraza parcialmente al tallo y la inflorescencia es una panícula densa y contraída (Ramia, 1974). Alcanza alturas de 1 a 2 m, más larga en ocasiones y con marcada tendencia al acame (Corrales y González, 1973). Esta especie produce, durante la temporada lluviosa, largos tallos flotantes con raíces adventicias y crece de forma exuberante en lugares que se inundan de 25 a 70 cm (Ramia, 1974). Antecedentes preliminares sobre rendimientos en Azuche, bajo condiciones de inundación gradual, evaluadas al final de la época lluviosa, indicaron valores de 3.4 y 28.4 t ha<sup>-1</sup> y 18.1 y 33.1% de materia seca para niveles de inundación de 34 y 110 cm, respectivamente (Gil y Fariña, 1972). Azuche crece en áreas inundadas periódicamente, hasta 2 m de profundidad y requiere periodos alternos de inundación y sequía para su establecimiento y sobrevivencia (Cruhes y Edwards, 1998), lo que permite regeneración por semilla y estolones acarreados por el agua, que aseguran su persistencia aún después de prolongados periodos de sequía. Se ha observado que tolera hasta 40 semanas de inundación (Tejos, 1980).

Contrariamente a Pará *Brachiaria mutica*, Azuche ocurre principalmente en las partes profundas de las corrientes de agua, donde predomina y puede convertirse en una planta difícil de controlar (Wildin, 1998). Azuche es susceptible al ataque de *Ischnodemus variegatus* Sig. (Hemiptera: Blissidae), plaga de amplia distribución en América Latina. Los daños de la plaga en el forraje son notorios en Septiembre, pues ocasiona cambios en el color del follaje, de verde a rojo oscuro; la cual, se observó durante la evaluación, en algunos genotipos. Esta plaga se nutre del follaje y elevadas

densidades de insectos pueden afectar el desarrollo de la planta (Overholt, 2001). Se afecta la asimilación de dióxido de carbono, la reduce hasta 35%; en las plantas infectadas, se advierte la disminución de 77% en la tasa de crecimiento relativo, con relación a las plantas que no sufrieron daños (Overholt, 2004).

En México Meléndez (1999), estudio la productividad de Azuche, con rendimientos de 5.6 t ha<sup>-1</sup> año, cosechado a cada 45 días y distribución anual del rendimiento del 41, 29 y 39% en secas, lluvias y nortes, respectivamente y contenidos de proteína cruda de 8.3, 10.3 y 8.7% en lluvias, secas y nortes, respectivamente. Por otro lado, el mismo autor reporta que los rendimientos fueron bajos con relación a otros pastos, ya que se subestimó la producción real, en la temporada de lluvias y nortes por la imposibilidad de realizar el corte, ya que el pasto se encontraba inundado. La producción de forraje en Venezuela fue de 8.5 a 16.5 t ha<sup>-1</sup> año y en la época seca de 6.4 t ha<sup>-1</sup> año (Tejos, 1980). El contenido de proteína a 70 días de rebrote de 5.6% y digestibilidad *in vitro* de 48% a 107 días de crecimiento (Kalmbacher *et al.* 1998).

La apetencia de *Hymenachne* se mantiene alta en estados avanzados de madurez, cuando el nivel del agua ha disminuido (Bogdan, 1977). Existen diferencias en contenido de proteína Hill (2000), reporta contenidos de proteína de 12.6 a 30.3% y TND de 54 a 76%. Estos resultados muestran el alto valor nutritivo de este forraje nativo y sugieren que Azuche puede funcionar como banco de proteína para el pastoreo en otoño.

Enríquez Quiroz *et al.* (2005), realizaron en 2002-2003 recolectas de esta especie en las zonas bajas de los estados de Veracruz, Tabasco, Oaxaca, Campeche y desde Jalisco hasta Chiapas, acopiando 90 genotipos, quienes encontraron gran variabilidad morfológica entre genotipos (hoja, tallos e inflorescencias); similarmente, se observó variación en fenología, algunas plantas muy túrgidas en floración y otras en intenso estrés por sequía. Francis *et al.*, (2005), comentan que la cantidad de humedad del suelo que permanece disponible cierto tiempo para las plantas, depende de la textura y

porosidad del mismo, su volumen anterior de humedad, el volumen perdido por evaporación directa, evapotranspiración y el drenaje.

### 3.1. Características de *Hymenachne amplexicaulis*

#### 3.1.1. Taxonomía

*Hymenachne* P. Beauv., es un género de gramíneas acuáticas perennes, se estableció en 1812 basado en *Agrostis monostachya* Poir. (Sin. *H. amplexicaulis* (Rudge) Nees. Existía confusión respecto a la tipificación del género, la cual, fue resuelta por Panigrahi y Dubey (1986). El género se encuentra dentro de la subfamilia Panicoideae (GTHF, 2001), fue colocado en la subtribu Setarinae por Clayton y Renvoize (1986); sin embargo, análisis filogenéticos Kellogg (2002), muestran que sus subtribus no son monofiléticas y no deben, ser reconocidas (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees.

Reino	Plantae
Subreino	Tracheophyta
Súper división	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida- Monocotiledoneas
Sud clase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Genero	<i>Hymenachne</i> Beauv.
Especie	<i>amplexicaulis</i> (Rudge) Nees

Existe controversia en cuanto al número de especies dentro del género; sin embargo, se sugiere que hay aproximadamente 10 especies (Aliscioni *et al.*, 2003) y se encuentran en regiones tropicales y subtropicales de los trópicos Asiáticos, islas del Pacífico, América Central y del Sur (Pohl y Lersten, 1975); similarmente, se sabe de dos especies que se producen en Australia. Una de estas es *Hymenachne acutigluma* (Steud.) Gilliland, la cual se produce de forma natural en zonas costeras, cerca de

Queensland desde Sarina (latitud 21° Sur), hasta la desembocadura del Río Archer, en la Península del Cabo York (latitud 13° Sur) y, además, en el Este de la Tierra de Arnhem (longitud 136° Este) hasta el río Daly (longitud 130° Este). *Hymenachne amplexicaulis*, sinónimo de *Panicum amplexicaulis*, conocido como: Zacate de laguna, Azuche, Azuchil, Popotillo, Trompetilla o *Hymenachne*, ha sido reportada como recurso forrajero valioso para las zonas bajas de Florida (Kalmbacher *et al.*, 1998).

### 3.1.2. Descripción morfológica

*Hymenachne amplexicaulis* posee plantas con espiguillas bisexuales, florecillas hermafroditas, las espiguillas con similar sexualidad (Watson y Dalwitz, 1992). Es una gramínea perenne, robusta que mide de 1 a 2.5 m de altura, de tallos flotantes, de contenido blanco y succulento, no huecos, erectos o ascendentes de la base, postrada, con raíces en los nudos inferiores, lo que la hace una especie dominante bajo condiciones de áreas inundables. Vainas de las hojas glabras pero con pubescencia en los márgenes superiores. Hojas de 10 a 45 cm de longitud y 3 a 5 cm de ancho, cordadas en la base y encerrando el tallo y lígula membranosa. La inflorescencia es una panícula contraída, con apariencia de espiga cilíndrica de 20 a 40 cm de largo, ocasionalmente ramificada, principalmente en el ápice, con pedicelos aserrulados, florece en otoño con tasas variables de germinación (COTECOCA 1991; Kolmbacher, *et al.*, 1998). Fisiológicamente se comporta como una C<sub>3</sub> típica (Medina y Motta 1990), puede formar densas colonias en tierras que se inundan y a lo largo de los bancos de los ríos en zonas tropicales y subtropicales de America (Hill 1996; Csurhes *et al.* 1999). Esta especie ha sido introducida en regiones tropicales y subtropicales de Australia (Inglis *et al.*, 1996; Csurhes *et al.*, 1999) y Florida (Hill, 1996; University of Florida, 2007), donde ha sido designada como invasora (maleza). Ahora se encuentran en los trópicos de ambos hemisferios (Langeland y Craddoks, 2005), al ser introducida como forrajera que produce toneladas de forraje de alta calidad y apetencia (Hill, 1996), es pastoreada por búfalos y vacunos cuando la lámina de agua disminuye (FAO, 2001). Bulla *et al.* (1990), reportaron para sabanas estacionalmente inundadas de Venezuela, que la dieta de chigüires (capibara), caballos y ganado vacuno estaba formada en alta proporción por *H. amplexicaulis*. Santos *et al.* (2002), Silva y Mauro (2002), indicaron

que *H. amplexicaulis* es la especie forrajera de mejor calidad en el Pantanal de Brasil. Forero-Montaña *et al.* (2003), señalan que es la hierba más frecuente en la dieta del chigüire de los llanos inundables de Colombia.

### **3.1.3. Ciclo de Vida**

Azuque crece en humedales naturales a partir de semilla, se encuentra en los márgenes de pantanos y bordes inundados de ríos y canales de drenaje y tolera niveles hasta de 4 m de profundidad. De los tallos que se arrastran sobre el suelo crecen raíces adventicias a partir de los nudos, por lo que su propagación se da tanto de semillas como por estolones, dos vectores principales para la dispersión de semillas son el movimiento del agua y las aves acuáticas migratorias (O'Mara *et al.*, 2005).

En Queensland, el periodo de floración principal por lo general se produce entre Abril y Junio, dependiendo de la ubicación, con semillas establecidas desde finales de otoño hasta principios de la primavera; sin embargo, se han observado floraciones entre Marzo y Septiembre, una sola inflorescencia puede producir hasta 4,000 mil semillas. En este trabajo, la mayor floración se observó en Septiembre y la semilla se cosechó a mediados de Octubre y, para los meses de Febrero y Marzo, se volvió a observar floración aunque ésta fue mucho menor a la primera; similarmente, esta especie está adaptada a ciclos de inundación:sequía que permiten la regeneración masiva de semillas y aseguran la persistencia después de una sequía (Wildin, 1989). Tolerar 40 semanas de inundaciones y profundidades de 1 a 2 m (Tejos, 1980).

Las plantas de esta especie obtienen nitrógeno de la asociación no simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno o cianobacterias que se ubican alrededor de raíces y tallos sumergidos; el cual, utiliza para la formación de tallos y hojas nuevas. Esta especie se ha propuesto como sumidero de nutrientes y trampa de sedimentos contaminados por viviendas y cultivos (Tropical Forages, 2013). Las plantas maduras forman extensas colonias mediante la producción de estolones que se extienden a muchos metros bajo el agua (Centro para Plantas Acuáticas e Invasivas, 2014; Servicio Nacional de Parques de EE.UU., 2009).

### 3.1.4. Distribución

El área de distribución geográfica de *H. amplexicaulis* incluye el oeste tropical de África, Australia, el Caribe, China, India, Malasia, México, Papuasias, y América del Sur (Clayton *et al.*, 2006). La base de datos del Jardín Botánico de Missouri TROPICOS indica como área de distribución general de la especie: Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guayana Francesa, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Perú, Paraguay, Surinam, Uruguay, Venezuela y las Antillas (Annon, 1997).

En los humedales, las variaciones en profundidad del agua tienen consecuencias sobre procesos ecológicos como germinación de semilla, crecimiento, productividad, descomposición y dinámica de nutrientes. A través de estos procesos, puede determinarse la estructura de las comunidades y sucesión en estos ecosistemas (Gerritsen y Greening, 1989), la inundación causa una reducción inmediata en el intercambio gaseoso entre planta y ambiente (Armstrong *et al.*, 1991) y dependiendo de la profundidad, duración e intensidad, se afectan entre otros las funciones de raíces, rizomas (respiración, soporte almacenamiento de reservas, absorción de nutrientes) y biomasa aérea, a través de la actividad fotosintética y suministro de oxígeno de las plantas (Ernest, 1990). Los mecanismos de tolerancia a la inundación envuelven caracteres y estrategias como plasticidad morfológica y modificación en el patrón de distribución de los recursos energéticos (biomasa aérea y subterránea), lo que facilita la supervivencia de las plantas a un amplio intervalo de cambios de profundidad del agua (Coops *et al.*, 1996), las respuestas de ajustes morfológicos a incrementos en la inundación, dominadas respuestas de acomodación, incluyen rápida elongación de tallos hacia la superficie del agua, permitiendo el acceso a luz, oxígeno y CO<sub>2</sub> (Cronk y Fennessy, 2001). Tiene una función similar a la de pasto Alemán que complementa al *Brachiaria mutica* (Pará) en sistemas de pastoreo de zonas inundables, además de que crece mejor que Alemán, ya que soporta hasta 1m de inmersión (Wildin 1989). También en Australia, ha sido utilizada para el control de especies invasoras espinosas de *Mimosa* spp., otro aspecto valioso es que actúa como filtro, atrapando sedimentos y nutrimentos, reduciendo las pérdidas de éstos en estanques o corrientes temporales

(NWSEC, 2000). Muchos ganaderos la consideran un recurso valioso para el ganado, en época de estiaje, una vez que el nivel del agua ha disminuido y en los terrenos altos la disponibilidad de forraje es escasa.

### **3.1.5. Importancia ecológica**

Forman parte fundamental de los productores primarios, aportando oxígeno, necesario al agua para la respiración de animales acuáticos, realizan una acción purificadora del bióxido de carbono en la columna de agua, actúan como bombas para poner nuevamente en circulación sustancias minerales y orgánicas en el medio acuático; son estabilizadoras del sedimento, evitando erosión; se utilizan como sustratos o bien para la anidación tanto de aves y peces; por último, ofrecen protección a los animales acuáticos pequeños (Bonilla *et al.*, 2013).

### **3.1.6. Importancia de los recursos genéticos**

La disponibilidad de la variabilidad genética es básica para lograr el mejoramiento y estabilidad económica y ecológica de los ecosistemas bajo pastoreo, ante factores que amenazan su persistencia. Las gramíneas son la base de la producción en pastoreo en México y el mundo (Fig. 1), existe una especie adecuada para cada condición fisiográfica de producción y capacidad de inversión (Quero *et al.*, 2007).

Similarmente, debido a que los pastos para pastoreo extensivo no son plantas domesticadas y, por tanto, están escasamente estudiados, se ha comprobado la existencia de gran diversidad intra-específica en gramíneas templadas (Asay, 1991) y tropicales (Quero *et al.*, 2010), así como en cultivos básicos e industriales (Thompson *et al.*, 1992). Numerosos materiales forrajeros tropicales e intertropicales se mantienen escasamente estudiados (Quero *et al.*, 2007), toda vez que se tiene escaso acceso a la evaluación de recursos genéticos representativos del centro de origen de la especie de interés, según determinaron Nikolái Vavilov, Jack Harlan y J.M. de Wet, hace varios años (Abbo *et al.*, 2010).



Foto: Dr. Javier Francisco Enríquez Quiroz (Campeche)

**Figura 1.** Ganado pastoreando Azuche *Hymenachne amplexicaulis* Rudge (Nees), pradera natural en Campeche.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Localización del Área de Estudio

La evaluación se realizó en el Sitio Experimental Costa de Jalisco de INIFAP, localizado entre en el límite de los municipios de La Huerta y Casimiro Castillo, Km 204 de la carretera Guadalajara-Barra de Navidad, a 19° 31' 15" latitud norte y 104° 32' 00" longitud oeste, a una altitud de 298 msnm. El tipo climático al que pertenece es Aw<sub>1</sub> (Ruiz *et al.*, 2003) y la zona térmica es cálida con lluvias en verano, temperatura media anual de 26.8°C, precipitación promedio anual de 1452 mm. El tipo de suelo es Feozem háplico y pH, en los primeros 30 cm, es ligeramente ácido, con 6.1. (Fig. 2).

### 4.2. Materiales Evaluados

#### 4.2.1. Recolección de materiales de *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees.

Se realizaron recorridos vía terrestre en tierras bajas de México en Veracruz, Tabasco Guerrero, Nayarit, Michoacán, Colima y Jalisco (Fig. 3; Fig. 4), se fijaban puntos

durante los recorridos, buscando zonas bajas inundables hasta encontrar el pasto; una vez localizado, se colectaba y se recorrían de 15 a 20 km, sin recolectar, para volver a buscar materiales, procurando distancias mínimas para evitar que fueran del mismo punto o que el cauce diera al mismo lugar donde se colectó con anterioridad.



**Figura 2.** Ubicación del área de estudio, (INIFAP) Sitio Experimental la Huerta, Costa de Jalisco.

De esta forma, se pudieron localizar poblaciones de *H. amplexicaulis*, recolectándose materiales de interés, durante Diciembre de 2012 y Febrero a Marzo de 2013, al considerar que bajó el nivel de ríos y arroyos, lo que permitió realizar la recolecta. Los materiales recolectados se establecieron en sustrato de Peat moss y vermiculita (3:1), debidamente identificados por sitio y condición ecológica de colecta; lo anterior, con la finalidad de identificar sitios valiosos de recolecta (Cuadro 2), con mayor, riqueza morfológica y, posiblemente genética. Estos materiales fueron transportados y protegidos del efecto convectivo del viento y radiación solar.

**Cuadro 2.** Distribución geográfica de genotipos recolectados en el trópico de México.

<b>Genotipo</b>	<b>Coordenadas geográficas</b>		<b>Altitud msnm</b>	<b>Estado /municipio</b>	<b>Localidad</b>
G-1	19°26'814"	104°25'758"	569	Cuautitlán, Jal.	Crucero a Casa Blanca
G-2	19°26'547"	104°23'680	570	Cuautitlán, Jal.	Rancho Efraín Cruz
G-3	19°26'585"	104°26'772"	580	Cuautitlán, Jal.	Rancho Neftalí Glez.
G-4	19°30'866"	104°36'468	281	La Huerta, Jal.	Rancho Lago Escondido
G-5	19°32'107"	104°31'263"	370	Casimiro C. Jal.	Laguna del Rosario
G-6	19°21'078"	104°57'861	38	Colima, Col.	La Central
G-7	19°43'699"	19° 43' 699"	899	Autlán, Jal.	El Chante
G-8	19°39'711"	105°10'591"	13	Morelos, Jal.	Quebradora Pte. San Nicolás
G-9	19°24'365"	104°57'650"	11	La Huerta, Jal.	Puente Cuixmala
G-10	19°21'607"	104°52'537"	17	La Huerta, Jal.	Miguel Hidalgo, Audel T.
G-11	19°37'339"	104°25'859"	356	Casimiro C. Jal.	Camino la Naranja
G-12	19°38'516"	104°25'833"	376	Casimiro C. Jal.	Chipilpitán
G-13	19°48'056"	104° 43' 090"	643	V. Purificación, Jal.	Rancho Casa Alta
G-14	19°52'433"	104°36'688"	744	V. Purificación, Jal.	Pabelo
G-15	19°40'072"	104°34'328"	595	V. Purificación, Jal.	Carreón
G-16	17°15'41.5"	100°52'10.82"	18	Guerrero	San Luis San Pedro
G-17	17°16'22.00"	100°57'16.23"	21	Guerrero	Carr. Acapulco- Zihuatanejo
G-18	17°58'54.57"	101°56'00.71"	50	Michoacán	Lázaro Cárdenas
G-19	17°50'31.51"	93°23'13.12"	34	Tabasco	Tabasco
G-20	18°21'05.76"	100°40'28.14	257	Guerrero	Cd. Altamirano
G-21	17°30'50.69"	99 29'01.01"	1192	Guerrero	Palomar
G-22	17°58'28.25"	100°35'48.46"	1301	Guerrero	Llano Grande
G-23	16°46'12.99"	99°13'19.64"	35	Guerrero	Lomas de Chapultepec
G-24	16°45'30.56	99°12'16.74	30	Guerrero	Las Vigas
G-25	20°00'903"	105°21'449"	46	Tomatlán, Jal.	Gargantillo
G-26	20°00'675"	105°15'809"	87	Tomatlán, Jal.	El Tule
G-27	19°59'292"	105°18'970"	40	Tomatlán, Jal.	Campo auxiliar (inifap)
G-28	19°43'209"	105°08'552"	17	Tomatlán, Jal.	Bola Gorda (Morelos)
G-29	19°51'875"	105°19'2'938"	10	Tomatlán, Jal.	La Cumbre
G-30	20°02'720"	105°18'362"	64	Tomatlán, Jal.	El Tequesquite
G-31	18°21'05.7"	100°40'28.14	257	Guerrero	Cd. Altamirano
G-32	20°00'819"	105°13'536"	78	Tomatlán, Jal.	Presa Cajón de Peñas
G-33	19°57'362"	105°15'875"	34	Tomatlán, Jal.	Carr. Tomatlán-SAGARPA
G-34	18°33'01.20	95°43'47.4"	6	Veracruz	Carr. Mocambo Alvarado
G-35	18°46'30.6"	95°45'33.2	43	Veracruz	Puente Alvarado
G-36	18°36'40.00"	95°42'03.28"	5	Veracruz	Tlacotalpan
G-37	19°37'57.3"	104°29'12.6"	316	Casimiro C. Jal.	Laguna el Capulin
G-38	19°38'12.6"	104°31'13.50"	305	Casimiro C. Jal.	Corral de Piedra a Lo Arado
G-39	19°38'56.06"	104°30'2.2"	317	Casimiro C. Jal.	Camino al Basurero Mpal.
G-40	19°01'00.66"	96°08'15.74"	26	Veracruz	La Posta
G-41	21°49'32.71"	105°11'00.67"	18	Nayarit	Verdineño



Foto: Mario A. Vega Loera (Dr. Adrián R. Quero Carrillo, M.C. Manuel Silva Luna colectores)

**Figura 3.** Recolecta del pasto Azuche, en Cuautitlán Jalisco.



Fuente: [www.jalisco.gob.mx/](http://www.jalisco.gob.mx/)

**Figura 4.** Ruta de recolecta de *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees, en el trópico de México.

Cada sitio se identificó con la siguiente información.

- ✓ Fecha de recolecta
- ✓ Nombre de recolectores
- ✓ Número del sitio o población
- ✓ Nombre de la localidad de recolecta
- ✓ Ubicación geográfica del sitio de recolecta
- ✓ Municipio
- ✓ Estado

La recolección, conservación y aprovechamiento de recursos forrajeros en el centro de origen es fundamental para mantener y mejorar la producción forrajera, base para alimento del ganado (Do Valle, 2001).

La disponibilidad de variabilidad genética es clave para iniciar programas de selección y mejoramiento genético. La caracterización de la colecta asegura la mayor diversidad, se seleccionan genotipos sobresalientes y se efectúa la caracterización forrajera mediante evaluación de descriptores (Quero *et al.*, 2003). Se recolectaron 41 sitios (genotipos) entre los cuales, hasta el inicio de la evaluación agronómica, se seleccionó el material a evaluar.

#### **4.3. Establecimiento de Parcelas**

Los materiales recolectados fueron multiplicados clonalmente, establecidos en maceta plástica (4l) asegurando su supervivencia. Posteriormente, se establecieron en parcelas 2 por 4 m, con cuatro surcos de cinco plantas a 50 cm de separación y 2 m entre parcelas, bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

Antes de iniciar el experimento, las parcelas se cortaron para uniformizar altura y cada corte experimental, se realizó a 15 cm sobre el nivel del suelo; posteriormente, el corte de forraje se realizó cada 28 días, para el periodo de lluvias y, cada 42 días en la época de seca, debido a que los pastos tenían lento crecimiento.

Los materiales recolectados sobrevivieron hasta su sitio de establecimiento sin problema con el manejo aplicado, mostraron amplia plasticidad morfológica durante su establecimiento, consistente con su hábito de crecimiento bajo condiciones inundables. Se seleccionaron, ocho genotipos; los cuales, en su momento presentaron mejor vigor y mayor porcentaje de cobertura en las parcelas establecidas al momento de inicio de la evaluación agronómica; en esta selección, se tomó al genotipo 13 (G-13); como testigo, ya que presentó diferencias de los demás como fue diámetro de tallo, tamaño de hoja e inflorescencias (Cuadro 3). Se observó variabilidad en capacidad de establecimiento, cobertura, densidad de estolones enraizados, ancho de hoja, textura foliar, densidad de tallos florales.

#### **4.4. Control de Plagas y Enfermedades**

Durante la evaluación agronómica, se registró incidencia de mosca pinta (*Aeneolomia contigua*); por otro lado, algunas plantas mostraron manchas foliares. El producto químico que se utilizó fue a base de cipermetrina (1RS)-cis, trans 3-(2,2-diclorovinil)-2,2-dimetilciclopropano carboxilato de (RS)-ciano-3-Fenoxibencilo y Vydate oxamil: S-metil N', N'-dimetil-N-(metilcarbamoiloxi).

#### **4.5. Control de Maleza**

Se realizaron aplicaciones a razón de 100 ml por cada 20 lts. de agua, con dos productos químicos, Tordón 472 (Picloran+ 2,4-D) y Faena Fuerte (Glifosato), para combatir malezas como: Malva (*Malva spp.*), Golondrina (*Euphorbia serpens*), Quelite (*Amaranthus espinosus*), que crecían dentro de las parcelas y afectaban el crecimiento del pasto. Faena Fuerte (Glifosato) se utilizó para controlar malezas que crecían entre callejones de las unidades experimentales.

La aplicación de Tordón afectó a Azuche, ya que sus hojas mostraron marchitamiento; aunque esto, no afectó el desarrollo de la planta ya que después de unos días sus hojas recuperaron su color. Para evitar esto posteriormente, el control de maleza fue manual, para prevenir problemas con el desarrollo de las plantas.

**Cuadro 3.** Genotipos de *Hymenachne amplexicaulis* seleccionados para su evaluación agronómica, por morfología destacada posterior al establecimiento.

Genotipo	Municipio	Localidad	Coordenadas geográficas		asnm
G-1	Cuautitlán	Casa Blanca	19°26'814"	104°25'758"	569
G-4	La Huerta	Lago Escondido	19°30'866"	104°36'468"	281
G-9	La Huerta	Zapata Puente	19°24'365"	104°57'650"	11
		Cuixmala			
G-13	Purificación	Rancho Casa Alta	19°48'056"	104° 43' 090"	643
G-25	Tomatlán	Gargantillo	20°00'903"	105°21'449"	46
G-26	Tomatlán	El Tule	20°00'675"	105°15'809"	87
G-27	Tomatlán	Campo	19°59'292"	105°18'970"	40
		auxiliar(inifap)			
G-28	Tomatlán	Bola Gorda	19°43'209"	105°08'552"	17
		Morelos			

asnm= altura sobre el nivel del mar ,Genotipo 13 fue de *Hymenachne acutigluma*, los demás, son de *H. amplexicaulis*  
 Todos estos genotipos pertenecen al estado de Jalisco

#### 4.6. Irrigación

Para el periodo de seca, se aplicó un riego por semana, de tal forma que las parcelas quedaran inundadas completamente (Fig. 5); para lograr ésto, se construyó mecánicamente en el perímetro de cada repetición, un bordo para facilitar las maniobras de irrigación, se regó con agua de pozo profundo con equipo de cuatro pulgadas por cinco horas para cada riego.

#### 4.7. Variables Determinadas en las Parcelas Experimentales

##### 4.7.1. Altura de planta

La altura de planta (cm) se determinó antes de cada corte, como promedio de cinco mediciones efectuadas al azar en cada unidad experimental, con regla graduada en cm, desde el suelo hasta la altura del dosel.



Foto: Oscar Orozco Partida (Técnico auxiliar de campo)

**Figura 5.** Aplicación de riego por inundación en las parcelas de los materiales recolectados y evaluados.

#### **4.7.2. Radiación interceptada**

Un día previo al corte, se tomó una lectura por parcela, en cada repetición, con metro de madera, las lecturas se realizaron aproximadamente a las 13: 00 h (Se definió esta hora ya que el ángulo solar es alto y la interceptación de luz cambia al mínimo). Para ello, la regla se colocó a ras de suelo por debajo de los tallos y del dosel; inmediatamente después, se contabilizaron los centímetros sombreados, los cuales representaron el porcentaje de radiación interceptada por el dosel vegetal, en una Línea de Canfield sombreado: soleado (cms.), estas lecturas se tomaron con el objetivo de tener referencia, para saber en qué tiempo después del corte se acercaban al 95% de interceptación lumínica, ya que los días al corte fueron establecidos a 28 y 42 días para lluvias y seca, respectivamente.

#### **4.7.3. Rendimiento de forraje**

Para obtener el rendimiento de forraje en cada parcela, se estableció un cuadro de 0.25 m<sup>2</sup>, donde se cortó el forraje presente a 15 cm de altura, el material cosechado se lavó y secó en estufa de aire forzado por 48 horas a 70°C., este mismo material de utilizó

para determinar composición morfológica, separando cada componente. No se aplicaron fertilizantes, con el fin de establecer la línea base de producción de esta especie. Lo anterior, será un buen criterio de manejo, dado que con utilización de riego, resulta rentable fertilizar, lo cual se evaluará a futuro.

#### **4.7.4. Dinámica poblacional de tallos**

Se determinó con la metodología descrita por Hernández *et al.*, (1997); para ello, antes de iniciar el estudio, en cada unidad experimental, se colocaron aleatoriamente y de manera permanente en cada unidad experimental, un cuadro de varilla de  $\frac{3}{8}$  de 25 x 25 cm, inmediatamente después, todos los tallos dentro de cada cuadro se marcaron con anillos de cables de un mismo color y se consideraran como población inicial.

Posteriormente, cada 28 días para la época de lluvias y 42 días para la época de estiaje, durante un año, los tallos nuevos se marcaron con anillos de color diferente, para diferenciar cada generación y, a los tallos muertos, se les retiró el anillo, para contabilizarlos (Según correspondiera la época). Al mismo tiempo, se registró la cantidad de tallos vivos de las generaciones anteriores y por diferencia con la población anterior, para cada generación se calculó la cantidad de tallos muertos. Los datos individuales en cada cuadrado, fueron usados para calcular los cambios en la densidad poblacional de tallos, tasa de aparición y tasa de muerte de tallos.

#### **4.7.5. Crecimiento foliar**

En cada unidad experimental se delimitó un transepto de 2 m de largo y se seleccionaron de manera aleatoria diez tallos, los cuales se identificaron con anillo de color diferente para cada uno. Inmediatamente después, se realizaron las siguientes mediciones: longitud de la lámina foliar (desde la base de la lígula hasta el ápice en hojas verdes o hasta la base del tejido clorótico en hojas en proceso de senescencia). La tasa de elongación foliar (TEF;  $\text{cm tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$ ), se calculó para las hojas en expansión, por la diferencia entre la longitud de las láminas foliares final (LLFf) y al final de dos mediciones sucesivas.

La tasa de crecimiento neto foliar por tallo (CNF;  $\text{cm tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$ ), se calculó como la diferencia entre la tasa de elongación foliar (TEF) la tasa de senescencia foliar (TSF).

$$\text{CNF}=\text{TEF}-\text{TSF}$$

La tasa de senescencia foliar (TSF;  $\text{cm tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$ ), se obtuvo para hojas maduras y en proceso de senescencia, como la diferencia entre longitud de las láminas foliares verdes al inicio (LFVi) y al final de dos mediciones sucesivas. (LFVf), dividida entre el número de días (T) transcurridos entre mediciones sucesivas.

$$\text{TSF}=(\text{LFVi}-\text{LFVf})/\text{T}.$$

#### **4. 7.6. Composición morfológica**

Para determinar la composición morfológica durante cada corte del forraje cosechado, se separó cada componente de la planta en: material muerto, tallo, hoja y espiga. Esto se realizó con el material que se cortó de cada cuadro establecido para determinar rendimiento de materia seca. Éstos se secaron y pesaron por separado.

#### **4.7.7. Tasa de aparición y muerte de tallos**

Los valores de aparición y muerte de tallos por planta se multiplicaron por el número de plantas por  $\text{m}^2$ , con esos datos se estimó: la densidad poblacional de tallos (DPT;  $\text{m}^{-2}$ ) y sus respectivas tasas mensuales de aparición de (TAT) y muerte (TMT), mediante la metodología sugerida por Hernández-Garay *et al.* (1997).

DPT= N° de tallos vivos existentes en cada muestreo

$$\text{TAT}=\frac{\text{N}^\circ \text{ de Tallos nuevos}}{\text{DT del muestreo anterior}} \quad (100)$$

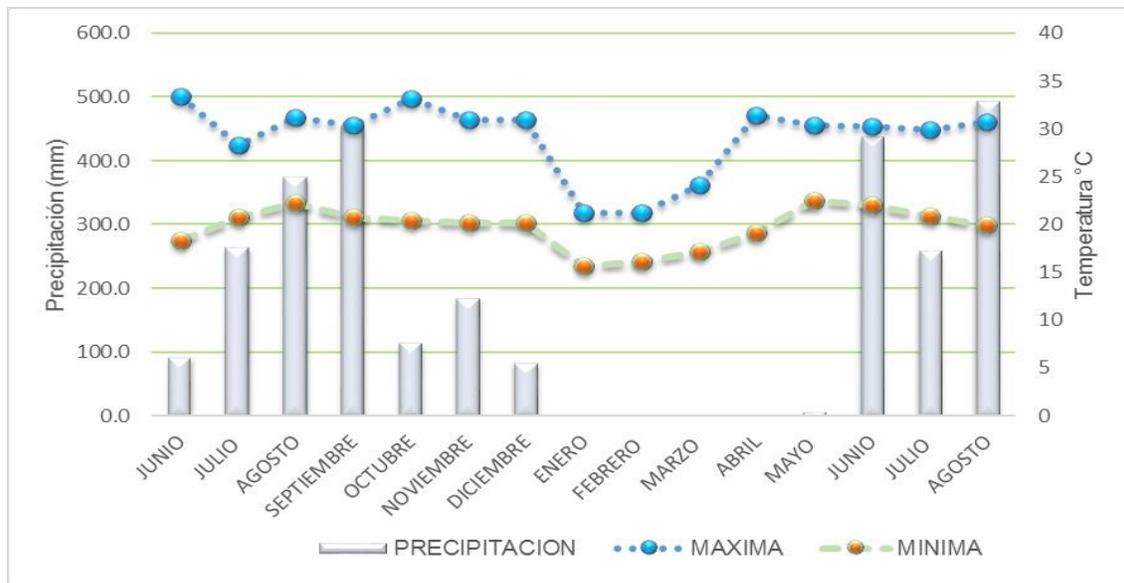
$$\text{TMT}=\frac{\text{N}^\circ \text{ de Tallos nuevos}}{\text{DT del muestreo anterior}} \quad (100)$$

La tasa de sobrevivencia de tallos (TST) se obtuvo de manera indirecta mediante la ecuación

$$TST=1-TMT$$

#### 4.7.8. Datos climáticos

Se registraron los promedios mensuales de temperatura a la intemperie (máxima, media y mínima) y la precipitación mensual, durante el periodo de estudio, estos datos se obtuvieron de la estación climatológica del Ingenio José María Morelos, ubicada dentro de las instalaciones del Sitio Experimental Costa de Jalisco de INIFAP (Fig. 6).



Fuente: Estación climatológica del Ingenio José María Morelos, zafra 2013-2014

**Figura 6.** Cambios mensuales en la precipitación pluvial y temperaturas máximas, medias y mínimas, durante el periodo experimental (2013-2014).

Durante la fase experimental la temperatura máxima promedio mensual fue de 33°C y se registró durante Junio y Octubre de 2013, mientras que las menores temperaturas promedio fueron de 16°C y se presentaron en Enero y Febrero de 2014. Durante el periodo de evaluación, la precipitación total fue de 2 765 mm. La mayor precipitación promedio se presentó en Agosto de 2014 con 491 mm.

#### **4.7.9. Valor nutritivo**

Se cosechó material forrajero de cada genotipo de cada repetición, se separó en hoja joven y hoja madura, se lavó y depositó en bolsas de papel debidamente etiquetadas, se secó en estufa de aire forzado a 55°C, durante 48 horas y se molieron (malla de 1 mm de diámetro). Posteriormente, se tomaron submuestras de ese material para realizar las siguientes determinaciones:

#### **4.7.11. Proteína**

Se determinó con el método de contenido de nitrógeno total de una submuestra, de cada repetición, mediante el método de Micro Kjendhal (AOAC, 1990), que incluye digestión de la muestra por medio de combustión húmeda usando ácido sulfúrico, se calcula el porcentaje de nitrógeno de la muestra, que a su vez es multiplicado por un factor estándar de 6.25, para estimar el porcentaje de proteína cruda.

#### **4.7.12. Cenizas**

La muestra se depositó en crisol de porcelana, se pesó y calcinó durante 4 a 5 horas, en mufla a 550°C, hasta que la ceniza se tornó color blanco o gris claro, lo que indicó ausencia de materia orgánica. El crisol se enfrió en desecador, se pesó y se calculó el contenido porcentual de ceniza.

#### **4.7.13. Digestibilidad *in situ* de la materia seca**

Del forraje en estudio se pesó una muestra de  $5 \pm 0.5$  g de MS, las bolsas (dacrón de 5 x 10 cm), se colocaron en agua por 10 minutos, se utilizaron, con tamaño de poro de  $53 \pm 10$   $\mu$ m, se colocaron en el rumen de bovino fistulado de la raza holandés con peso promedio de 550 kg.; después de un periodo de 48 horas, fueron retiradas del rumen, lavadas con agua, hasta que ésta fluyó transparente y, posteriormente, secadas por 24 horas a la intemperie y, luego, en estufa de aire forzado. Enseguida, se sacaron y colocaron en desecador, para pesarlas. Por diferencia de peso inicial y final se calculó la digestibilidad.

Digestibilidad= (bolsa + alimento)-(bolsa + residuo).

#### **4.7.14. Fibra detergente neutro y ácido**

Mediante la técnica de bolsa de filtro (Ankom200) en Balanza Analítica Ohaus (100 g  $\pm$ 0.1mg), se pesaron 0.5mg de muestra de hoja con los estados de desarrollo mencionados y éstas se colocaron en bolsas filtro previamente pesadas (F57 Fiter bags AT). A continuación, estas muestras se colocaron en digestor (Ankom200, 65rpm, Ankom Technology– AT), al que se le agregaron 1800ml de solución detergente neutro con pH de 6.9 y 7.1, se agitaron por 45 minutos a 100°C; posteriormente, se enjuagó tres veces por 5 minutos con 1800ml de agua des ionizada. Las muestras libres de exceso de agua se sumergieron durante 5 minutos en acetona (99.6%), se retiraron y se secaron por 24 h a 102  $\pm$  2 °C, en estufa. Se retiraron las muestras de la estufa, cuidadosamente se colocaron en desecador, evitando que adquiriesen humedad ambiental y se procedió a pesar cada una de las muestras, finalmente se procedió a realizar los cálculos mediante la ecuación:

$$\% \text{ NDF} = \frac{W3 - (W1 \times C1)}{W2} \times 100$$

Donde:

W1 = peso de bolsa

W2 = peso de muestra

W3 = peso seco de bolsa con muestra, después de la extracción

C1 = corrección por blanco

Para determinar contenido de fibra detergente ácido se utilizó el procedimiento anterior, sustituyendo el detergente ácido en las mismas proporciones. Estas determinaciones se realizaron en el Laboratorio de nutrición animal del Colegio de Postgraduados en Montecillos, Texcoco, México.

#### **4.8. Diseño experimental**

Para el análisis de la información se utilizó un diseño bloques completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos 8x2, el numero 8 corresponde a los genotipos y el

2 para la época del año, empleando GLM y Tukey ( $p < 0.05$ ), para comparar medias entre tratamientos (SAS, 2003).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Acumulación y Producción de Forraje

El rendimiento de materia seca (MS), es uno de los aspectos de mayor importancia en la evaluación de cualquier especie forrajera cuando se comparan variedades o genotipos. El rendimiento de MS para los materiales de Azuche fue variable entre genotipos y se puede considerar como bueno, debido al tiempo de establecimiento de las parcelas y, a las condiciones donde se estableció, se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), entre genotipos, por corte, durante el año (Cuadro 4), siendo más productivo el testigo G-13, presentando una producción de 8,282 kg MS ha<sup>-1</sup> año y, el rendimiento promedio de 4,141 kg MS ha<sup>-1</sup> año, le siguen los G-25 y G-1 con 6,800 y 6,692 kg ha<sup>-1</sup> año, siendo G-27 y G-4 los que presentaron las menores producciones con 5,249 y 5,100 kg MS ha<sup>-1</sup> año respectivamente, presentando promedios de producción de 2,549.8 y 2,574.1 kg MS ha<sup>-1</sup> año durante el periodo de evaluación. Enríquez *et al.* (2005), obtuvieron producciones para Azuche mayores a 8 t MS ha<sup>-1</sup> año, otros autores como Camarao *et al.* (2004), encontraron que en Brasil, este pasto puede producir 10 t MS ha<sup>-1</sup> año; mientras que en Venezuela, la producción de esta especie se ubica entre 8.5 a 16.5 t MS ha<sup>-1</sup> año, durante la época de seca de 6.4 t MS ha<sup>-1</sup> año. En México Meléndez (1999), reporta rendimientos de MS de 5.6 t MS ha<sup>-1</sup> año, cosechado cada 45 días. Tejos (2008), reportan producciones de MS para *Hymenachne* y *Leersia*, de 17.7 y 4.1 t MS ha<sup>-1</sup> año. Cuadrado *et al.* (2005), reportan un rendimiento de 18.1 t MS ha<sup>-1</sup> año para *Brachiaria* cv. Mulato, en condiciones de un suelo aluvial sin fertilizar, Pinzón y Santamaría (2005), reportan un rendimiento de 20.1 t MS ha<sup>-1</sup> año para el mismo pasto. Homen *et al.* (2010), en Venezuela, indicaron valores de producción en *Brachiaria* cv. Tanner de 659 kg MS ha<sup>-1</sup> año a 21 días de rebrote y 5,032 kg MS ha<sup>-1</sup> año a 42 días de rebrote con fertilización.

Lo anterior, es indicativo de que Azuche no produce, al parecer, mayores cantidades de forraje, en comparación con *Brachiaria brizantha*. Sin embargo, permea en sitios marginales donde *B. brizantha* no prosperaría. Los genotipos presentaron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre época del año (Cuadro 4), siendo la época de lluvia donde se presentaron las mejores producciones; lo anterior puede ser consecuencia de que Azuche tiene mejor crecimiento en zonas inundables. Agosto de 2014 (Fig. 6) mostró las mayores precipitaciones, lo que favoreció al crecimiento del pasto; bajo estas condiciones, para este trabajo se reporta un promedio del rendimiento total de 3,648 Kg MS ha<sup>-1</sup> para la época de mayor precipitación y, una producción de 2,544 Kg MS ha<sup>-1</sup> para la época seca; los resultados de producción de MS fueron mayores a los presentados por Figallo *et al.* (2013), donde reportan datos de producción de MS de 580 y 1,180 Kg MS ha<sup>-1</sup>, en cortes cada 27 y 42 días en época de lluvias, en tanto que en sequía las producciones fueron de 348 y 680 Kg MS ha<sup>-1</sup>.

Por otro lado Tejos, (2008), reporta producciones para la época de lluvias y seca de 12.79 y 4.89 t MS ha<sup>-1</sup>, para *Hymenachne*. En resultados que presentan Argel y Pérez, (2003), Mulato rindió 13.6 t MS ha<sup>-1</sup> año con cinco a seis meses secos.

**Cuadro 4.** Producción de MS ( $\text{Kg MS ha}^{-1}$  año) en la interacción de época contra genotipos del pasto Azuche.

Genotipo	29/07/13*	27/08/13*	24/09/13*	26/06/14*	24/07/14*	RT	10/12/13**	22/01/14**	05/03/14**	17/04/14**	29/05/14**	RT
	G-1	548 <sup>e</sup>	976 <sup>bNS</sup>	436 <sup>bcNS</sup>	392 <sup>NS</sup>	327 <sup>deNS</sup>	4247 <sup>abA</sup>	685 <sup>abNS</sup>	584 <sup>c</sup>	373 <sup>NS</sup>	240 <sup>NS</sup>	174 <sup>a</sup>
G-4	646 <sup>de</sup>	880 <sup>bNS</sup>	538 <sup>bA</sup>	385 <sup>NS</sup>	291 <sup>eNS</sup>	2889 <sup>cNS</sup>	730 <sup>abNS</sup>	668 <sup>c</sup>	350 <sup>B</sup>	269 <sup>NS</sup>	195 <sup>a</sup>	2211 <sup>b</sup>
G-9	1024 <sup>bcA</sup>	893 <sup>bNS</sup>	367 <sup>cNS</sup>	289 <sup>NS</sup>	675 <sup>abA</sup>	3349 <sup>bcA</sup>	720 <sup>abB</sup>	889 <sup>bc</sup>	316 <sup>NS</sup>	238 <sup>NS</sup>	203 <sup>ab</sup>	2227 <sup>bb</sup>
G-13	1395 <sup>aA</sup>	1321 <sup>ab</sup>	1256 <sup>aA</sup>	415 <sup>NS</sup>	827 <sup>aA</sup>	5030 <sup>aA</sup>	812 <sup>aB</sup>	1432 <sup>aNS</sup>	382 <sup>B</sup>	295 <sup>NS</sup>	142 <sup>ab</sup>	3252 <sup>aB</sup>
G-25	1168 <sup>bA</sup>	1533 <sup>aA</sup>	604 <sup>bA</sup>	380 <sup>NS</sup>	722 <sup>aA</sup>	4123 <sup>bA</sup>	781 <sup>aB</sup>	1105 <sup>abB</sup>	340 <sup>B</sup>	319 <sup>NS</sup>	194 <sup>ab</sup>	2677 <sup>abB</sup>
G-26	795 <sup>cd</sup>	1113 <sup>bNS</sup>	453 <sup>bcNS</sup>	228 <sup>NS</sup>	550 <sup>bcA</sup>	3286 <sup>bcNS</sup>	819 <sup>aNS</sup>	767 <sup>bc</sup>	385 <sup>NS</sup>	328 <sup>NS</sup>	176 <sup>ab</sup>	2839 <sup>ab</sup>
G-27	722 <sup>deNS</sup>	813 <sup>bNS</sup>	497 <sup>bcNS</sup>	263 <sup>NS</sup>	447 <sup>cdA</sup>	2914 <sup>cNS</sup>	565 <sup>b</sup>	579 <sup>c</sup>	440 <sup>NS</sup>	281 <sup>NS</sup>	243 <sup>ab</sup>	2235 <sup>b</sup>
G-28	683 <sup>deNS</sup>	749 <sup>bNS</sup>	614 <sup>bA</sup>	390 <sup>NS</sup>	571 <sup>bcA</sup>	3467 <sup>bcNS</sup>	625 <sup>ab</sup>	655 <sup>c</sup>	398 <sup>B</sup>	303 <sup>NS</sup>	146 <sup>ab</sup>	2465 <sup>ab</sup>
EEM	89.4	136.7	52.9	49.4	44.5	283.3	71.8	108.5	52.9	49.5	55.1	283.3

Diferente literal minúscula en cada hilera indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ )

Diferente literal mayúscula en cada columna indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ )

NS= No significante, EEM= Error estándar de la media. C-1= Numero de cortes por época RT= rendimiento total, Lluvia \*, seca \*\*.

La mayor producción de MS se observó en la época de lluvia (Cuadro 4) y el testigo G-13, con 8,281.6 Kg MS ha<sup>-1</sup> mostró la mayor producción de MS durante el año. La interacción época por genotipo presentó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), los G-1, G-9 y G-25 presentaron mayor producción en lluvias 4,247, 3,349 y 4,123 Kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente y; para la época seca los G-13, G-26 y G-25 produjeron más con 3,251.8, 2,839.3 y 2,676.5 Kg MS ha<sup>-1</sup>. Hernández *et al.* (2002), indican que las condiciones ambientales y el manejo de las praderas inciden directamente en el rendimiento y calidad de las mismas, de modo que su valor nutritivo y la producción de MS es variable durante el año. Ante esta situación, la estacionalidad climática es importante en la producción de forraje, debido principalmente a un desequilibrio en el rendimiento de las plantas forrajeras, atribuido a la falta de humedad en el suelo en la época seca y excedente en la temporada de lluvias, por su parte Mitsch y Gosselink (2007), comentan que en los humedales, la profundidad del agua y sus variaciones estacionales afectan los ciclos de nutrientes y disponibilidad de éstos para las plantas utilizadas y su producción.

De acuerdo a los resultados aquí encontrados, se puede atribuir una menor producción, ya que Azuche tiene su hábitat en zonas inundadas y se vio afectado por la época del año, al respecto Mitsch y Gosselink (2007), comentan que el régimen de inundación se considera el factor más importante que controla el crecimiento y composición, ya que afecta procesos fisiológicos como germinación de semillas, crecimiento, productividad, descomposición y dinámica de nutrientes.

Dependiendo de la profundidad, duración e intensidad, se afectan entre otras, las funciones de raíces y rizomas (respiración, soporte, almacenamiento de reservas, absorción de nutrientes), lo que se traduce en reducciones en el crecimiento, en la biomasa, en la actividad fotosintética y modificaciones en la distribución de asimilados fotosintéticos, así como en alteraciones en la absorción de nutrientes (Chen *et al.*, 2005).

## 5.2. Calidad nutritiva

### 5.2.1. Proteína cruda

El valor nutritivo de un forraje depende de su composición química y de la edad de la planta al momento de cosecharse de tal forma que, las proporciones de los componentes morfológicos hojas, tallos y tasa de senescencia, afectan la calidad nutritiva del forraje (Barbosa *et al.*, 2004). Según Lemaire *et al.* (2000), el factor nutricional más importante que afecta el consumo, es la digestibilidad del forraje consumido, de tal forma, que conforme esta aumenta, también el consumo aumenta. Hay una estrecha relación entre valor nutritivo (medido como digestibilidad) y consumo voluntario, por lo que al incrementar la digestibilidad, el consumo aumenta hasta aproximadamente 70% y, arriba de este porcentaje, la relación no es buena, pero el consumo generalmente se mantiene (Difante *et al.*, 2008).

Azuque presentó contenidos de proteína a 28 días de rebrote, en la época de lluvias, con diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre genotipos (Cuadro 5). Los valores más elevados se observaron en G-9, G-26 con 17.2 y 16.4%, respectivamente; mientras que, G-28 mostró el menor contenido de proteína con 13.5%; y el testigo G-13, con 15.9%. Lo que es un valor normal para esta especie. Los materiales evaluados tienen alto contenido de proteína, lo que evidencia que Azuque posee buena calidad forrajera para la alimentación de bovinos. Se observa que hay diferencia en hoja joven y madura para esta variable, ya que en madura, los contenidos son menores (Cuadro 5).

Para esta especie Guterres *et al.* (2008), reportan 20% de proteína; por otro lado Tejos (1980), presenta datos de 14 a 15.7% evaluando esta especie a diferentes alturas sobre la lámina del agua; Mejía *et al.*, (2011), reportan datos similares a los encontrados en este trabajo, con 17.2%, estos mismos autores reportan valores para *Leersia hexandra* de 9.5%, para la época seca. Por su parte Enríquez *et al.* (2005), demuestran que los resultados en materiales de Azuque para proteína cruda en hojas y tallos fueron de 16 y 17%, comentan que los resultados encontrados en los genotipos, muestran valores altos en contenido de proteína tanto para hoja y tallos, a 56 días de

rebrote. Esto lo atribuye a que Azuche es una gramínea C<sub>3</sub>, que tiene condiciones de menor tejido vascular y esclerénquima, contrariamente a especies C<sub>4</sub>, con mayor concentración de mesófilo, lo cual es ampliamente reconocido como atributo de mayor digestibilidad. Hill (2000), señala contenidos de proteína de 130 a 300 g kg<sup>-1</sup>.

Santos *et al.* (2002), comprobaron que *H. amplexicaulis* y *L. hexandra* tienen 17.9 y el 11.5% de proteína cruda, respectivamente, comentan que esto explica tal vez la selección de diferentes especies herbívoras al consumo de este pasto. Guido *et al.* (2001), indicaron porcentajes de proteína de 17.5, 14.6, 14.4% para *E. polystachya*, *Hymenachne* y *L. hexandra*, respectivamente.

Peñuela *et al.* (2013), reportan porcentajes para cinco especies, siendo el valor mínimo para *Axonopus purpusii* con 6% y 9.1% para *L. hexandra*; 9.1%, para *Paspalum notatum*; 12.3%, para *Paratheria postrata* y 12.3% para *H. amplexicaulis*. En resultados de indicadores de calidad Rincón *et al.* (2007), reportan contenidos de proteína de 12.2 y 10.5% para el pasto Amargo y Toledo, respectivamente. Para otra especie que se adapta a zonas de inundación Tejos (2002), encontró contenidos para *L. Hexandra*, de 6.8 a 14.4%, este mismo autor reporta que al inicio de lluvias, se pueden alcanzar concentraciones de 20-23% de proteína, para *L. hexandra* e *H. amplexicaulis*; sin embargo, en la época seca todas las especies nativas disminuyen considerablemente los contenidos proteicos. Cuadrado *et al.* (2005), reportan porcentajes promedio de PC de 9.8 y 8.3% para el cv. Mulato y *B. decumbens* cv Basilisk, respectivamente, durante la época lluviosa. Guiot y Meléndez (2003), presentan contenidos de proteína en Mulato de 10% para hojas y 5% para tallos. Por su parte Juárez *et al.* (2009), reportan valores para cuatro especies tropicales a inicio de floración; *Panicum máximum* (Guinea), *Cynodon dactylon* (Bermuda), *Digitaria decumbens* (Pangola), y *Panicum máximum* var. Tanzania, de 8.1, 7.6, 7.6 y 4.6% de proteína respectivamente, valores muy inferiores a los encontrados en este trabajo para Azuche.

### **5.2.2. Fibra detergente neutro**

Los niveles de FDN varían según la época del año, en la época seca se tiene reportado un promedio de 61.1% (Torres *et al.*, 2003), por su parte (Peñuela *et al.*, 2013), reportan valores de FDN para *A. purpusii* 71%, *L. hexandra* 66,5%, *P. notatum* 71,7%, *P. prostrata* 67,7% e *H. amplexicaulis* 73,0%. Para esta variable, el contenido de FDN mostró diferencias ( $P < 0.05$ ) entre genotipos, siendo G-25 diferente a los demás, registrando mayor contenido con 69.8 y 67.8% para hoja joven y madura y el testigo G-13 presentó valores de 64.2 y 59.6% (Cuadro 5), se aprecia que los demás genotipos obtienen valores prácticamente similares, oscilando de 61.7 a 69%, estos datos son inferiores a los registrados para esta variable por Enríquez *et al.* (2005), quienes reportan valores para hojas con amplitudes de 700 a 750 g kg<sup>-1</sup> MS, estos valores se encuentran dentro de los aceptables para pastos tropicales. Van Soest (1993), indicó que la amplitud aceptada para FDN es de 700 a 770 g kg<sup>-1</sup> MS, en cuatro de los pastos tropicales más utilizados; mientras que, en Veracruz Juárez *et al.* (1999), mencionan que la FDN en 15 pastos tropicales, en su mayor parte introducidos o mejorados y nativos, se encontró un rango de 630 a 750 g kg<sup>-1</sup> MS de FDN, lo que ubica a esta fracción nutricional como una de las más importantes en pastos tropicales. Rincón *et al.* (2007), presentan porcentajes de 53.4 y 58.4% para Amargo y Toledo. Juárez *et al.* (2009), reportan valores para cuatro especies tropicales a inicio de floración *Panicum máximum* (Guinea), *Cynodon dactylon* (Bermuda), *Digitaria decumbens* (Pangola), y *Panicum máximum* var. Tanzania, 72.7, 76.0, 65.6, 74.6% de FDN, estos valores son mejores a los que presentaron los ecotipos de *Hymenchna*.

### **5.2.3. Fibra detergente ácido**

Los niveles de FDN y FDA son indicadores de la calidad del forraje, estos valores pueden favorecer mayor consumo de MS, pues son indicadores de llenado físico del animal (energía) y la calidad de la fibra consumida (Villalobos *et al.*, 2010). El contenido de FDA en hojas jóvenes y maduras de los genotipos de Azuche fueron diferentes ( $P < 0.05$ ), con valores de 39.3 y 45.5% para G-13 y G-25, hoja joven y 31.5 a 44.9% para estos mismos genotipos en hoja madura, mientras el testigo G-13 presentó valores de 39.3 y 38.6%, respectivamente (Cuadro 5). Altos contenidos de FDA están asociados a bajos niveles de digestibilidad *in vitro* de la MS, ya que valores altos están

correlacionados positivamente con altos contenidos de lignina, celulosa y hemicelulosa, componentes de la pared celular considerados indigestibles y, además, altos niveles de lignina afectan la digestibilidad de los pastos (Van Soest, 1993). Enríquez *et al.* (2005), reportaron diferencia en las hojas de materiales de Azuche con valores mínimos de 470 g kg<sup>-1</sup> MS y máximos de 560 g kg<sup>-1</sup> MS. Por su parte Peñuela *et al.* (2013), registraron valores para *A. purpusii* de 42,5%; *L. hexandra*, 44,5%; *P. notatum*, 45,2%, *P. prostrata* 37,3% e *H. amplexicaulis* 43,1%, estos últimos valores son similares a los encontrados en este trabajo, para los G-25 y G-29. Por otro lado Guido *et al.* (2001), reportan para *E. polystachya*, *Hymenachne* y *L. hexandra*, contenidos de 41, 41.2 y 30%, respectivamente. Por su parte Rincón *et al.* (2007), presentan porcentajes de 25.8 y 31.1%, para los pastos Amargo y Toledo.

#### **5.2.4. Contenido de cenizas (minerales)**

El contenido de cenizas (minerales) en las especies vegetales puede variar por diferentes factores; uno de ellos, es la concentración de minerales en el suelo y la capacidad de movilidad desde el suelo a la planta, también se puede afectar por factores climáticos y, como se ha dicho anteriormente, la inundación también afecta su disponibilidad en las diferentes épocas del año (seca-lluvias). Las cenizas representan la cantidad de minerales presentes en los forrajes, los materiales evaluados registraron contenidos que oscilan de 13.8 a 20.5% a para G-28 y G-25, respectivamente. Se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) para hoja joven y madura en esta variable, siendo en hoja madura donde se encuentran mayores porcentajes, siendo G-28 el que presentó valores de 17.5 y 23.6%, respectivamente; mientras que, el testigo G-13 presentó 13.2 y 16.4%, siendo uno de los que menores valores obtiene, (Cuadro 5). Enríquez *et al.* (2005), reportan contenidos de 120 a 155 g Kg<sup>-1</sup> MS en hoja, a 56 días de rebrote. Tejos *et al.* (1980), reportaron contenidos de cenizas, en este pasto, de 11.1%, durante periodos de inundación. Peñuela *et al.* (2013), encontraron valores promedio para *A. purpusii* de 9.5%; *L. hexandra*, 16.1%; *P. notatum*, 10.2%; *P. prostrata*, 14.73% e *H. amplexicaulis*, 12%. Se puede observar una riqueza de minerales en los forrajes nativos; lo cual, junto con el contenido de proteínas encontrado, demuestra que el aporte nutricional de estas especies es favorable para los animales. Guido *et al.* (2001),

indican valores para *E. polystachya*, *Hymenachne* spp. y *L. hexandra* 13, 10 y 17.5% para estas especies, datos inferiores a los encontrados en este trabajo, en lo que se refiera al pasto Azuche. Mejía *et al.* (2011), reportaron datos de 13 y 12.3% para *Leersia* e *Hymenachne*, respectivamente, en la sabana inundable del Casanare. Juárez *et al.* (2009), reportan contenidos de cenizas de 11.5, 8.6, 9.3 y 15% para Guinea, Bermuda, Pangola y Tanzania, respectivamente, menores a los que se reportan en este trabajo.

### **5.2.5 Digestibilidad *in situ***

La digestibilidad es una variable biológica importante para describir el valor nutritivo de un alimento. La digestibilidad en el rumen está determinada por factores físicos y químicos del alimento, así como por las características del animal. Para remover parte de los factores físicos del alimento y características del animal, se realizan pruebas de digestibilidad *in vitro* (en laboratorio) simulando las condiciones del rumen; lo anterior, permite estimar la digestibilidad verdadera de un alimento para rumiantes. Los resultados de esta variable (Cuadro 5) mostraron diferencias entre genotipos ( $P < 0.05$ ), el testigo G-13 y G-9 presentaron mayores porcentajes con 61.1 y 60.8; 60.3 y 56.9% para hoja joven y madura, respectivamente, siendo G-28 el de menor valor 49.7 y 46.2%, respectivamente. En Venezuela González y Piña (1995), refieren que Azuche tiene concentraciones de digestibilidad de  $610 \text{ mg kg}^{-1}$ , posterior a la floración.

En pastos tropicales Vega *et al.* (2006), encontraron en *B. decumbens*, mayor digestibilidad en la época de seca, respecto a la de lluvias, con porcentajes de 62.6 y 57.2%, respectivamente. Estos datos fueron superiores en esta especie a los encontrados en Azuche; sin embargo, para proteína reportan valores inferiores a los obtenidos entre genotipos de Azuche. Por su parte Rincón *et al.* (2007), presentan porcentajes para esta variable para el pasto Amargo y Toledo de 74.2 y 68.2% respectivamente. Guiot y Meléndez (2003), presentan datos de digestibilidad de 65% en pasto Mulato, creciendo en condiciones de Tabasco.

Se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre hoja joven y hoja madura para las variables evaluadas, registrándose los mejores valores para hoja joven (Cuadro 5), se encontró mejor contenido de cenizas en la época seca y, en cuanto a digestibilidad, hubo significancia ( $P < 0.05$ ). Se puede atribuir este comportamiento a las condiciones donde se establecieron las parcelas y, al ser una especie  $C_3$ , los genotipos poseen menor contenido de tejido vascular y esclerénquima, contrariamente a las  $C_4$ , lo que resulta en mayor concentración de mesófilo, ampliamente reconocido como el tejido de mayor digestibilidad.

### **5.3. Altura de Planta**

Se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre genotipos, época del año y cortes; para el primer corte, la mayor altura se observó en G-25, con 87.9 cm, siendo G-9 el que mostró la menor, con 28.5 cm y el testigo con 58.7 cm (Cuadro 6). Para el segundo corte, G-1 obtuvo la mayor altura con 49.3 cm, y G-9 registró tan solo 25 cm.

Se observó en campo que el pasto tiende a cambiar sus hábitos de crecimiento en ausencia del agua, mostrando crecimiento de amacollado a cespitoso y, este se ve influenciado por los periodos de inundación. En condiciones de inundación (Corrales *et al.*, 1973), reporta alturas de 1 a 2 m planta completa a veces más larga y con tendencia al acame y, alturas de 20, 30 y 40 cm sobre la lámina del agua.

Se observó muy amplia plasticidad morfológica en *H. amplexicaulis*; la cual, es una adaptación para permear eficientemente en condiciones intermitentes de inundación/sequía, normales en zonas bajas inundables. Azuche mostró alargamiento rápido de los entrenudos bajo condiciones de anegación, promoviendo que el área foliar provea de oxígeno necesario a la planta durante la fase de inundación y, contrariamente, acortar entrenudos (y desarrollo radical) conforme se reduce la lámina de agua; lo anterior, promueve que esta especie reduzca eficientemente la evaporación directa del suelo, de la humedad remanente, promoviendo que ocurra transpiración a través del tejido vegetal (área foliar) que esta especie desarrolla rápidamente.

**Cuadro 5.** Calidad del forraje en genotipos de Azuche, en la época de lluvias.

Genotipo	PC		FDN		FDA		CE		DG	
	Hoja Joven	Hoja Madura	Hoja Joven	Hoja Madura	Hoja Joven	Hoja Madura	Hoja Joven	Hoja Madura	Hoja Joven	Hoja Madura
G-1	14.5 <sup>dB</sup>	15.2 <sup>cA</sup>	64.8 <sup>cdA</sup>	60.4 <sup>dB</sup>	41.5 <sup>bcdNS</sup>	40.7 <sup>b</sup>	14.2 <sup>cB</sup>	17.6 <sup>bA</sup>	54 <sup>bcNS</sup>	53.3 <sup>bcd</sup>
G-4	16.5 <sup>bA</sup>	14.3 <sup>dB</sup>	62.5 <sup>eA</sup>	60.8 <sup>cdB</sup>	39.4 <sup>dNS</sup>	40.7 <sup>b</sup>	13.4 <sup>dB</sup>	16.4 <sup>dA</sup>	55.8 <sup>bNS</sup>	56.2 <sup>bc</sup>
G-9	17.2 <sup>aNS</sup>	17.2 <sup>a</sup>	62.5 <sup>eNS</sup>	62.5 <sup>bc</sup>	39.5 <sup>dA</sup>	31.5 <sup>dB</sup>	13.8 <sup>cdB</sup>	16.6 <sup>cdA</sup>	60.3 <sup>aNS</sup>	56.9 <sup>ab</sup>
G-13	15.9 <sup>cA</sup>	15 <sup>cB</sup>	64.2 <sup>deA</sup>	59.6 <sup>dB</sup>	39.3 <sup>dNS</sup>	38.6 <sup>bc</sup>	13.2 <sup>dB</sup>	16.4 <sup>dA</sup>	61.1 <sup>aNS</sup>	60.8 <sup>a</sup>
G-25	15.7 <sup>cA</sup>	14.8 <sup>cB</sup>	69.8 <sup>aA</sup>	67.8 <sup>aB</sup>	45.5 <sup>aNS</sup>	44.9 <sup>a</sup>	13.4 <sup>dB</sup>	14.3 <sup>eA</sup>	56.1 <sup>bNS</sup>	53.9 <sup>bc</sup>
G-26	17.1 <sup>aA</sup>	15.7 <sup>bB</sup>	65.9 <sup>bcA</sup>	64.1 <sup>bB</sup>	41 <sup>cA</sup>	37.5 <sup>cB</sup>	14.3 <sup>cB</sup>	16.5 <sup>cdA</sup>	50.5 <sup>cdNS</sup>	52.3 <sup>cd</sup>
G-27	16 <sup>cA</sup>	13.7 <sup>eB</sup>	67.5 <sup>bA</sup>	63.8 <sup>bB</sup>	42.8 <sup>bcA</sup>	39.6 <sup>bcB</sup>	15.3 <sup>bB</sup>	17 <sup>bcA</sup>	49.8 <sup>dNS</sup>	49.7 <sup>de</sup>
G-28	14.5 <sup>dA</sup>	12.6 <sup>fB</sup>	66.1 <sup>b<sup>cA</sup></sup>	60.1 <sup>dB</sup>	43.6 <sup>abA</sup>	39.9 <sup>bB</sup>	17.5 <sup>aB</sup>	23.6 <sup>aA</sup>	49.7 <sup>d<sup>NS</sup></sup>	46.2 <sup>e</sup>
EEM	0.12	0.12	0.56	0.56	0.80	0.80	0.19	0.19	1.34	1.34

Diferente literal minúscula en cada hilera indican diferencia significativa (P<0.05)

Diferente literal mayúscula en cada columna indican diferencia significativa (P<0.05)

PC= Proteína cruda, FDN= Fibra detergente neutro, FDA= Fibra detergente ácido, CE= Cenizas, DG= Digestibilidad, EEM= Error estándar de la media

En campo, el pasto modificó sus hábitos de crecimiento en usencia de agua, mostrando crecimiento de amacollado a cespitoso y, éste se ve influenciado por los periodos de inundación/sequía. En condiciones de inundación (Corrales *et al.*, 1973), reportan alturas de 1 a 2 m planta completa; en ocasiones, mayor y con tendencia al acame y, alturas de 20, 30 y 40 cm sobre la lámina del agua por la longitud de la hojas flotantes. Se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre épocas del año (Cuadro 6), registrándose las mayores alturas de planta en la época de lluvias, reflejando un menor crecimiento en la época de mínima precipitación. Lo anterior, confirma lo reportado por Gerritsen y Greening (1989) y Mitsch y Gosselink (2007), quienes mencionan que el régimen de inundación se considera el factor más importante que controla el crecimiento y composición de especies, ya que afecta procesos fisiológicos y ecológicos.

Como se puede observar (Cuadro 6), se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre genotipos y época del año; las mejores alturas, fueron registradas en la época de lluvias para G-1 y G-25; los cuales corresponden a los de mayor productividad de forraje. Por otra parte, G-9, G-26, G-27 y G-28 no mostraron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre ellos y para la época de lluvias, ya que su altura promedio osciló en 27 cm. Para la época seca, estos mismos genotipos tuvieron promedios similares de 23 cm, mostrando un comportamiento parecido respecto a altura, en las dos épocas.

#### **5.4. Tasa de Recambio de Tejido**

##### **5.4.1. Elongación, senescencia y crecimiento neto foliar**

Se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre genotipos evaluados y época, para tasa de elongación foliar, observándose mayor elongación en lluvias, para el primer corte, siendo G-4, G-9 y G-13 con 2.21, 1.86 y 1.86 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> los de mayor crecimiento. El testigo G-13, presentó la mayor tasa de elongación en lluvias, en respuesta a la humedad en el suelo. Para el estiaje, se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre genotipos; G-1, presentó la mayor tasa en los tres primeros cortes, con 0.62, 0.60 y 0.64 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente (Cuadro 7).

**Cuadro 6.** Altura de planta y época del año en genotipos de Azuche.

Genotipo	29/07/13*	27/08/13*	24/09/13*	26/06/14*	24/07/14*	10/12/13**	22/01/14**	05/03/14**	17/04/14**	29/05/14**
G-1	59.6 <sup>CA</sup>	49.3 <sup>AA</sup>	44.7 <sup>AA</sup>	53.3 <sup>AA</sup>	42.3 <sup>AA</sup>	26 <sup>abB</sup>	32.3 <sup>AB</sup>	23.3 <sup>AB</sup>	22.3 <sup>bB</sup>	31 <sup>abB</sup>
G-4	45.6 <sup>dA</sup>	34.9 <sup>CA</sup>	35 <sup>bcA</sup>	38.3 <sup>bA</sup>	38.3 <sup>abA</sup>	21 <sup>bcB</sup>	27.3 <sup>abB</sup>	21.7 <sup>AB</sup>	19.3 <sup>bcB</sup>	30 <sup>abB</sup>
G-9	28.5 <sup>eNS</sup>	25 <sup>dNS</sup>	29.7 <sup>dA</sup>	30.3 <sup>deA</sup>	27 <sup>cNS</sup>	21 <sup>bc</sup>	25.3 <sup>bc</sup>	20.3 <sup>AB</sup>	17.3 <sup>CB</sup>	28 <sup>ab</sup>
G-13	58.7 <sup>CA</sup>	46 <sup>abA</sup>	42.3 <sup>AA</sup>	37.7 <sup>bA</sup>	35.3 <sup>bA</sup>	29.3 <sup>AB</sup>	30.7 <sup>AB</sup>	20.3 <sup>AB</sup>	20 <sup>bcB</sup>	26.7 <sup>bB</sup>
G-25	87.9 <sup>AA</sup>	43.3 <sup>bA</sup>	44.3 <sup>AA</sup>	36 <sup>bcA</sup>	39 <sup>abA</sup>	24.7 <sup>abB</sup>	29.7 <sup>abB</sup>	24.3 <sup>AB</sup>	28.3 <sup>AB</sup>	31.7 <sup>AB</sup>
G-26	81.1 <sup>abA</sup>	34.4 <sup>CA</sup>	37 <sup>bA</sup>	28 <sup>eA</sup>	27 <sup>cNS</sup>	18.3 <sup>bB</sup>	25.3 <sup>bcB</sup>	22 <sup>ab</sup>	21 <sup>bcB</sup>	29 <sup>ab</sup>
G-27	86 <sup>AA</sup>	31.7 <sup>CA</sup>	30.7 <sup>cdA</sup>	32.3 <sup>cdA</sup>	24.7 <sup>cNS</sup>	15.7 <sup>CB</sup>	22 <sup>CB</sup>	20.7 <sup>AB</sup>	22.3 <sup>bB</sup>	29.7 <sup>ab</sup>
G-28	73.4 <sup>bA</sup>	36.9 <sup>CA</sup>	31.7 <sup>cdA</sup>	29.3 <sup>deA</sup>	27.7 <sup>cNS</sup>	21.3 <sup>bB</sup>	28.3 <sup>abB</sup>	22.7 <sup>AB</sup>	23 <sup>bB</sup>	28.7 <sup>ab</sup>
EEM	3.4	1.8	1.8	1.4	1.7	2.7	1.8	1.8	1.4	1.7

Diferente literal minúscula en cada hilera indican diferencia significativa (P<0.05)

Diferente literal mayúscula en cada columna indican diferencia significativa (P<0.05)

EEM= Error estándar de la media, \* Lluvia, \*\* seca.

El mejor promedio para a época de lluvia fue para el G-13, con 1.18 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>; mientras que, para el estiaje fue G-1, con 0.52 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Se ha observado que este pasto muestra gran variabilidad en su comportamiento de crecimiento, tanto en desarrollo de hojas como la forma de crecimiento, ya que algunos genotipos presentaron amacollamiento y otros tendían a ser cespitosos.

Para la tasa de senescencia foliar se observó diferencia ( $P>0.05$ ) entre época y genotipos en los cortes realizados; en el primer corte, G-9 y G4 presentaron mayor senescencia con 0.37 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>; para el segundo, de nuevo G-1, con 0.16 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>; en el tercero, G-27; en el cuarto, G-1 y; para el último, G-4 con 0.13, 0.26 y 0.26 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente. Para la época seca G-1 fue el que presentó mayor senescencia en el primer corte con 0.15 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, para los tres cortes siguiente G-25 obtuvo la mayor tasa de senescencia con 0.12, 0.15, 0.14 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> en cada corte respectivamente, siendo G-28, en el último corte, el que presentó 0.22 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Se observó diferencia ( $P>0.05$ ), entre época y genotipos, mostrando el mayor promedio en lluvias, esto explica la variabilidad y plasticidad que muestra el pasto en su desarrollo y que se ve influenciado tanto por época del año y las condiciones edáficas en las que se estableció. En cuanto al mayor promedio para la tasa de senescencia fue para lluvia el G-13, con 1.05 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>; por su parte, G-1 fue el mayor en la época seca con 0.40 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Para la tasa de crecimiento neto foliar se observó diferencia ( $P>0.05$ ) entre época del año siendo mejor para el periodo de lluvia; en la cual, se presentaron mayores resultados, ya que las condiciones ambientales eran propicias para mejor crecimiento, siendo el testigo G-13 el de mayor tasa de crecimiento neto en la época de lluvias, con valores que oscilan de 0.75 a 1.64 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>; siendo el genotipo G-4, el que presentó valores de 1.79 y 1.07 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, en los dos primeros cortes. Para la época seca, G-1 presentó mayor tasa de crecimiento en los tres primeros cortes con 0.47, 0.52 y 0.50 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente, siendo superior al testigo. Y finalmente, los genotipos G28 y G26 fueron los de mayor valor con 0.38 y 0.41 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente. Para este caso, el mayor promedio lo presentó G-4 en lluvias con 0.21 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y para la época seca G-28, con 0.14 cm tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, manteniendo resultados muy similares entre los genotipos.

**Cuadro 7.** Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar, en recursos genéticos de Azuche.

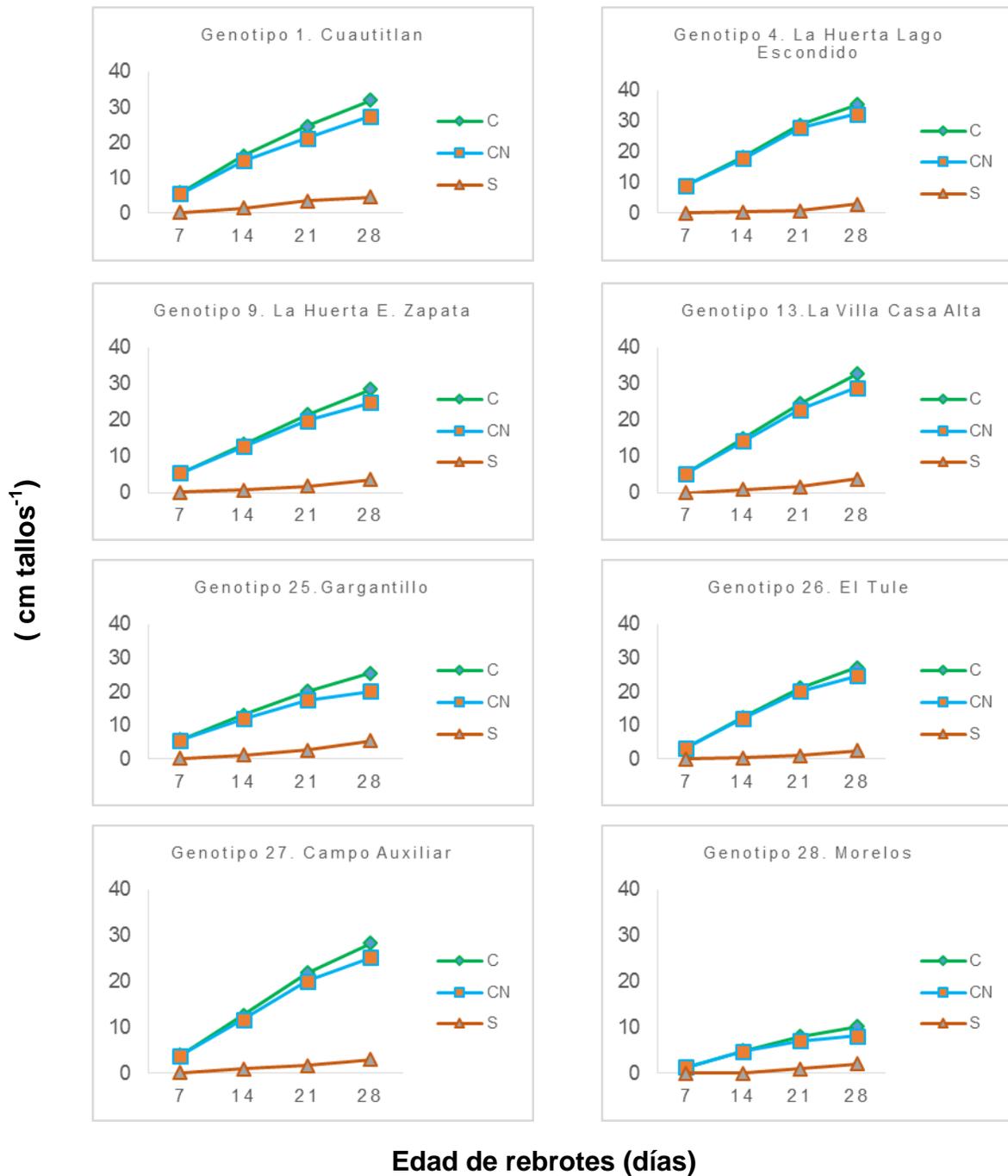
Genotipo	Tasa de elongación foliar (cm tallo <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )									
	29/07/13*	27/08/13*	24/09/13*	26/06/14*	24/07/14*	10/12/13**	22/01/14**	05/03/14**	17/04/14**	29/05/14**
<b>G-1</b>	1.28 <sup>CA</sup>	1.20 <sup>abNS</sup>	0.86 <sup>aA</sup>	0.82 <sup>aNS</sup>	0.88 <sup>abNS</sup>	0.62 <sup>ab</sup>	0.60 <sup>a</sup>	0.64 <sup>ab</sup>	0.28 <sup>bc</sup>	0.46 <sup>NS</sup>
<b>G-4</b>	2.21 <sup>aA</sup>	1.26 <sup>abA</sup>	0.61 <sup>CA</sup>	0.54 <sup>b<sup>c</sup>NS</sup>	0.63 <sup>bcNS</sup>	0.53 <sup>aB</sup>	0.57 <sup>abB</sup>	0.39 <sup>bB</sup>	0.36 <sup>b</sup>	0.40 <sup>NS</sup>
<b>G-9</b>	1.86 <sup>bA</sup>	1.06 <sup>abA</sup>	0.75 <sup>abA</sup>	0.77 <sup>bNS</sup>	0.74 <sup>abcNS</sup>	0.37 <sup>bcb</sup>	0.29 <sup>cb</sup>	0.49 <sup>abB</sup>	0.41 <sup>b</sup>	0.41 <sup>NS</sup>
<b>G-13</b>	1.86 <sup>bA</sup>	1.28 <sup>aA</sup>	0.85 <sup>aA</sup>	0.94 <sup>aNS</sup>	0.97 <sup>aNS</sup>	0.47 <sup>abB</sup>	0.36 <sup>bcB</sup>	0.38 <sup>bB</sup>	0.32 <sup>bc</sup>	0.46 <sup>NS</sup>
<b>G-25</b>	1.70 <sup>bA</sup>	0.95 <sup>bA</sup>	0.72 <sup>bA</sup>	0.32 <sup>c<sup>A</sup></sup>	0.17 <sup>dB</sup>	0.26 <sup>cb</sup>	0.30 <sup>cb</sup>	0.51 <sup>abB</sup>	0.47 <sup>a</sup>	0.45 <sup>NS</sup>
<b>G-26</b>	1.95 <sup>abA</sup>	0.97 <sup>abA</sup>	0.75 <sup>abA</sup>	0.81 <sup>aNS</sup>	0.81 <sup>abcNS</sup>	0.35 <sup>bcb</sup>	0.34 <sup>cb</sup>	0.38 <sup>bB</sup>	0.42 <sup>b</sup>	0.55 <sup>A</sup>
<b>G-27</b>	1.84 <sup>bB</sup>	0.99 <sup>abNS</sup>	0.52 <sup>dA</sup>	0.58 <sup>b<sup>c</sup>NS</sup>	0.48 <sup>cdNS</sup>	0.33 <sup>bcB</sup>	0.46 <sup>abc</sup>	0.50 <sup>abNS</sup>	0.35 <sup>b</sup>	0.49 <sup>NS</sup>
<b>G-28</b>	1.83 <sup>bA</sup>	1.17 <sup>abA</sup>	0.61 <sup>c<sup>A</sup></sup>	0.60 <sup>bcNS</sup>	0.53 <sup>cNS</sup>	0.30 <sup>bcB</sup>	0.38 <sup>bcB</sup>	0.47 <sup>ab</sup>	0.52 <sup>a</sup>	0.44 <sup>NS</sup>
<b>EEM</b>	0.9	0.9	0.03	0.02	3.3	0.9	0.9	0.03	0.02	0.3
Tasa de senescencia foliar (cm tallo <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )										
<b>G-1</b>	0.13 <sup>cNS</sup>	0.16 <sup>aNS</sup>	0.11 <sup>ab</sup>	0.26 <sup>aNS</sup>	0.20 <sup>aNS</sup>	0.15 <sup>a</sup>	0.08 <sup>a</sup>	0.14 <sup>abB</sup>	0.11 <sup>ab</sup>	0.16 <sup>a</sup>
<b>G-4</b>	0.37 <sup>aA</sup>	0.16 <sup>aNS</sup>	0.09 <sup>aNS</sup>	0.19 <sup>ab<sup>NS</sup></sup>	0.26 <sup>aNS</sup>	0.14 <sup>abB</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.10 <sup>abc</sup>	0.08 <sup>a</sup>	0.14 <sup>ab</sup>
<b>G-9</b>	0.37 <sup>aA</sup>	0.13 <sup>bcNS</sup>	0.10 <sup>aNS</sup>	0.25 <sup>aNS</sup>	0.16 <sup>abNS</sup>	0.09 <sup>ab</sup>	0.06 <sup>ab</sup>	0.10 <sup>bc</sup>	0.07 <sup>abc</sup>	0.12 <sup>b</sup>
<b>G-13</b>	0.22 <sup>bcNS</sup>	0.08 <sup>NS</sup>	0.05 <sup>aNS</sup>	0.21 <sup>aNS</sup>	0.11 <sup>bcNS</sup>	0.09 <sup>ab</sup>	0.05 <sup>ab</sup>	0.08 <sup>c</sup>	0.06 <sup>bc</sup>	0.09 <sup>b</sup>
<b>G-25</b>	0.14 <sup>cNS</sup>	0.14 <sup>bNS</sup>	0.10 <sup>ab</sup>	0.13 <sup>bNS</sup>	0.14 <sup>bNS</sup>	0.08 <sup>ab</sup>	0.12 <sup>ab</sup>	0.15 <sup>aA</sup>	0.14 <sup>cb</sup>	0.14 <sup>b</sup>
<b>G-26</b>	0.31 <sup>abA</sup>	0.13 <sup>bcNS</sup>	0.09 <sup>ab</sup>	0.17 <sup>bNS</sup>	0.15 <sup>bNS</sup>	0.06 <sup>bB</sup>	0.11 <sup>bc</sup>	0.11 <sup>abcA</sup>	0.10 <sup>abc</sup>	0.13 <sup>b</sup>
<b>G-27</b>	0.15 <sup>cNS</sup>	0.11 <sup>cNS</sup>	0.13 <sup>aNS</sup>	0.19 <sup>abNS</sup>	0.12 <sup>bcNS</sup>	0.09 <sup>ab</sup>	0.11 <sup>bc</sup>	0.14 <sup>ab</sup>	0.11 <sup>abc</sup>	0.16 <sup>a</sup>
<b>G-28</b>	0.14 <sup>cNS</sup>	0.11 <sup>cNS</sup>	0.07 <sup>ab</sup>	0.15 <sup>bNS</sup>	0.14 <sup>bNS</sup>	0.10 <sup>ab</sup>	0.11 <sup>bc</sup>	0.14 <sup>abNS</sup>	0.14 <sup>aNS</sup>	0.22 <sup>aA</sup>
<b>EEM</b>	0.05	0.03	0.08	0.02	0.02	0.05	0.03	0.08	0.01	0.02
Tasa de crecimiento neto foliar (cm tallo <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )										
<b>G-1</b>	1.18 <sup>CA</sup>	1.06 <sup>abNS</sup>	0.75 <sup>abNS</sup>	0.55 <sup>b</sup>	0.69 <sup>ab</sup>	0.47 <sup>abB</sup>	0.52 <sup>a</sup>	0.50 <sup>a</sup>	0.20 <sup>b</sup>	0.32 <sup>b</sup>
<b>G-4</b>	1.79 <sup>aA</sup>	1.07 <sup>abA</sup>	0.53 <sup>bcNS</sup>	0.39 <sup>ab</sup>	0.36 <sup>bc</sup>	0.40 <sup>abB</sup>	0.47 <sup>abB</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.29 <sup>b</sup>	0.29 <sup>bc</sup>
<b>G-9</b>	1.46 <sup>bcA</sup>	0.93 <sup>abA</sup>	0.66 <sup>abNS</sup>	0.46 <sup>ab</sup>	0.58 <sup>ab</sup>	0.27 <sup>bB</sup>	0.23 <sup>cb</sup>	0.39 <sup>ab</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.30 <sup>bc</sup>
<b>G-13</b>	1.64 <sup>abA</sup>	1.20 <sup>aA</sup>	0.80 <sup>aA</sup>	0.75 <sup>a</sup>	0.85 <sup>a</sup>	0.38 <sup>abB</sup>	0.30 <sup>bcB</sup>	0.31 <sup>bB</sup>	0.25 <sup>bc</sup>	0.34 <sup>ab</sup>
<b>G-25</b>	1.56 <sup>abA</sup>	0.84 <sup>bA</sup>	0.62 <sup>abcNS</sup>	0.19 <sup>abc</sup>	0.13 <sup>bcd</sup>	0.19 <sup>cb</sup>	0.21 <sup>cb</sup>	0.39 <sup>ab</sup>	0.34 <sup>a</sup>	0.31 <sup>b</sup>
<b>G-26</b>	1.63 <sup>abA</sup>	0.84 <sup>bA</sup>	0.63 <sup>abcNS</sup>	0.64 <sup>a</sup>	0.65 <sup>ab</sup>	0.29 <sup>abcB</sup>	0.25 <sup>cb</sup>	0.28 <sup>b</sup>	0.34 <sup>a</sup>	0.41 <sup>a</sup>
<b>G-27</b>	1.71 <sup>abA</sup>	0.87 <sup>bA</sup>	0.41 <sup>cNS</sup>	0.38 <sup>ab</sup>	0.32 <sup>bc</sup>	0.25 <sup>bcB</sup>	0.36 <sup>abcB</sup>	0.36 <sup>ab</sup>	0.24 <sup>bc</sup>	0.34 <sup>ab</sup>
<b>G-28</b>	1.68 <sup>abA</sup>	1.04 <sup>abA</sup>	0.56 <sup>bcNS</sup>	0.45 <sup>ab</sup>	0.39 <sup>bc</sup>	0.23 <sup>bcB</sup>	0.30 <sup>bcB</sup>	0.32 <sup>b</sup>	0.38 <sup>a</sup>	0.30 <sup>bc</sup>
<b>EEM</b>	0.1	0.08	0.04	0.04	0.02	0.1	0.08	0.3	0.4	0.02

Diferente literal minúscula en cada hilera indican diferencia significativa (P<0.05) Diferente literal mayúscula en cada columna indican diferencia significativa (P<0.05),

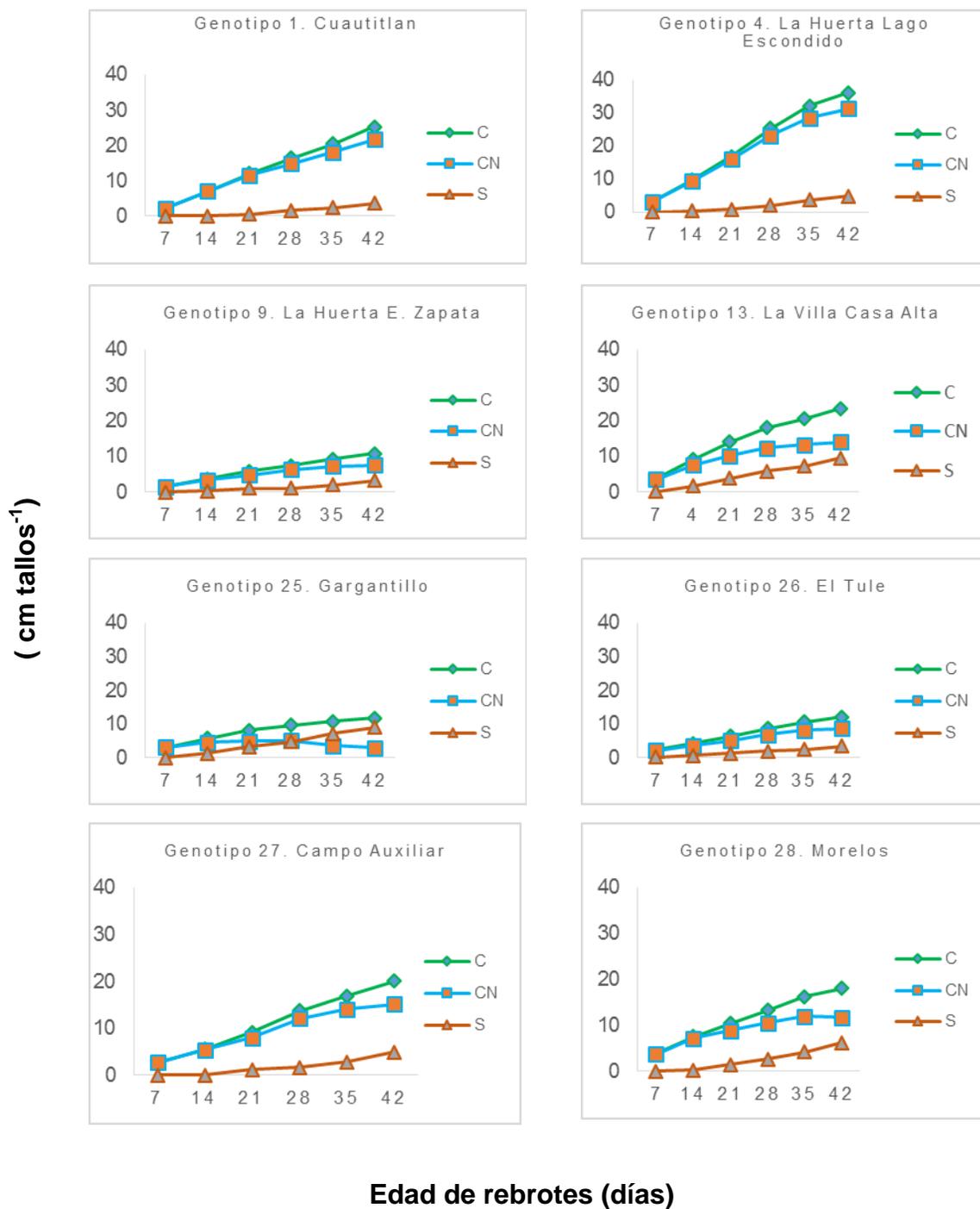
EEM= Error estándar, \* Lluvia, \*\* seca.

Los resultados obtenidos muestran diferente comportamiento entre genotipos, esto se puede atribuir, a que las unidades experimentales, se evaluaron durante el año de establecimiento y varió el porcentaje de cobertura basal de las parcelas experimentales; lo cual, las que menor densidad de macollos, mostraron menor competencia por interceptación de luz, lo que favorecía mejor crecimiento, pero afectó el rendimiento. La precipitación contribuyó con el crecimiento de los macollos, ya que esta especie tiene su hábitat dentro de lugares inundados, las condiciones edáficas pudieron ser causa de estos distintos comportamientos, ya que no se retenía mucha humedad, debido a la infiltración del agua. En condiciones de inundación esta especie obtiene nitrógeno de una asociación no simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno o cianobacterias que se ubican alrededor de sus raíces y tallos sumergidos. La velocidad de crecimiento de las plantas depende de factores ambientales como luz, humedad, temperatura etc. (Fig. 7; Fig. 8).

En general, se observó aumento progresivo en la tasa de elongación de hoja conforme se evaluó en los dos periodos, la tendencia de la senescencia fue similar en todos los genotipos a los 14 días, posterior a los 21 días inicio la senescencia, siendo hasta los 28 días cuando se registraron los mayores valores de elongación y senescencia, mientras que el crecimiento neto foliar fue muy similar en todos los genotipos y en ambas épocas ya que este se comenzó a registrar a los 21 días de rebrote. Para la época de seca, el crecimiento neto foliar inició a declinar a 28 días, atribuible a que la velocidad del crecimiento del pasto, tiene condiciones ambientales diferentes; mientras que en lluvias, las condiciones fueron propicias para el crecimiento, ya que se presentó el mayor flujo de tejido foliar en los genotipos evaluados. Se puede observar que, en la época de lluvias al aumentar el periodo de corte o cosecha, el crecimiento neto disminuyó, mientras que la senescencia aumentó (Fig. 7; Fig. 8).



**Figura 7.** Cambios en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar en recursos genéticos de *Hymenachne* spp. (Azuche) en época de lluvia para el mes de Agosto.



**Figura 8.** Cambio en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar en recursos genéticos de *Hymenachne* spp. (Azuche) en época seca para el mes de Mayo.

## **5.5. Densidad de Tallos**

### **5.5.1 Dinámica de tallos**

Uno de los aspectos más importantes de la producción forrajera es la capacidad de la planta para producir rebrote y la velocidad con que el mismo ocurre. En gramíneas en estado vegetativo, donde los meristemas de crecimiento permanecen al nivel del suelo y fuera del alcance del pastoreo, el rebrote no es afectado y se produce rápidamente a partir de los centros meristemáticos que no han dejado de formar hoja o nuevos macollos. Cuando los macollos comienzan a pasar a la etapa reproductiva, la formación de la inflorescencia inhibe el crecimiento de nuevos macollos. Este efecto se denomina dominancia apical. La posición y el número de meristemas de crecimiento no son los únicos factores que afectan el rebrote, también influyen la cantidad de material fotosintético remanente y las reservas de carbohidratos de la base de tallos y coronas (Beguet, *et al.*, 2001). Existen factores como aspectos hormonales, fotosensibilidad, ambiente y manejo de la pradera, que intervienen en la aparición de nuevos tallos (Lemaire *et al.*, 2000).

### **5.5.2. Tasa de aparición de tallos**

Para este caso se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre genotipos para cada corte y para tasa de aparición de tallos (Cuadro 8). El G-1 mostró mayor número rebrotes en el primer corte, le sigue el G-28, G-4 y nuevamente el G-28 sobresale, para finalmente ser el G-25, el cual, en el último corte es mejor en la tasa de aparición de tallos.

Los factores que afectan la producción de tallos están ligados a la humedad del suelo, temperatura, nutrición. Por su parte Martínez *et al.* (2008), obtuvieron una densidad de tallos de 5, 749 y 5, 662 tallos  $m^{-2}$  al cosechar cada cuatro semanas en pasto *B. humidicola*. Difante *et al.* (2008), obtuvieron mayor densidad de tallos 1, 301 tallos  $m^{-2}$  del pasto Marandú, al cosechar a 20 cm de altura. Sbrissica y Da silva (2008), consignan que al cosechar a 15 cm de altura, aumenta la velocidad del flujo de tejido y se incrementa la tasa de aparición y muerte de tallos.

Como se puede apreciar (Cuadro 8) hubo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la tasa de aparición de tallos para la época del año, siendo mejor para el periodo de lluvias. Las condiciones ambientales influyeron en la tasa de aparición de tallos, la precipitación durante el periodo de estudio fue favorable ya que permitió la aparición de nuevos tallos; mientras tanto, en la época seca ocurrió lo contrario. Este experimento se realizó en terrenos con condiciones diferentes a las que el pasto habitualmente crece, se puede atribuir la baja tasa de aparición de tallos al estrés hídrico, aunado a esto, condiciones de suelo diferentes y al hecho de que el periodo de evaluación fue el mismo al del establecimiento de las parcelas. A pesar de estos inconvenientes el pasto mostró alto El pasto recibió riego en la época crítica, pero el estrés hídrico causado, al demandar condiciones de anegamiento, fue menor la incidencia de tallos nuevos en la época seca, (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Tasa de aparición de tallos ( $\text{tallos m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ) en genotipos de Azuche.

Genotipo	29/07/13*	27/08/13*	24/09/13*	26/06/14*	24/07/14*	10/12/13**	22/01/14**	05/03/14**	17/04/14**	29/07/14**
G-1	17 <sup>aA</sup>	24 <sup>abA</sup>	7 <sup>abNS</sup>	16 <sup>aA</sup>	3 <sup>NS</sup>	13 <sup>bB</sup>	8 <sup>abcdB</sup>	9 <sup>a</sup>	7 <sup>bcdB</sup>	3 <sup>NS</sup>
G-4	11 <sup>bcA</sup>	21 <sup>bA</sup>	11 <sup>aA</sup>	11 <sup>bA</sup>	3 <sup>NS</sup>	6 <sup>cB</sup>	5 <sup>dB</sup>	6 <sup>bcB</sup>	5 <sup>cdB</sup>	2 <sup>NS</sup>
G-9	11 <sup>cA</sup>	13 <sup>cA</sup>	10 <sup>aA</sup>	13 <sup>bA</sup>	3 <sup>NS</sup>	7 <sup>cB</sup>	5 <sup>dB</sup>	6 <sup>abcB</sup>	4 <sup>dB</sup>	3 <sup>NS</sup>
G-13	10 <sup>cA</sup>	10 <sup>cA</sup>	2 <sup>cB</sup>	7 <sup>cNS</sup>	3 <sup>NS</sup>	2 <sup>dB</sup>	6 <sup>cdB</sup>	5 <sup>cA</sup>	8 <sup>abc</sup>	2 <sup>NS</sup>
G-25	14 <sup>abA</sup>	24 <sup>abA</sup>	6 <sup>bNS</sup>	12 <sup>bNS</sup>	6 <sup>NS</sup>	8 <sup>cB</sup>	9 <sup>abcB</sup>	5 <sup>c</sup>	9 <sup>ab</sup>	4 <sup>NS</sup>
G-26	11 <sup>bcB</sup>	22 <sup>bA</sup>	9 <sup>aA</sup>	17 <sup>aA</sup>	4 <sup>NS</sup>	17 <sup>aA</sup>	10 <sup>abB</sup>	5 <sup>bcB</sup>	8 <sup>abcB</sup>	2 <sup>NS</sup>
G-27	9 <sup>cB</sup>	13 <sup>cNS</sup>	5 <sup>bB</sup>	13 <sup>bA</sup>	4 <sup>NS</sup>	15 <sup>abA</sup>	11 <sup>a</sup>	8 <sup>abA</sup>	8 <sup>abcB</sup>	4 <sup>NS</sup>
G-28	15 <sup>aNS</sup>	26 <sup>aA</sup>	12 <sup>A</sup>	17 <sup>aA</sup>	4 <sup>NS</sup>	14 <sup>b</sup>	7 <sup>bcdB</sup>	5 <sup>cB</sup>	11 <sup>aB</sup>	4 <sup>NS</sup>
EEM	1.1	1.2	1.0	1.1	0.7	1.1	1.2	1.0	1.1	0.7

Diferente literal minúscula cada hilera indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ )  
Diferente literal mayúscula en cada columna indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ )  
EEM= Error estándar de la media, \* Lluvia, \*\* seca.

### 5.5.3. Tasa de muerte de tallos

Una causa importante de la muerte de los tallos, es la competencia por la energía lumínica y nutriente; en este sentido, el equilibrio entre aparición y muerte de tallos, depende de la intensidad de defoliación, ya que la cantidad del tejido remanente y de las condiciones ambientales, depende el equilibrio entre la aparición y muerte de los tallos (Sbrissia 2004).

Para este caso se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) para la tasa de muerte de tallos, entre genotipos y época del año. En el primer corte G-1 presentó mayor número de tallos muertos en la época de lluvias, con 12 tallos  $m^{-2} \text{ día}^{-1}$ ; mientras que en la época seca, los G-4, G-27 y G-28 tuvieron mayor número con 10, 7 y 6 tallos  $m^{-2} \text{ día}^{-1}$ , respectivamente; para el segundo corte, G-25 presentó mayor número en la época de lluvias y G-26 para la época de seca con el mismo número de tallos para las dos épocas (12 tallos  $m^{-2} \text{ día}^{-1}$ ); para el tercer y cuarto corte, se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ; Cuadro 9) entre genotipo y época del año, con mayor número de tallos muertos en la época de lluvias y, para el último corte, el comportamiento fue muy parecido, G-1 y G-4 presentaron mayor número de tallos muertos en lluvias; mientras que, en seca los G-25, G-26 y G-28 presentaron mayor tasa de muerte de tallos, estos comportamientos fueron mayores en algunos cortes en lluvias y otros en seca, se puede atribuir a un comportamiento que muestra Azuche al permanecer fuera de sus condiciones donde este crece mejor y a la plasticidad morfológica que muestra, al desarrollarse en diferentes sitios agroecológicos (Fig. 9).

Por otro lado, otros autores como (Santos *et al.*, 2010), comentan la importancia de mantener una alta diversidad de especies nativas de pastos, especialmente durante periodos de baja disponibilidad de forrajes, como las sequías. Especies forrajeras nativas son dinámicas y su aparición y crecimiento varían durante el año por las condiciones climáticas, resaltan que es importante entender esas dinámicas para implementar estrategias de manejo adaptativo para pastos nativos.

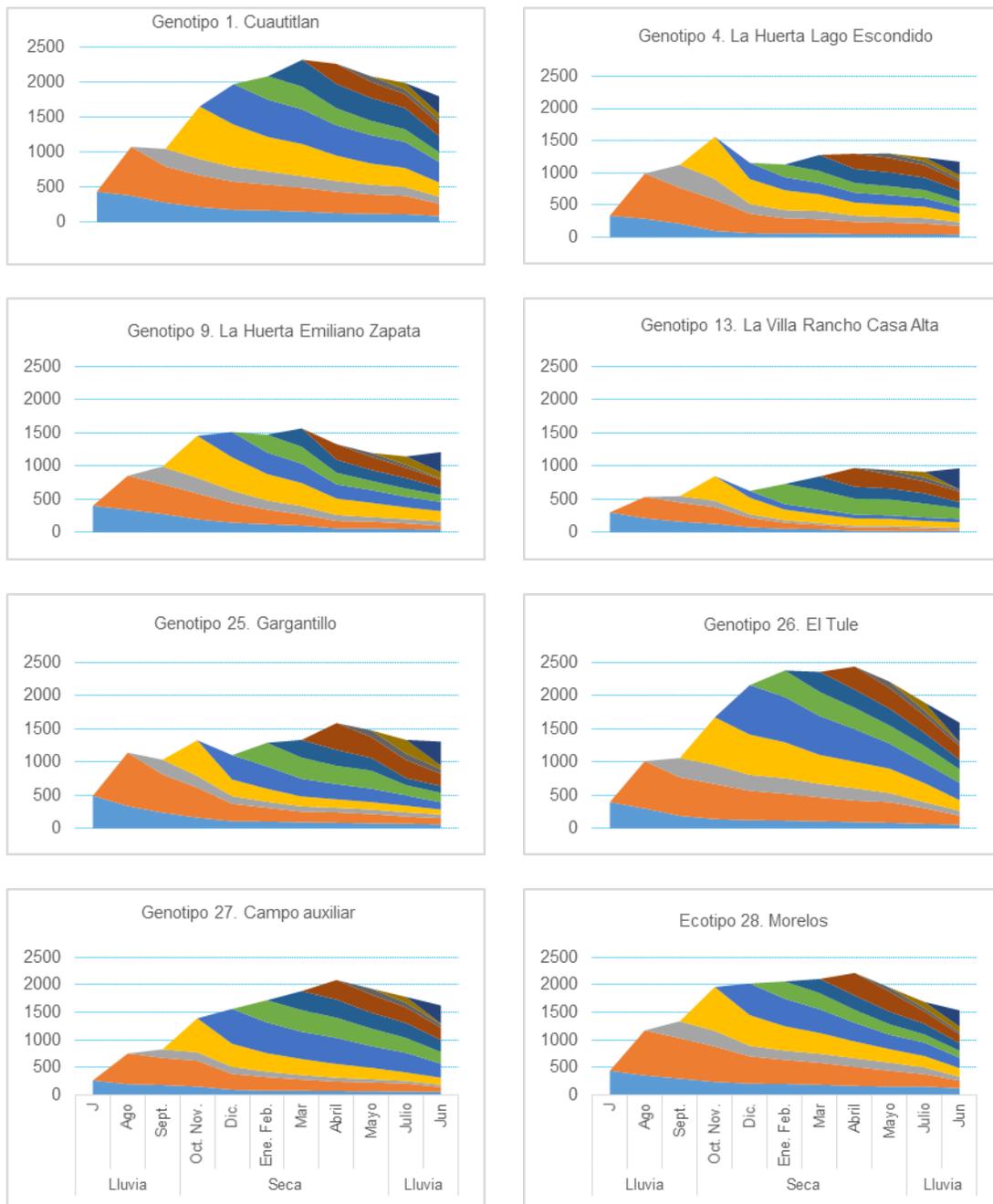
**Cuadro 9.** Tasa de mortandad de tallos (tallos m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>) en genotipos de Azuche.

Genotipo	29/07/13*	27/08/13*	24/09/13*	26/06/14*	24/07/14*	10/12/13**	22/01/14**	05/03/14**	17/04/14**	29/05/14**
G-1	12 <sup>aA</sup>	5 <sup>cdNS</sup>	9 <sup>cdNS</sup>	15 <sup>bA</sup>	12 <sup>aA</sup>	5 <sup>bB</sup>	7 <sup>cd</sup>	11 <sup>a</sup>	8 <sup>bcB</sup>	7 <sup>bB</sup>
G-4	8 <sup>bNS</sup>	7 <sup>cA</sup>	15 <sup>aA</sup>	6 <sup>cA</sup>	8 <sup>bcA</sup>	10 <sup>a</sup>	3 <sup>fb</sup>	4 <sup>bB</sup>	1 <sup>eB</sup>	5 <sup>bcB</sup>
G-9	5 <sup>cdeNS</sup>	10 <sup>bNS</sup>	13 <sup>abNS</sup>	6 <sup>cNS</sup>	8 <sup>bcNS</sup>	5 <sup>b</sup>	9 <sup>b</sup>	12 <sup>a</sup>	5 <sup>d</sup>	7 <sup>b</sup>
G-13	4 <sup>defNS</sup>	5 <sup>dNS</sup>	11 <sup>bcA</sup>	7 <sup>cA</sup>	3 <sup>dNS</sup>	6 <sup>b</sup>	3 <sup>ef</sup>	5 <sup>bB</sup>	3 <sup>deB</sup>	2 <sup>c</sup>
G-25	6 <sup>bcNS</sup>	12 <sup>aA</sup>	12 <sup>abA</sup>	7 <sup>cNS</sup>	3 <sup>dB</sup>	8 <sup>ab</sup>	8 <sup>bcB</sup>	5 <sup>bB</sup>	8 <sup>c</sup>	14 <sup>aA</sup>
G-26	5 <sup>cdNS</sup>	5 <sup>dB</sup>	8 <sup>deA</sup>	20 <sup>aA</sup>	12 <sup>aB</sup>	4 <sup>b</sup>	12 <sup>aA</sup>	4 <sup>bB</sup>	12 <sup>aB</sup>	16 <sup>aA</sup>
G-27	2 <sup>feB</sup>	2 <sup>eB</sup>	14 <sup>abA</sup>	15 <sup>bA</sup>	6 <sup>cNS</sup>	7 <sup>abA</sup>	7 <sup>cdA</sup>	6 <sup>bB</sup>	11 <sup>abB</sup>	5 <sup>bc</sup>
G-28	3 <sup>eB</sup>	4 <sup>dNS</sup>	5 <sup>eNS</sup>	7 <sup>cNS</sup>	10 <sup>abB</sup>	6 <sup>bA</sup>	5 <sup>de</sup>	5 <sup>b</sup>	8 <sup>bc</sup>	15 <sup>aA</sup>
EEM	0.87	0.65	1.1	0.95	1.0	0.87	0.65	1.1	0.95	1.0

Diferente literal minúscula en cada hilera indican diferencia significativa (P<0.05)

Diferente literal mayúscula cada columna indican diferencia significativa (P<0.05), EEM= Error estándar de la media, \* Lluvia, \*\* seca.

Densidad poblacional de tallos (tallos m<sup>-2</sup>)



**Figura 9.** Cambios mensuales en la densidad poblacional de tallos del pasto Azuche *Hymenachne* spp., en cortes a 28 y 42 días, para lluvia y seca.

## 5.6. Componente morfológico.

El comportamiento de los pastos en la época del año en relación a composición morfológica (Cuadro 9; Fig. 10; Fig. 11), explica la dinámica del crecimiento para cada componente de la planta, en los materiales evaluados, se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre genotipos y época del año, mostrando más producción en la época de lluvias, en todos los componentes, a excepción del material muerto; el cual, presentó diferencia en la época seca. Respecto a espiga, se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) en lluvias, en los meses de Septiembre y Octubre, aunque durante Enero y Febrero algunos genotipos presentaron inflorescencias. Santos *et al.* (2010), comentan que las especies forrajeras nativas son dinámicas, su crecimiento varía a través del tiempo, en concordancia con las condiciones climáticas presentes. Es importante entender estas dinámicas para implementar estrategias para el aprovechamiento de los pastos nativos.

Para hoja (Cuadro 10), se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre genotipos y época del año, siendo mayores G-13 y G-26, con rendimientos que oscilan de 219 a 613 y 167 a 314 kg MS corte<sup>-1</sup>, en el periodo de evaluación en la época de lluvias; mientras que, para la época seca el G-1 y G-27 presentaron la mayor producción de hoja con 178 a 295 y 147 a 216 kg MS corte<sup>-1</sup>, se resume que la mejor producción de hoja para lluvias y seca fue para el *H. acutigluma* (testigo) G-13 con 2,088 y 1,160 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente, superior a los *H. amplexiculis*, siendo G-25 con producción de 1,930 kg MS ha<sup>-1</sup> en la época de lluvias y G-1 con 1,133 kg MS ha<sup>-1</sup> para la época seca. Las mejores producciones fueron en lluvias, se atribuye a que el pasto responde muy bien a la precipitación ya que mantiene condiciones de humedad constante con las que el pasto expresa mejores producciones. Para tallo, se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre genotipos (Cuadro 11); de nueva cuenta, el testigo G-13 con 2,287 kg MS ha<sup>-1</sup>, seguido de G-25 con 1,571 kg MS ha<sup>-1</sup> para la época de lluvias y, para la época seca, G-13 y G-4 presentaron mayor producción con 1,170 y 705 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ), para material muerto (Cuadro 12) entre época y genotipo, presentando mayor materia muerta en seca y lluvias G-25, con 1,019 y 577 kg MS ha<sup>-1</sup>, siendo superior a todos los demás genotipos.

Para el componente espiga, ésta se presentó en la época de lluvias y fue durante los meses de Septiembre y Octubre, de forma no muy uniforme para cada genotipo, para e Enero y Febrero, los materiales volvieron presentar inflorescencia, ésta se presentó todavía menos uniforme con respecto a la época de lluvias, hubo materiales que no correspondían a la evaluación y no presentaron inflorescencias. Hubo diferencia ( $P < 0.05$ ), entre genotipos, siendo G-26 presentó más inflorescencias en el segundo corte y G-28 en el tercer corte; por último, G-13 presentó mejor mayor presencia de inflorescencias en la época seca. La época del año afectó la producción de inflorescencias, siendo más productivas en la época de lluvias (Cuadro 13).

**Cuadro 10.** Rendimiento de hoja en recursos genéticos de Azuche.

Componente morfológico hoja (kg MS ha <sup>-1</sup> )										
Genotipo	29/07/13*	27/08/13*	24/09/13*	26/06/14*	24/07/14*	10/12/13**	22/01/14**	05/03/14**	17/04/14**	29/05/14**
G-1	245 <sup>dNS</sup>	565 <sup>abA</sup>	256 <sup>bNS</sup>	242 <sup>NS</sup>	165 <sup>cdNS</sup>	256 <sup>a</sup>	295 <sup>ab</sup>	178 <sup>a</sup>	199 <sup>NS</sup>	206 <sup>a</sup>
G-4	345 <sup>cdNS</sup>	380 <sup>bcNS</sup>	235 <sup>bA</sup>	240 <sup>NS</sup>	140 <sup>dNS</sup>	268 <sup>a</sup>	281 <sup>a</sup>	203 <sup>ab</sup>	179 <sup>NS</sup>	135 <sup>ab</sup>
G-9	425 <sup>bcA</sup>	274 <sup>cNS</sup>	149 <sup>cNS</sup>	200 <sup>NS</sup>	284 <sup>abA</sup>	263 <sup>ab</sup>	279 <sup>a</sup>	160 <sup>a</sup>	137 <sup>NS</sup>	120 <sup>abB</sup>
G-13	565 <sup>aA</sup>	613 <sup>aA</sup>	341 <sup>aA</sup>	219 <sup>NS</sup>	351 <sup>aA</sup>	327 <sup>ab</sup>	386 <sup>ab</sup>	172 <sup>ab</sup>	211 <sup>NS</sup>	65 <sup>bB</sup>
G-25	497 <sup>abA</sup>	621 <sup>aA</sup>	290 <sup>abA</sup>	248 <sup>NS</sup>	274 <sup>abA</sup>	273 <sup>ab</sup>	288 <sup>ab</sup>	174 <sup>ab</sup>	183 <sup>NS</sup>	83 <sup>bB</sup>
G-26	314 <sup>cdNS</sup>	288 <sup>cNS</sup>	167 <sup>cNS</sup>	197 <sup>NS</sup>	300 <sup>abA</sup>	241 <sup>a</sup>	226 <sup>a</sup>	197 <sup>a</sup>	190 <sup>NS</sup>	77 <sup>bB</sup>
G-27	531 <sup>aA</sup>	411 <sup>abcNS</sup>	168 <sup>cNS</sup>	199 <sup>NS</sup>	223 <sup>bcdNS</sup>	209 <sup>ab</sup>	216 <sup>a</sup>	193 <sup>a</sup>	147 <sup>NS</sup>	160 <sup>ab</sup>
G-28	456 <sup>abA</sup>	465 <sup>abcNS</sup>	242 <sup>bNS</sup>	282 <sup>NS</sup>	257 <sup>bcA</sup>	248 <sup>ab</sup>	283 <sup>a</sup>	208 <sup>a</sup>	148 <sup>NS</sup>	94 <sup>bB</sup>
EEM	42.7	77.1	19.5	25.3	32.0	42.7	77.1	19.5	25.3	32.0

Diferente literal minúscula en cada hilera indican diferencia significativa (P<0.05)

Diferente literal mayúscula cada columna indican diferencia significativa (P<0.05), EEM= Error estándar de la media, \* Lluvia, \*\* seca.

**Cuadro 11.** Producción de tallos en recursos genéticos de Azuche.

Componente morfológico tallo (kg MS ha <sup>-1</sup> )										
Genotipo	29/07/13*	27/08/13*	24/09/13*	26/06/14*	24/07/14*	10/12/13**	22/01/14**	05/03/14**	17/04/14**	29/05/14**
G-1	164 <sup>cNS</sup>	624 <sup>abNS</sup>	153 <sup>bcNS</sup>	162 <sup>abA</sup>	170 <sup>ca</sup>	261 <sup>a</sup>	358 <sup>ab</sup>	154 <sup>a</sup>	36 <sup>abB</sup>	17 <sup>ab</sup>
G-4	286 <sup>bcNS</sup>	327 <sup>cNS</sup>	174 <sup>b</sup> <sup>cNS</sup>	144 <sup>bA</sup>	163 <sup>ca</sup>	276 <sup>a</sup>	235 <sup>b</sup>	129 <sup>ab</sup>	40 <sup>abB</sup>	25 <sup>aB</sup>
G-9	280 <sup>bcNS</sup>	365 <sup>bcNS</sup>	144 <sup>cNS</sup>	64 <sup>cdNS</sup>	247 <sup>bA</sup>	255 <sup>a</sup>	218 <sup>b</sup>	98 <sup>bc</sup>	43 <sup>ab</sup>	60 <sup>aB</sup>
G-13	592 <sup>aA</sup>	686 <sup>aNS</sup>	429 <sup>aA</sup>	200 <sup>aA</sup>	380 <sup>aA</sup>	305 <sup>ab</sup>	590 <sup>a</sup>	169 <sup>aB</sup>	69 <sup>aB</sup>	38 <sup>aB</sup>
G-25	368 <sup>bNS</sup>	564 <sup>abcA</sup>	199 <sup>bA</sup>	73 <sup>cNS</sup>	367 <sup>aA</sup>	281 <sup>a</sup>	217 <sup>b</sup> <sup>B</sup>	65 <sup>cdB</sup>	43 <sup>ab</sup>	41 <sup>aB</sup>
G-26	245 <sup>bcNS</sup>	359 <sup>bcNS</sup>	155 <sup>bcA</sup>	54 <sup>cdNS</sup>	267 <sup>bA</sup>	252 <sup>a</sup>	171 <sup>b</sup>	46 <sup>dB</sup>	28 <sup>b</sup>	9 <sup>aB</sup>
G-27	222 <sup>cNS</sup>	370 <sup>bcNS</sup>	169 <sup>bcA</sup>	32 <sup>dNS</sup>	165 <sup>ca</sup>	201 <sup>a</sup>	83 <sup>b</sup>	50 <sup>cdB</sup>	19 <sup>b</sup>	34 <sup>aB</sup>
G-28	256 <sup>bcNS</sup>	332 <sup>cNS</sup>	195 <sup>bcA</sup>	129 <sup>bA</sup>	247 <sup>bA</sup>	215 <sup>a</sup>	193 <sup>b</sup>	52 <sup>cdB</sup>	46 <sup>abB</sup>	12 <sup>aB</sup>
EEM	47.2	101.1	17.6	13.3	25.9	47.2	101.1	17.6	13.3	25.9

Diferente literal minúscula cada hilera indican diferencia significativa (P<0.05)

Diferente literal mayúscula cada columna indican diferencia significativa (P<0.05), EEM= Error estándar de la media, \* Lluvia, \*\* seca.

**Cuadro 12.** Producción de material muerto en recursos genéticos de Azuche.

Componente morfológico material muerto (kg MS ha<sup>-1</sup>)

Genotipo	29/07/13*	27/08/13*	24/09/13*	26/06/14*	24/07/14*	10/12/13**	22/01/14**	05/03/14**	17/04/14**	29/05/14**
G-1	176 <sup>bNS</sup>	56 <sup>bB</sup>	70 <sup>aA</sup>	10 <sup>aNS</sup>	31 <sup>cNS</sup>	168 <sup>a</sup>	166 <sup>dA</sup>	41 <sup>dB</sup>	19 <sup>d</sup>	23 <sup>cd</sup>
G-4	68 <sup>cdB</sup>	71 <sup>abB</sup>	70 <sup>aA</sup>	19 <sup>aNS</sup>	33 <sup>cNS</sup>	185 <sup>aA</sup>	158 <sup>eA</sup>	38 <sup>dB</sup>	40 <sup>cd</sup>	48 <sup>b</sup>
G-9	144 <sup>bcNS</sup>	69 <sup>abB</sup>	48 <sup>aNS</sup>	11 <sup>aNS</sup>	63 <sup>bNS</sup>	202 <sup>a</sup>	243 <sup>bcA</sup>	59 <sup>d</sup>	35 <sup>cd</sup>	43 <sup>bc</sup>
G-13	307 <sup>aA</sup>	23 <sup>bB</sup>	53 <sup>aNS</sup>	8 <sup>aNS</sup>	33 <sup>cNS</sup>	180 <sup>aB</sup>	150 <sup>eA</sup>	41 <sup>d</sup>	29 <sup>cd</sup>	30 <sup>bcd</sup>
G-25	304 <sup>aNS</sup>	128 <sup>aB</sup>	64 <sup>aB</sup>	20 <sup>aNS</sup>	61 <sup>abNS</sup>	232 <sup>a</sup>	533 <sup>aA</sup>	124 <sup>bA</sup>	51 <sup>cd</sup>	79 <sup>a</sup>
G-26	76 <sup>cdB</sup>	72 <sup>abB</sup>	67 <sup>aB</sup>	19 <sup>aB</sup>	56 <sup>abB</sup>	224 <sup>aA</sup>	234 <sup>bcdA</sup>	119 <sup>bA</sup>	174 <sup>aA</sup>	86 <sup>aA</sup>
G-27	32 <sup>dB</sup>	84 <sup>abB</sup>	47 <sup>aB</sup>	16 <sup>aB</sup>	75 <sup>aA</sup>	155 <sup>aA</sup>	278 <sup>bA</sup>	176 <sup>aA</sup>	91 <sup>bA</sup>	47 <sup>bB</sup>
G-28	40 <sup>dB</sup>	55 <sup>bB</sup>	62 <sup>aB</sup>	27 <sup>aNS</sup>	51 <sup>bcA</sup>	161 <sup>aA</sup>	173 <sup>cdeA</sup>	92 <sup>cA</sup>	57 <sup>c</sup>	14 <sup>dB</sup>
EEM	33.6	24.2	9.2	11.8	7.1	33.6	24.2	9.2	11.8	7.1

Diferente literal minúscula en cada hilera indican diferencia significativa (P<0.05)

Diferente literal mayúscula en cada columna indican diferencia significativa (P<0.05), EEM= Error estándar de la media. \* Lluvia, \*\* seca.

**Cuadro 13.** Producción de espiga de recursos genéticos de Azuche.

Componente morfológico espiga (Kg MS ha<sup>-1</sup>)

Genotipo	27/08/13*	22/01/14**	24/07/14*
G-1	59 <sup>bA</sup>	15 <sup>bB</sup>	19 <sup>eA</sup>
G-4	87 <sup>bA</sup>	14 <sup>bB</sup>	59 <sup>abcA</sup>
G-9	134 <sup>aA</sup>	11 <sup>bB</sup>	55 <sup>bcA</sup>
G-13	0 <sup>cB</sup>	126 <sup>aA</sup>	42 <sup>dA</sup>
G-25	56 <sup>bNS</sup>	16 <sup>b</sup>	51 <sup>cdA</sup>
G-26	172 <sup>aA</sup>	11 <sup>bB</sup>	64 <sup>abA</sup>
G-27	67 <sup>bA</sup>	21 <sup>bB</sup>	51 <sup>cdA</sup>
G-28	58 <sup>bNS</sup>	24 <sup>b</sup>	70 <sup>aA</sup>
EEM	14.1	14.1	4.7

Diferente literal minúscula en cada hilera indican diferencia significativa (P<0.05)

Diferente literal mayúscula cada columna indican diferencia significativa (P<0.05), EEM= Error estándar de la media, \* Lluvia, \*\* seca.



**Figura 10.** Cambios en la época de lluvias para composición morfológica de materiales genéticos de Azuche (Frecuencia de corte de 28 días).



**Figura 11.** Cambios en la época de seca para composición morfológica de materiales genéticos de Azuche (Frecuencia de corte 42 días).

## 6. CONCLUSIONES

Los genotipos G-13 (*H. acutigluma*), G-25 y G-1 (*H. amplexicaulis*), mostraron mayor producción de forraje. Siendo mejor el testigo, los genotipos G-9 y G-26 destacan por sus valores de PC (17.2 y 17.16%). El rendimiento de hoja en la época seca no mostró diferencias entre *H. acutigluma* y tres destacados genotipos de *H. amplexicaulis*. El rendimiento de hoja mostró diferencias entre genotipos y época, siendo G-13 con los valores de mayor producción para este componente en lluvias y seca con 2,088 y 1,160 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente y de los *H. amplexicaulis* G-25 en lluvias con 1,930 kg MS ha<sup>-1</sup>, mientras que para la época seca el G-1 con 1,133 kg MS ha<sup>-1</sup>. La variabilidad genética en recursos de *H. amplexicaulis* para producción y calidad de forraje representa buena alternativa para regiones marginales inundables de México; similarmente, para intensificación de sistemas productivos, por digestibilidad y potencial productivo bajo riego; esto es, condiciones intensivas con posible fertilización. Azuche mostró amplia plasticidad morfológica en hábito de crecimiento.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Colegio de Postgraduados y las líneas prioritarias de Investigación LPI-11 y LPI-16 por el apoyo para la consolidación del presente trabajo.

## 8. LITERATURA CITADA

Abbo, S, S Lev-Yadun, and A Gopher. (2010). Agricultural origins: Centers and noncenters; a near eastern reappraisal. *Critical Reviews in Plant Sci.* 29: 317-328.

Adams, J. E., G. F. Arkin, and J. T. Ritchie. (1976). Influence of row spacing and Straw mulch on first stage drying. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 436-442.

- Alisciono S. S, Giussani L. M, Zuloaga F. O. and Kellogg, E. A. (2003). A molecular phylogeny of *Panicum* (*Poaceae: Paniceae*): tests of monophyly and phylogenetic placement within the Panicoideae. *Amer. J. of Bot.* 90: 796–821.
- Améndola, M. R. D., P.A. Martínez H., J. A. Mendoza, P., J. Cortez A., M. A. Martínez C., J. F. Román de la C., J. E. Rivera R., M. M. Flores P., F. Martínez y S. J. C. González M. H. Flores B. J. A. Burgueño F. y M. Cordoba A. (2000). Retos y oportunidades del pastoreo de praderas templadas para la producción de leche. Memoria III Seminario Internacional. Tecnologías para la explotación sustentable del recurso forrajero. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. pp13-48.
- Ankom. (2005). Neutral Detergent Fiber in Feeds. Filter Bags Technique (ANKOM200). PROMEFA, Programa para el Mejoramiento de la Evaluación de Forrajes y Alimentos Centro de Investigación y Servicios en Nutrición Animal (CISNA) <http://www.foxitsoftware.com>. Consultado Septiembre 5, 2014.
- Argel, P. J. y Pérez, G. (2003). Pasto Mulato. Una Nueva Opción Forrajera para la Ganadería. *Revista Oficial de la Escuela Centroamericana de Ganadería (ECAG)*. 26: 22-25.
- Armstrong, W. S. H., F. W. Justin, P.M. Beckett & S. Lythe. (1991). Root adaptation to soil water lagging. *Aquatic Bot.* 39: 57-73.
- Asay, K. H., (1991). Contributions of introduced germplasm in the development of grass cultivars. In: HL Shands and LE Wiesner (eds.): *Use of Plant Introductions in Cultivar Development. Part 1. CSSA Special Publication 17*. Madison, WI, USA 115-125.
- Associaton of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis*

Arlinton, VA: International. 82p.

Barbosa, R. A. (2004). Manejo de desfolhacao e seus efeitos nas características morfofisiológicas e no acúmulo de forragem do campi-tanzania (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzania). Vicosa MG: Universidade Federal de Vicosa, Tese (Doutorado em zootecnia) - Universidade Federal de Vicosa. Vicosa, Brasil. 116p.

Beguet H. A. y G. A. Bavera. (2001). Fisiología de la planta pastoreada. Curso de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) Consultado en Febrero de 2015.

Bogdan A. V. (1977). Tropical Pasture and Fodder Plants. (Grasses and Legumes) Logman, London.pp. 152-152.

Bonilla-Barbosa, J. R., y B. Santamaría. (2013). Plantas acuáticas exóticas y traslocadas invasoras. *In*: R. Mendoza y P. Koleff (coords.), Especies Acuáticas Invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 223-247.

Bulla, L. J. Pacheco and L. G. Morales. (1990). Seasonally flooded Neotropical savanna closed by dikes. *In*: A Breymeyer (ed.). Managed Grasslands: Regional Studies, Elsevier, Amsterdam. pp. 177-211.

Camarao, A. P., J. B. Lourenco Jr., S. Dutra., J. L. hornick y M. Bastos Da Silva. (2004). Grazing buffalo on flooded pastures in the Brazilian Amazon región: a review. Tropical Grasslands. 38: 193-203.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1979). Manual para la Colección, Preservación y Caracterización de Recursos Forrajeros Tropicales. G. O. Mott (Ed). CIAT, Cali Colombia. 106p.

- Center for Aquatic and Invasive Plants. (2014). *Hymenachne amplexicaulis*, West Indian marsh grass. Univ. of Florida, Gainesville. <<http://plants.ifas.ufl.edu/>> Consultado Febrero 11, 2015.
- Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de Coeficientes de Agostadero (SAGARPA-COTECOCA). (1991). Las Gramíneas en México tomo III. SARH. 207p.
- Coops, H., F. van den Brink and G. van der Velde. (1996). Growth and morphological responses of four helophyte species in an experimental water depth gradient. *Aquatic Bot.* 54: 11-24.
- Corrales, F. y H. González (1973). Introducción al estudio del ecosistema sabana y manejo de suelos pesados de Apure y Barinas. En *Ganadería de los Trópicos*. Caracas. Asoc. Venez. Criadores Ganado Cebú: 451-492.
- Clayton, W. D., M. S. Vorontsova, K. T. Harman, and H. Williamson. (2006). Onwards. GrassBase - The Online World Grass Flora. <<http://www.kew.org/data/grasses-db.html>> Consultado Febrero 12, 2015.
- Clayton W. D, and Renvoize S. A. (1986). *Genera Graminum (Grasses of the World)*. (Royal Botanic Gardens, Kew). *Revista electrónica de Veterinaria REDVET*. Vol. Número II, <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/050506.html/> Consultado Febrero 10, 2015.
- Cronk, J. K. y M. S. Fennessy. (2001). *Wetland plants*. Lewis, Publishers, New York. 462p.
- Cuadrado, H.; Torregrosa, L. y Garcés, J. (2005). Producción de carne con machos de ceba en pastoreo del pasto híbrido Mulato y *B. decumbens* en el Valle del Sinú. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Informe Mimeografiado. 9p.

- Chen, H., R. G. Qualls & R. Blank. (2005). Effect of soil flooding on photosynthesis, carbohydrate partitioning and nutrient uptake in the invasive exotic *Lepidium latifolium*. *Aquatic Bot.* 82: 250-268.
- Csurhes, S. M. A., Mackey A. P. y Mcdonal C.K. (1999). *Hymenachne (Hymenachne amplexicaulis)* in Queensland, Pest status review series. Land protection Dept. of Natural Resources. Queensland Aust.. 26p.
- Csurhes S. and Edwards R. (1998). Potential environmental weeds in Australia: candidate species for preventative control. Queensland Dept. Nat. Resour. 168–169p.
- Díaz, A. (2001). Producción de biomasa de (*Eichhornia crassipes*) en aguas residuales porcinas. Tesis en opción al título de Master en Nutrición Animal. Universidad de Granma, Cuba. Edit Universidad de Granma. 17p.
- Difante, S. G., Nascimento, J. S., Da Silva, C. V. B., Euclides, M.A., Zanine, B. Adese. (2008). Dinámica do perfilhamento do campim – marandu cultivado em duas Alturas e tres intervalos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:189-19.
- Do Valle, C. B. (2001). Genetic resources for tropical areas: achievements and perspectives. *In: Proc. XIX Int. Grassland Congress.* São Pedro, São Paulo, Brazil. Brazilian Society of Animal Husbandry. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba, Brasil. pp. 477–482.
- Enríquez, Q. J. F., F. Meléndez N., E.D. Bolaños A. (1999). Tecnología para la Producción y el manejo de los forrajes tropicales en México. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico Núm. 7. Veracruz, México. 262p.

- Enríquez, Q. J. F., (2005). Recolección y Evaluación de Germoplasma de Azuche *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Ness. Gramínea Forrajera de Tierra Inundables del Trópico Mexicano. Tesis de Doctorado, Colegio de Postgraduados. *Campus* Montecillo, México. pp. 128-142.
- Ernest, W. H. O. (1990). Ecophysiology of plants in waterlogged and flooded environments. *Aquatic Bot.* 38: 73-90.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2001). Animal feed resources informative systems. [www.fao.org/ag](http://www.fao.org/ag) Consultado Enero 10, 2015.
- Forero-Montaña, J., J. Betancur & J. Cavelier. (2003). Dieta del capibara *Hydrochaeris hydrochaeris* (Rodentia: *Hydrochaeridae*) en Caño Limón, Arauca, Colombia. *Revista Biol. Trop.* 51: 571-578.
- Figallo R., N. M. Peronja, A. Pidello<sup>1</sup> A. M. (2013). Smacchia. Dry matter and protein ruminal degradation and chemical composition in canutillo (*Panicum elephantipes*) and water hyacinth. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam.* 22 (2). Congreso de Pastizal es ISSN 2314- 2669 (online) 6300 Santa Rosa - Argentina.
- Francis S, Richar B. (2005). Consultores de la FAO Servicios de Manejo de las Tierras y de la Nutrición de las Plantas. Optimización de la Humedad del Suelo para la Producción Vegetal. [www.fao.org/docrep/008/y4690s/y4690s06.htm](http://www.fao.org/docrep/008/y4690s/y4690s06.htm). Consultado Marzo 18, 2015.
- Gerritsen, J. & H. S. Greening. (1989). Marsh seed banks of the Okefenokee swamp: effects of hydrologic regime and nutrients. *Ecology* 70: 750-763.
- Gil B., R., G. L. y S. F. (1972). Módulo Experimental de Mantecal: Informe Anual. Caracas. Div. de Proyecto (M.O.P.). 54p.

- González, B. y M. E. Piña. (1995). Colección y caracterización de gramíneas naturales forrajeras de la región climática estacional subhúmeda y húmeda de la cuenca del lago de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 12:175-186.
- Guterres, M., Marmontel, M., Ayub, D., Singer, R., & Singer, R. (2008). Anatomía e morfología de plantas acuáticas da Amazonia utilizadas como potencial alimento por peixe-boi Amazonico (187 ed.). Belem: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. 68p.
- Guido, A. V. N., Arismendy E. A. (2001). Ensayo de la Palatabilidad de Cinco Pastos para el Caco (*Hidrochoeuiros hydrochaeris isthmus*) en la Región Canal de los Mangos de Turbo, Antioquia. *Cronica Forestal del Medio Ambiente*. 16 (1): 75-88.
- Guiot, J. D. y Meléndez, F. (2003). Producción anual de forraje de cuatro especies de *Brachiaria* en Tabasco. XVI Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Villahermosa, Tabasco (México). pp. 126-128.
- Grass Phylogeny Working Group (2001). Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae), *Annals of the Missouri Botanical Garden* 88(3): 373–457.
- Harlan, J. R. (1971). Agricultural origins: centers and non-centers. *Science* 174: 468-474.
- Hernández-Garay, A., Hodgson, J. G., Matthew, C. (1997). Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *New Zealand J Agricultural Research*. (40): 25-35.
- Hernández, G. A., Martínez, H. P. A., Mena, U.M., Pérez, P.J., Enríquez, Q. J. F., (2002). Dinámica del rebrote en pasto insurgente (*Brachiaria brizantha* Hochts. Stapf.). Pastoreado a diferente asignación en la estación de lluvia. *Revista Técnica Pecuaria México* 40(2): 193-205.

- Hill, K. (1996). *Hymenachne amplexicaulis*: A review of the literature and summary of work in Florida. <http://naples.net/~kuh/hymen.htm>. Consultado Agosto 7, 2014.
- Hill, K, U. 2000. *Hymenachne amplexicaulis*: A review of literature and summary of work in Florida. <http://www.naples.net/> Consultado Octubre 7, 2014.
- Homen M., Entrena I., Arriojas L. (2010). Biomasa y valor nutritivo de tres gramíneas forrajeras en diferentes períodos del año en la zona de bosque húmedo tropical, Barlovento, estado Miranda. *Zootecnia Trop.*, 28(1): 115-127.
- Inglis, G. J., P. A. Pittaway & H. Kibbler. (1996). Environmental vandalism? Towards an objective assessment of weed status. Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference, Toowoomba. [www.regional.or.au/au/asa](http://www.regional.or.au/au/asa)
- Juárez, L. F. I., D. G. Fox., R. W. Blake and A. N. Pell. (1999). Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical Mexico. *J. Dairy Sci.* 82: 2136-2145.
- Juárez, R. A. S., Cerrillo, S. M. A., Gutierrez O. E., Romero T. E. M., Colin, N. J., Bernal, B. H. (2009). Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas *in vitro*. *Tec. Pec. Méx.* 2009; 47(1):55-67.
- Kalmbacher, R., Mullahey, J. y Hill, K. (1998). Limpograss and *Hymenachne* grown on flatwoods range pond margins. *J. Range Management* 51: 282-287.
- Kellogg, E. A. (2002). Classification of the grass family. In Mallett K & Orchard AE (eds.) *Flora of Australia*, Vol. 43. *Poaceae* I. Introduction and Atlas. (ABRS, Canberra/CSIRO, Melbourne). 19–36.

- Langeland, K. A. and K. Craddoks (eds.). (2005). Identification and biology of nonnative plants in Florida's natural areas. [Libro en línea]. Florida exotic pest plant council. Disponible: [http://www.fleppc.org/id\\_book/Hymenachne](http://www.fleppc.org/id_book/Hymenachne) Consultado Febrero 16, 2015.
- Lemaire, G., Hodgson, J., De Moraes, A., Carvalho, P.C. de F. and Nabinger C. (2000). Grassland Ecophysiology And Grazing Ecology. Cab International. 422p.
- Martínez, M. D., Hernández G. A., Enríquez Q. J. F., Pérez, P. J., González, M. S. S., Herrera, H. J. G. (2008). Producción de forrajes y componentes del rendimiento del pasto *Brachiaria humidicola* CIAT 6133 con diferentes manejos de defoliación. Tec. Pec. Méx. 46(4): 427-438.
- Medina, E. and N. Motta. (1990). Metabolism and distribution of grasses in tropical flooded savannas in Venezuela. J. Trop. Ecol. 6: 77-89.
- Mejía A. A. M., Mora Barney A. I. (2011). Uso y manejo de forrajes nativos en la sabana inundable de la Orinoquia. [es.slideshare.net/.../uso-y-manejo-de-forrajes-nativos-en-la-sabana-inund...](http://es.slideshare.net/.../uso-y-manejo-de-forrajes-nativos-en-la-sabana-inund...) Consultado Octubre 5, de 2014
- Meléndez N, F. (1999). Caracterización y aprovechamiento de pasturas naturales de Tabasco. Informe Técnico. Documento de circulación interna. INIFAP-CIRGOC- SAGAR. 56p.
- Mitsch, W. J. y J. Gosselink, J. (2007). Wetlands. Wiley, New York. <http://books.google.com.ec/books?id=1cSkeTCi894C&pg=PA455&dq=media+constructed+wetlands&hl=es&ei=VxMdUfbzBlrm8gTuz4DoDA&ved=0CDIQ6AEwAQ#v=onepage&q=media%20constructed%20wetlands&f=true>. Consultado Septiembre 20, 2014.

- Mojica, M. M., (2010). “Establecimiento y uso de la técnica de digestibilidad *in vitro* para evaluar nutricionalmente maíz forrajero”. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver., México. 55p.
- Muslera, P. E. y G. C. Ratera. (1991). Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. 2ª ed: Mundi Prensa. Madrid, España. 674p.
- NWSEC (2000). Agriculture and Resource Management Council of Australia & New Zealand, Australian & New Zealand Environment & Conservation council and Forestry Ministers. Weeds of National Significance *Hymenachne (Hymenachne amplexicaulis)* strategic plan. NWSEC, Launceton, Australia, 19p.
- O'Mara, F., Wilkins, R., Mannetje. L., Lovett, D., Rogers, P., y Boland, T. (2005). XX Internacional Grassland Congress: Offeres papers. Google books: <http://books.google.com/books?id=CtD6CPdZCgC&pg=PA103&dq=hymachne+amplexicaulis&hl=es&sa=x&ei=klUaUfffJfLU0qHSjoGABA&ved=OCEoQ6AEwBQ#v=onepage&q=hymenachne%20amplexicaulis&f=true>. Consultado Noviembre 12, 2014.
- Overhotl, A. W., L. Sharon., M. Ewe., R. Diaz, E., C. Morgan y O. Moeri E. (2004). Feeding effects of *Ischnodemus variegatus* (Hemiptera:Blissidae) on photosynthesis and growth of *Hymenachne amplexicaulis* (Poaceae). Florida Entomologist 87(3): 312-316.
- Overhotl, A. W. (2001). *Hymenachne amplexicaulis*, an invasive semi-aquatic grass from South America, and its herbivore, *Ischnodemus variegatus*: [www.Kgioeli.ifas.ufl.edu/Hymenachne.pdf](http://www.Kgioeli.ifas.ufl.edu/Hymenachne.pdf). Consultado Enero 15, 2015.
- Panigrahi G. y Dubey A. K. (1986). Notes on lectotypification of *Hymenachne* P.Beauv. (Poaceae). Taxón 35: 338–401.

- Peñuela, L. R., A. Mejía A. y V. Ardila (2013). Relación Suelo-Planta-Animal en la sabana inundable de Casanare, Colombia. Panfleto Informativo. The Nature Conservancy-WWF-Natura-PNUD, Conservación. Casanare, Colombia. 11p.
- Pinzón, B, y Santamaría, E. (2005). Valoración del comportamiento agronómico de nuevos híbridos y variedades de *Brachiaria*. Instituto Panameño de Investigación Agropecuaria (IDIAP). Informe Mimeografiado. 5p.
- Pohl, R. W. and N. R. Lersten. (1975). Stem aerenchima as a character separating *Hymenachne* and *Sacciolepis* (Gramineae, Panicoideae). *Brittonia* 27:223-227.
- Quero, C. A., C. R. Morales, L. Miranda, y J. F. Enríquez. (2003). Recursos genéticos de gramíneas forrajeras nativas. El complejo de zacate banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. XXXIX Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. UNAM. México, DF 424p. (Resumen).
- Quero, C. A. R, J.F. Enríquez Q. y L. Miranda J. (2007). Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o status quo. *Interciencia*. 32 (8): 566-571.
- Quero, C. A. R, A. Hernández G, L. Miranda J, J. Pérez P. y M. Sánchez H. (2010). Recursos genéticos para el pastoreo extensivo. *In: ME Velazco, A Hernández G, RA Perezgrovas G y B Sánchez M (eds.) Los Forrajes y su Impacto en el Trópico. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chis. pp. 1-21.*
- Ramía M. (1974). Estudio Ecológico del Módulo Experimental de Mantecal (Alto Apure). *Soc. Venez., de Ciencias Naturales* 31: 117-142.
- Rincón, A. C., Ligarreto, M .G. A., Garay, E. (2007). Producción De Forraje En Los Pastos *Brachiaria decumbens* Cv. Amargo Y *Brachiaria brizantha* Cv. Toledo. Sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en

condiciones del piedemonte llanero Colombiano Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 61(1): 4336-4346.

Ruiz C. J. A., González A. I. J., Regalado R. J. R., Anguiano C. J., Vizcaíno V. I. y González E. D. R. (2003). Recursos edafo-climáticos para la planeación del sector productivo en el estado de Jalisco. INIFAP. Libro técnico nº 2. 172p.

Santos, S.A., Desbiez, A.L.J., Crispim, S.M.A., Comastri Filho, J.A., Abreu, U.G.P., Rodela, L.G., 2010. Natural and cultivated pastures and their use by cattle. In: The Pantanal: Ecology, Biodiversity and Sustainable Management of a Large Neotropical Seasonal Wetland. Pensoft Publisher, Sofia, Moscow.

Santos, S. A., C. Costa, G. Souza, A. Pott, J.M. Álvarez and S. R. Machado. (2002). Botanical composition of cattle diet on rangelands in the Pantanal Wetland, Brazil. R. Bras. Zootec. 31: 1648-1662.

Santos, P. M., Balsalobre, M. A. A., Corsi., M. (2004). Características morfogénicas e taxa de acumulo de forragen do capimombaca submetido a três intervalos de pastejo. Revista Brasileira de Zootecnia. 33 (4): 843-851.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (SIAP) (2012). Agricultura. Producción anual. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx) Consultado Noviembre 12, 2014.

Silva, M. P. y R. Mauro, (2002). Utilización de pasturas nativas por mamíferos herbívoros en el pantanal. Arch. Zootec. 51: 161-173.

Sbrissia, F. A, (2004). Morfogenese, dinâmica do perfilhamento e du acumulo de forragen em pastos capim-marandu sob lotacao continua (Tese doutorado) ESALQUSP, Sao Paulo, Brasil. 171p.

- Sbrissia, F. A., Da Silva, S. C. (2008). Compensacao tamaño/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu, R. Bras. Zootec. 37 (1): 35-47.
- Schnee, Ludwing. (1973). Plantas comunes de Venezuela. Maracay. Ed. Empresa Universitaria. U.C.V. 270p.
- Tejos, M. R. (1980). Production of water straw grass *Hymenachne amplexicaulis* during a sabana period. Congreso Venezolano de Zootecnia, Guanare (Venezuela) 54p.
- Tejos, M. R. (2008). (Eds). Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Memorias XII Seminario, Bovinos de carne. Mérida (Venezuela) del 3 al 5 de Abril.
- Torres, R. Domínguez, I., Ronquillo, M. Aparicio, (2003). Producción de biomasa, composición química y producción de gas *in vitro* de la vegetación de una sábana estacional modulada. En: doc. Zootecnia Tropical. Cielo. [En línea] Disponible en [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-72692009000400006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-72692009000400006&script=sci_arttext) Consultado Noviembre 10, 2014.
- Thompson, A. E., D. A., Dierig, and G. A. White. (1992). Use of plant introductions to develop new industrial crop cultivars. In: HL Shands and LE Weisner (eds.) Use of Plant Introductions in Cultivar Development. Part 2. CSSA Special Publication 20. Madison, WI, USA 9-48pp.
- Tropical Forages. (s.f.). (2013). *Hymenachne amplexicaulis* [http://www.tropicalforages.info/key/forages/Media/Html/Hymenachne\\_amplexicaulis.htm](http://www.tropicalforages.info/key/forages/Media/Html/Hymenachne_amplexicaulis.htm) Consultado Enero 10, 2015

- University of Florida. (2007). *Hymenachne amplexicaulis*, an invasive semi-aquatic grass from South América [PDF en línea] Disponible: <http://kgioeli.ifas.ufl.edu/hymenachne.pdf>. Consultado Noviembre 10, 2014.
- Van, Soest, P. J., (1993). Evaluación de forrajes y calidad de los alimentos para rumiantes. In: XVI Simposium de Ganadería Tropical. 4ª Ciclo de Conferencias Sobre Bovinos de doble propósito. Publicación Especial No. 11. INIFAP. Veracruz, Veracruz. pp. 85-108.
- Vega, E. M., Ramírez de la Ribera, J., Acosta. L., I.; Igarza, A., (2006). Rendimiento, caracterización química y digestibilidad del pasto *Brachiaria decumbens* en las actuales condiciones edafoclimáticas del Valle del Cauto. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET ®, ISSN 1695-7504, Vol. VII, N° 05, <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050506.html> Consultado Marzo 5, 2015.
- Velasco, Z. M. E., Hernández G. A., Perezgrovas G. R. A., Sánchez M.B. (2010). Los forrajes y su impacto en el trópico. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 267p.
- Watson, L. and M.J. Dallwitz. (1992). Onwards. The grass genera of the world: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval; including synonyms, morphology, anatomy, physiology, phytochemistry, cytology, classification, pathogens, world and local distribution, and references. Version: <http://delta-intkey.com>. <http://biodiversity.uno.edu/delta/>. Consultado Feb. 5, 2014.
- Wearne L. J., Clarkson J. R. and Vitelli J. S. (2010). The biology of Australian weeds. 56. *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees. Plant Protection Quarterly 25: 146–161.

- Wildin, J. H. and R. Oram N. (1989). Register of Australian Plant Cultivars. A. Grasses. 24. *Hymenachne*. *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees (*hymenachne*) cv. Olive. Australian Journal of Experimental Agriculture. 293p.
- Wipff, J. K. (2003). *Sacciolepis*. In M.E. Barkworth et al. (eds.). Flora of North America North of Mexico. Poaceae, Vol. 25, part 2. <<http://herbarium.usu.edu/webmanual>>. Consultado Diciembre 11, 2014.
- Wunderlin, R. P., and B. F. Hansen. (2008). Atlas of Florida Vascular Plants. S.M. Landry and K.N. Campbell (application development), Florida Center for Community Design and Research. Institute for Systematic Botany, Univ. of South Florida, Tampa. <<http://www.plantatlas.usf.edu/>>. Consultado Diciembre 11, 2014.