

GERMINACIÓN Y ADAPTABILIDAD DE GRAMÍNEAS FORRAJERAS EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA¹

[GERMINATION AND ADAPTABILITY OF FORAGE GRASSES IN THE CENTRAL VALLEYS OF OAXACA]

Lizbeth Hernández Sánchez¹, Yuri Villegas Aparicio^{1§}, Armando Gómez Vásquez², José Cruz Carrillo Rodríguez¹

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Maestría en Productividad de Agroecosistemas, TecNM-SEP, Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. ²División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa Tabasco, México. [§]Autor para correspondencia: (yuriva1968@gmail.com).

RESUMEN

La escasez de forraje para la alimentación del ganado en época de estiaje demanda establecer praderas con gramíneas de alto potencial forrajero incrementando la cantidad disponible. El objetivo fue evaluar la adaptabilidad de nueve genotipos de *Penisetum purpureum* y la germinación de semillas mediante la escarificación en dos cultivares de *Brachiaria brizantha*. Realizando el estudio en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Se utilizó un diseño completamente al azar con nueve tratamientos y ocho repeticiones. Las variables estudiadas son: altura de la planta, número de hojas y tallos, determinando tasa de crecimiento de hojas, tallos y altura, relación hoja: tallo y el modelo de regresión. Sembrando semillas escarificadas en ácido clorhídrico, ácido acético, thinner, alcohol etílico, agua oxigenada al 2%, agua a 80°C y combinación de temperaturas, para evaluar la germinación en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2*11 (dos cultivares de *Brachiaria* y 11 métodos de escarificación) con 22 tratamientos y 100 repeticiones, El genotipo Merkeron fue significativamente superior seguido por el Vruckwona con 103 y 51.4 hojas, 9.8 y 5.8 tallos y 2 y 1.5 m de altura, encontrándose correlación entre Tallo29:Hojas29 ($r= 0.94343^{**}$), cuyo modelo de regresión explica un 90.1 % la variación existente de hojas. La combinación de temperatura e inmersión en ácido clorhídrico presentaron 40 y 29.17 % de germinación, cuyo índice de velocidad fue de 0.23 y 0.14 plantas/día. Concluyendo que los genotipos de mejor adaptación al clima fueron Merkeron y Vruckwona y la combinación de temperaturas incrementa el porcentaje de germinación de las semillas.

Palabras clave: establecimiento de gramíneas, escarificación, latencia, praderas.

ABSTRACT

The scarcity of forage for livestock feeding in the dry season demands establishing grasslands with high forage potential grasses increasing the amount available. The objective was to evaluate the adaptability of nine genotypes of *Penisetum purpureum* and germination of seeds by scarification in two *Brachiaria brizantha* cultivars, Carrying out the study in the Instituto Tecnológico Valle of Oaxaca. A completely randomized design was used with nine treatments and eight Replicates. The

¹ Recepción 18-enero-2019
Aceptación 12-diciembre-2019

variables studied are: height of the plant, number of leaves and stems, determining growth rate of leaves, stems and height, leaf: stem ratio and regression model. Seeding scarified seeds in hydrochloric acid, acetic acid, thinner, ethyl alcohol, 2% hydrogen peroxide, water at 80°C and a combination of temperatures, to evaluate the germination in a completely randomized design with 2 * 11 factorial arrangement (two *Brachiaria* cultivars and 11 methods of scarification) with 22 treatments and 100 replicates. The Merkeron genotype was significantly superior followed by the Vruckwona with 103 and 51.4 leaves, 9.8 and 5.8 stems and 2 and 1.5 m of height, being correlation between Talloc29:hojac29 ($r = 0.94343^{**}$), whose regression model explains 90.1% of the existing leaf variation. The combination of temperature and immersion in hydrochloric acid had 40 and 29.17% of germination, whose velocity index was 0.23 and 0.14 plants day⁻¹. Concluding that the genotypes of better climate adaptation were Merkeron and Vruckwona and the combination of temperatures increases the percentage of germination of the seeds.

Index words: Establishment, scarification, latency, grassland.

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina en México representa una de las principales actividades debido a la oferta de productos cárnicos de excelente calidad producidos en cualquier estado de la República, radicando el problema fundamental de la ganadería en la alimentación de los animales en la época de estiaje. Factor que influye de manera significativa en un sistema de producción (Rubio, 2013). Siendo un problema la insuficiente producción de granos y forrajes, en cantidad y calidad así como su almacenamiento y conservación, para la alimentación del ganado, disminuyendo considerablemente los procesos productivo, provocando la pérdida de peso, bajas tasas aparentes de parición (50-60%), la vulnerabilidad y muerte de los animales obligando a la reducción forzosa de los animales en los hatos (Martínez, 2009; Améndola, *et al.*, 2005; Gobierno del Estado, 2010; Partida-de la Peña, 2013).

En este contexto, resulta de interés el uso e introducción de especies forrajeras con alto rendimiento de forraje de buena calidad, excelente aceptación por el ganado y cuyas características adaptativas permitan potenciar la producción para contar con mayor forraje para la alimentación (Hernández *et al.*, 2016), consideran factores que limitan la producción de un material forrajero entre los más importantes se encuentra el clima, el manejo y la condición física, química y características ecológicas como fertilidad de suelo, mal drenaje y baja adaptación de las especies forrajeras, calidad de la semillas para su éxito ya que se presentan en la mayoría de las especies de bajo porcentaje de germinación debido a la latencia de las semillas, así como el tipo de material a utilizar, siendo la reproducción vegetativa predominante en muchos ambientes, tomando en cuenta que su limitante es la reproducción en ambientes similares al de la planta madre (Araya y Boschini, 2005; Doria, 2010; Luz, 2011, Castañeda *et al.*, 2015).

Por su parte, la reproducción por semillas constituye el mecanismo de perennización por el que las plantas perduran generación tras generación, permite establecer especies en diferentes lugares; presentándose la baja disponibilidad, calidad y tamaño de la semilla, y otros factores que influyen como volumen, luz y tiempo de imbibición, limita la expansión y renovación de las áreas cultivadas, presentándose bajo e ineficiente porcentaje de germinación debido a la presencia de latencia de la semilla, factores del poco éxito obtenido en el establecimiento de praderas de estas importantes especies (Román, 2000; Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006; Dorian, 2010; Schwienbacher *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2016).

Por ello, se deben utilizar especies con alta producción de biomasa, adaptabilidad a diversos climas, escarificación eficiente para revigorizar semillas envejecidas, acelerar y uniformar la germinación e incrementar los rendimientos de los cultivos bajo condiciones ecológicas óptimas y adversas, que permita una producción a bajo costo, que influye en el mantenimiento de la diversidad vegetal (Sánchez *et al.*, 2001; Citalán *et al.*, 2012; Sterling y Guerra, 2010; Tapia *et al.*, 2012; Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2016).

Por lo cual, se realizó el estudio para determinar la adaptabilidad de varios genotipos de *Pennisetum purpureum* en la región de Valles Centrales de Oaxaca, así como la evaluación de diferentes métodos de escarificación que se pueden aplicar a semillas de *Brachiaria brizantha* cv Insurgente y cv Mulato II para aumentar el porcentaje y la velocidad de germinación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento 1

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, el cual se localiza en Nazareno Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, en las coordenadas 17° 01' 16" latitud norte y 96° 45' 51" longitud oeste. Cuyo clima predominante es templado con lluvias en verano de 600 a 700 mm de precipitación, con temperaturas que van desde los 18 hasta 20°C y cuyo suelo predominante es vertisol (62.88%), regosol (26.70%), leptosol (10.30%) y fluvisol (0.12%) (INEGI, 2008).

Para el primer experimento se utilizaron nueve genotipos de *P. purpureum* provenientes del centro Experimental (INIFAP) "La Posta" de Paso de Toro Medellín de Bravo Veracruz los cuales fueron: Elefante, Taiwán, Roxo, CT-115, Maralfalfa, Merkeron, Mott, Vruckwona y King Grass los cuales fueron sembrados en una parcela de 10 m de largo por 5 metros de ancho estableciendo surcos de cuatro metros de largo y 0.70 m entre surcos y 0.50 m entre plantas, cuya siembra se realizó en el mes de agosto de 2015 con una vareta (esqueje) de tres nudos cuyo grosor se encontraban entre los 2.5 y 5cm de los diferentes genotipos de *Pennisetum purpureum*.

Las variables de estudio consideradas fueron altura tomando esta desde el suelo hasta la hoja más alta de la planta con el apoyo de un metro, número de tallos contando la cantidad de tallos emergidos por esqueje, porcentaje de mortalidad tomando en cuenta las ocho estacas sembradas de cada genotipo como el 100 % y de éstas las que no presentaron tallos se consideraron muertas, número de hojas el cual se determinó mediante el conteo de las hojas presentes por macollo, a partir de éstos se obtuvo la tasa de crecimiento de hojas, tallos y altura, y acumulativo de tallos, hojas y altura, así mismo se determinó la correlación hoja: tallo para conocer la influencia que tiene la producción de tallos en la producción de hojas y el modelo de regresión para explicar la variación en la producción de hoja de los genotipos. Los datos de las variables fueron tomados cada 15 días por 73 días a partir de que se observó que las estacas ya se habían establecido por presentar rebrotes.

Con los datos obtenidos se realizó el análisis de datos en el programa estadístico SAS mediante un diseño completamente al azar con nueve tratamientos y ocho repeticiones y comparación de medias transformadas a $\log^{10}$ por Duncan, debido a que los datos no cumplían con la prueba de normalidad y homogeneidad.

Experimento 2

En el segundo experimento correspondiente al proceso de escarificación de semillas se utilizó *Brachiaria brizantha* cv Insurgente y cv Mulato II, las cuales se obtuvieron mediante la compra con el grupo Papalotla ubicado en el estado de Chiapas, realizando la escarificación en ácido clorhídrico al 36 %, ácido acético (vinagre casero), diluyente de pinturas (thinner), agua a 80°C, acetona, alcohol, agua oxigenada al 2 %, una combinación de temperaturas por tiempo determinado de acuerdo al tratamiento (Cuadro 1), así como un frasco de vidrio, vasos desechables, cajas Petri, algodón como sustrato para las cajas Petri, un refrigerador y una cámara de germinación. Posteriormente, las semillas escarificadas y sembradas fueron introducidas en una estufa de aire forzado una temperatura de 20°C.

Cuadro 1. Procedimientos físicos y químicos para eliminar la latencia.

Tratamiento	Número	Descripción
Químicos	1	Inmersión de la semillas en ácido clorhídrico al 36% durante 4 min.©
	2	Inmersión de la semilla en ácido acético (vinagre casero) durante 12 h.
	3	Inmersión de la semilla en un diluyente de pinturas (thinner) durante 15 min.
	4	Inmersión en alcohol etílico por 12 h.©
	5	Inmersión en acetona por 12 h.©
	6	Inmersión en agua oxigenada al 2% por 6 h
Físicos	7	Inmersión de la semillas en agua a 80°C por 2 min. ®
	8	Inmersión de la semillas en agua a 80°C por 4 min. ®
	9	Inmersión de la semillas en agua a 80°C por 6 min. ®
	10	Combinación de temperatura 12 h a 3°C y posteriormente 12 h a 35°C. v
Testigo	11	Semillas sin tratamiento alguno

©: Tapia *et al.*, (2012). ®: Hernández *et al.*, (2012). v: Unión Ganadera Regional de Jalisco, (2016)

El experimento se estableció de acuerdo a un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 2 x 11, donde el factor “A” correspondió a las dos variedades (Insurgente y Mulato II) y el factor “B” correspondiente a los 11 tratamientos. Las semillas sometidas fueron sembradas en cajas Petri y algodón sometidas para su germinación, constando las unidades experimentales de 100 semillas. Las variables tomadas fueron porcentaje de germinación y la velocidad en días de germinación mediante la fórmula propuesta por Maguirre (1962). Los datos obtenidos se transformaron en raíz cuadrada para evitar heterocedasticidad, las medias se compararon mediante Duncan debido a que no cumplían con las pruebas de normalidad y homogeneidad, para analizar los datos se utilizó el paquete SAS

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los genotipos de *Pennisetum purpureum*

Los genotipos muestran diferencia significativa en cuanto a la adaptabilidad sobresaliendo el genotipo Merkeron presentando a los 73 días después de la siembra (dds) 103 hojas, 9.8 tallos y

dos metros de altura, cuya tasa de crecimiento medio fue de 10.3 hojas, 0.2 tallo, 0.3 m de altura respecto a la presente a los 65 días con tan solo 92.8 hojas, 9.7 tallos y 1.7 m de altura, seguido por el genotipo Vruckwona y Taiwán con 51.4 y 49.1 hojas, y 5.8 y 5.4 tallos y 1.5 y 1.7 metros de altura respectivamente a los 73 dds (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Promedio del número de hojas, tallos y altura en diferentes días después de la siembra (dds).

Genotipo	Hojas (n°)						Tallos (n°)						Altura (m)					
	30		65		73		30		65		73		30		65		73	
King Grass	22.2	a	46.0	b	48.6	b	4.2	ab	5.2	b	5.0	b	0	a	1.3	a	1.5	a
Merkeron	19.7	a	92.8	a	103.2	a	5.8	a	9.7	a	9.8	a	0	a	1.7	a	2.0	a
Maralfalfa	16.0	ab	30.8	b	33.6	b	3.4	ab	4.0	b	4.0	b	0	a	1.1	ab	1.3	ab
Elefante	14.9	ab	38.1	b	36.4	b	3.3	ab	3.9	b	4.0	b	0	a	1.6	a	1.7	a
Taiwán	14.7	ab	46.3	b	49.1	b	3.1	ab	5.4	b	5.4	ab	0	a	1.5	a	1.7	a
Ct115	10.8	ab	39.5	b	42.3	b	1.8	b	5.2	b	5.5	ab	0	a	1.3	a	1.4	a
Vruckwona	9.8	ab	50.0	b	51.4	b	2.0	b	5.4	b	5.8	ab	0	a	1.3	a	1.5	a
Mott	8.4	ab	18.0	b	23.8	b	2.2	b	3.2	b	2.8	b	0	a	0.5	b	0.6	b
Roxo	5.6	b	11.6	b	13.9	b	1.5	b	1.5	b	1.6	b	0	a	0.5	b	0.6	b

Valores con la misma letra en columna no son estadísticamente diferentes (Duncan, 0.05).

Cuadro 3. Promedio de la tasa de crecimiento de hojas, tallos y altura en diferentes días después de la siembra (dds).

Pasto	TCC de hojas (N° de hojas)						TCC de tallo (N° tallos)						TCC de altura (m)					
	30		65		73		30		65		73		30		65		73	
King Grass	22.2	a	23.8	b	2.6	a	4.2	ab	1.0	c	0.2	a	0	a	1.3	a	0.2	a
Merkeron	19.7	a	73.2	a	10.3	a	5.8	a	3.8	a	0.2	a	0	a	1.7	a	0.3	a
Maralfalfa	16.0	ab	14.8	b	2.8	a	3.4	ab	0.6	c	0.2	a	0	a	1.1	ab	0.2	a
Elefante	14.9	ab	23.3	b	1.7	a	3.3	ab	0.6	c	0.1	a	0	a	1.6	a	0.1	a
Taiwan	14.7	ab	31.6	b	2.9	a	3.1	ab	2.3	abc	0.0	a	0	a	1.5	a	0.3	a
Ct115	10.8	ab	28.7	b	2.8	a	1.8	b	3.3	ab	0.3	a	0	a	1.3	a	0.1	a
Vruckwona	9.8	ab	40.2	b	1.4	a	2.0	b	3.4	ab	0.4	a	0	a	1.3	a	0.2	a
Mott	8.4	ab	11.8	b	5.8	a	2.2	b	1.3	bc	0.4	a	0	a	0.5	b	0.0	a
Roxo	5.6	b	7.1	b	2.3	a	1.5	b	0.4	c	0.1	a	0	a	0.5	b	0.0	a

Valores con la misma letra en columna no son estadísticamente diferentes (Duncan, 0.05). TCC: Tasa de crecimiento.

Las diferencias encontradas están relacionadas con el desarrollo del forraje entre las variedades de los cultivares de *Pennisetum* y las interacciones como pueden ser clima y cosechas de los mismos, ya que los genotipos utilizados tienen variabilidad genética moderada y cuya información existente es escasa, además de las condiciones climáticas argumentando que la temperatura ambiental, como resultado de la radiación solar, tiene una función importante en la interacción del

clima-vegetación (Machado y Machado, 1988; Ramos *et al.*, 2013; Uvidia *et al.*, 2014 y Ramos-Trejo *et al.*, 2015).

De acuerdo a los datos de material vegetal acumulativo obtenidos, los genotipos muestran diferencias significativas sobresaliendo el genotipo Merkeron presentando 9.8 tallos, 103.2 hojas y 2 metros de altura de la planta, seguido por el genotipo Uorurkwona y el Taiwán en cuanto a la producción de hojas y tallos se refiere presentando estos 51.4 y 49.1 hojas y 5.8 y 5.4 tallos respectivamente, sin embargo, de acuerdo al acumulativo de altura el Merkeron fue seguido por los genotipos Taiwán y Elefante con una altura de 1.7 metros (Cuadro 4). Debiéndose está variabilidad a la fertilidad del suelo y demás a condiciones ambientales como lo encontrado por García *et al.* (2014) y Lok *et al.* (2009) quienes reportan que el rendimiento va a depender en gran parte de la altura de la planta ya que en sus investigaciones reportan rendimiento altos de MS cuando las plantas presentan alturas superiores con 40 t ha⁻¹ en promedio.

La acumulación de tallos encontrado fue bajo, presentando Merkeron y Vruckwona 9.8 y 5.8 tallos respectivamente (Cuadro 4), condicionado el rendimiento por el tipo de siembra la cual se efectuó a 0.50 m entre plantas y 0.70 m entre surcos concordando con Nava *et al.* (2013) y García *et al.* (2014) que a mayor densidad de plantas por hectárea la producción de tallo se ve afectada, encontrando García *et al.* (2014) 10.2 y 11.6 tallos para King grass y CT115, a una distancia de 0.90 m entre plantas mientras que Nava *et al.* (2013) reportan una producción de 18.4 y 19.6 % de materia seca correspondiente a los tallos producidos con densidad de 11 350 y 17 850 plantas por hectárea lo que sugiere que a mayor densidad menor producción de tallos existe.

Cuadro 4. Promedio acumulativo de hojas, tallos y altura a los 73 días después de la siembra.

Pasto	Acumulativos de		
	Tallo (N°)	hojas (N°)	Altura (m)
King grass	5.0 b	48.6 b	1.5 a
Merkeron	9.8 a	103.2 a	2.0 a
Maraalfalfa	4.0 b	33.6 b	1.3 ab
Elefante	4.0 b	36.4 b	1.7 a
Taiwan	5.4 a	49.1 b	1.7 a
Ct115	5.5 a	42.3 b	1.4 a
Vruckwona	5.8 a	51.4 b	1.5 a
Mott	2.8 b	23.8 b	0.6 b
Roxo	1.2 b	13.9 b	0.6 b

Valores con la misma letra en columna no son estadísticamente diferentes (Duncan, 0.05).

Análisis de correlación

Todas las correlaciones entre las variables fueron significativas. Los coeficientes más altos se presentaron entre tallosep, hojasep, talloc21, alturao21, talloc29, hojaoc29. La mejor correlación se obtuvo entre talloc29 y hojaoc29 ($r= 0.94343^{**}$), tallosep y hojasep ($r= 0.92851^{**}$) (Martínez, 2009), que de acuerdo a los análisis realizados se puede estar de acuerdo con Wagner y Colon

(2014), quien indica que Merkeron obtuvo la mejor producción de hojas en relación al número de tallos presentes por macollos.

Análisis de regresión

De acuerdo al análisis de regresión se obtuvo que la altura y el número de tallos de los pastos explican en un 90.1% la variación que existe en la cantidad de hojas de los pastos. Con un 26.02 por ciento de confiabilidad de precisión y una probabilidad $<.0001$ que indica que el modelo es altamente significativo, teniendo que el modelo estimado es: $hoja = -10.084 + 8.78(tallo) + 8.127(altura)$.

De acuerdo a este análisis de correlación y regresión se establece que la producción de hojas depende del número de tallo, y de la altura de la planta presentando estas variables una fuerte correlación como lo menciona Calzada *et al.* (2014) quien encontró que la producción de biomasa de tallo y de material muerto del pasto Maralfalfa esta correlacionado de manera positiva. Mencionando que la máxima tasa de crecimiento, coinciden con la máxima producción de hojas y tallos y con la mayor producción de biomasa total.

Análisis clúster

Mediante el análisis de conglomerados (clúster) (Figura 1) se identificaron tres grupos de genotipos de *Pennisetum* denominados: a b y c. determinando la diferenciación o la similitud de los genotipos El grupo “a” constituido por el genotipo Merkeron a una distancia promedio de 104.5, con 10 tallos en promedio, 103 hojas presentando una altura promedio de 2.03 y un 25 % de mortalidad, el grupo “b” constituida por el genotipo Mott presentando este cuatro tallos con 30 hojas y una altura de 0.7 cm con una mortalidad del 50 % de las estacas sembradas y el grupo “c” constituido por el genotipo Roxo contando este con 2 tallos, 19 hojas una altura promedio de 0.75 m y un 25 % de mortalidad en las estacas sembradas.

Así mismo se formaron subgrupos los cuales fueron b1 y c1, el subgrupo “b1” a una distancia promedio de 59.508 y el subgrupo “c1” a una distancia promedio de 41.199 dividiéndose el subgrupo c1 en dos grupos con dos genotipos a una distancia de 39.199, correspondientes a los genotipos Elefante y Taiwán presentando estos una similitud en el porcentaje de mortalidad de las estacas con un 13 % y una altura de 1.72 y 1.73 m respectivamente así como el genotipo Maralfalfa y King grass con un 38 % de mortalidad de las estacas sembradas con cuatro y cinco tallo respectivamente y una altura de 1.29 y 1.54 m.

Los genotipos independientemente de las condiciones edafoclimáticas expresando marcada variación entre sus individuos en algunas variables y se agrupan en función de estas como son número tallos y hojas, altura y el porcentaje de germinación lo que representa un elemento positivo para su caracterización, probablemente existen individuos capaces de mostrar o no mejor comportamiento en suelos como en el del estudio, lo que indica que estos genotipos tienen la capacidad de adaptarse a este suelo y clima lo que pudiera estar asociado a la posibilidad que poseen el genoma individual de responder al medio (Hidalgo, 2003; Castañeda, Olivera y Wencomo, 2015).

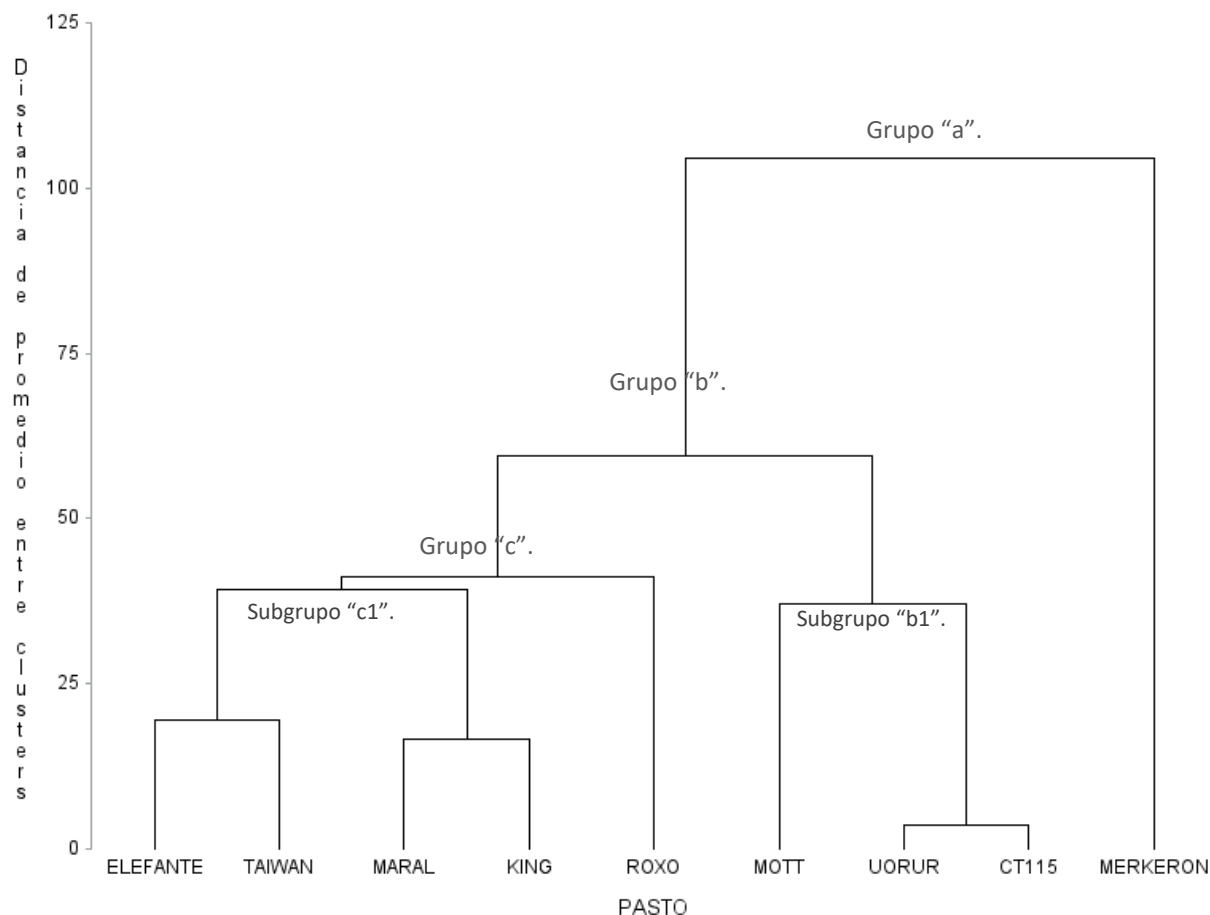


Figura 1. Dendrograma de nueve genotipos de *Pennisetum purpureum* por conglomerados, agrupando la varianza mínima de Ward, basado en características de altura, número de tallos, número de hojas. Formado tres grupos a b y c y dos subgrupos b1 y c1.

Análisis de las pruebas de germinación

En los análisis de varianza se detectaron diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$ y 0.0007) en los diferentes factores y su interacción (especie y tratamientos aplicados a las semillas) para todas las variables de estudio. El porcentaje de germinación (12.12 %) de las semillas, su velocidad media de germinación ($1 \text{ planta día}^{-1}$) y su germinación acumulada (12.12 %) del zacate Mulato fueron mayores pero muy similares a los obtenidos con el zacate Insurgente (Cuadro 5).

El efecto de los tratamientos pre germinativos fue estadísticamente diferente en todas las variables de estudio, siendo el grupo de semillas sometidas a combinación de temperaturas (expuestas primeramente a 3°C por 12 h y posteriormente a 35°C por 12 h) donde se presentó mayor porcentaje de germinación con un 40 %, cuyo índice de velocidad fue de $0.23 \text{ plantas día}^{-1}$ y una germinación acumulada de 40 % seguido por las semillas escarificadas con ácido clorhídrico al 36 % encontrándose 29.17 % de germinación, un índice de velocidad de $0.14 \text{ plantas día}^{-1}$ y germinación acumulada de 29.17 % (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias de las diferentes variables por especie y tratamiento.

Tratamiento Especies	Comparación de medias por tratamientos					
	Porcentaje de germinación		Índice de velocidad de germinación		Germinación acumulada	
Mulato II	12.12	a	0.01	a	12.12	a
Insurgente	10.61	a	0.01	a	10.61	a
Tratamientos aplicados a las semillas						
Combinación de temperatura (a 3 – 35°C)	40.00	a	0.23	a	40.00	a
Ácido clorhídrico al 36 %	29.17	a	0.14	bc	29.17	a
Tinner	15.00	b	0.14	b	15.00	b
Agua a 80°C por dos min	15.00	b	0.10	bc	15.00	b
Agua oxigenada	14.17	b	0.06	bc	14.17	b
Testigo	10.83	bc	0.05	bc	10.83	b
Alcohol	0.83	c	0.00	c	0.83	c
Agua a 80°C por seis min	0.00	c	0.00	c	0.00	c
Acetona	0.00	c	0.00	c	0.00	c
Vinagre	0.00	c	0.00	c	0.00	c
Agua a 80°C por cuatro minutos.	0.00	c	0.00	c	0.00	c

Valores con la misma letra en columna no son estadísticamente diferentes (Duncan, 0.05).

De acuerdo a lo obtenido y comparado con diferentes resultados, se destaca que la técnica de hidratación y deshidratación mediante la combinación de temperaturas mantiene un nivel de humedad lo que desencadena una serie de eventos bioquímicos-fisiológicos asociados al proceso de pre germinación lo que permite superar la latencia mediante el acondicionamiento para incrementar su capacidad de mejorar la permeabilidad de las testas (entrada de agua), acelerar y uniformar la germinación y el establecimiento (Manjkhola *et al.* 2003, Martínez *et al.*, 2013).

Debido a que los resultados sugieren que la estratificación en frío y la deshidratación posterior actúa como un promotor de la germinación mediante la activación general del aparato metabólico relacionado con la fase pre germinativa restaurando la integridad de las células a través de la síntesis de lípidos, proteínas, ARN Y ADN activando mecanismos de reparación de ADN, proteínas, membranas, enzimas y los sistemas desintoxicantes, confiriéndoles resistencia a condiciones ambientales adversas induciendo la tolerancia a la sequía (Sánchez *et al.* 2001 y Manjkhola *et al.* 2003)

Por ende se considerando la temperatura como uno de los factores más importantes en la germinación de la mayoría de las especies vegetales, reportando Balaguera *et al.* (2010) que la escarificación en frío aumenta la síntesis de giberelinas y disminuyen la concentración de inhibidores de germinación de las semillas obteniendo en la estratificación de semillas de glupa (*pasiflora edulis*) una germinación activa con los tratamientos de 360 y 720 h a 4 °C y posteriormente 15 días cubiertos con plástico negro. Herrera (2001) encontró que la temperatura es muy importante para la germinación debido a que en su investigación de escarificación de semillas de *B. decumbens* escarificadas con KNO₃ Y H₂SO₄ y sometidas a temperaturas entre los

25 y 28 °C mostraron los mejores resultados superando el 50 y el 60 % de germinación de las semillas almacenadas por tres meses.

Así mismo, Reino (2011) en sus investigaciones menciona que en todas las especies estudiadas el factor tratamiento pre germinativo fue el más influyente en la germinación, encontrando los mejores resultados cuando las semillas fueron escarificadas con ácido sulfúrico y sometidas a una combinación de temperaturas alternas de 25/35 °C con un 100 % en semillas de *Indigofera sp.*, 79 % en semillas de *Centrosema pubescens*.

CONCLUSIONES

Los genotipos de *Penisetum purpureum* que mejor se adaptan son Merkeron, Vruckwona y Taiwán por su mejor comportamiento en cuanto a la producción de hojas, la altura de la planta y número de tallos. La escarificación mediante la combinación de temperatura e inmersión en ácido clorhídrico al 36 % fueron los métodos eficaces para incrementar el porcentaje de germinación de las semillas de *Brachiaria brizantha*, siendo la combinación de temperaturas de fácil manejo y sin riesgo para el productor, además que este método aumenta el índice de velocidad de germinación.

.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca por el apoyo brindado para el desarrollo del presente estudio. Al CONACyT por la beca otorgada al primer autor, estudiante de la maestría en Productividad de Agroecosistemas.

LITERATURA CITADA

- Améndola, M. R. D., G.E. Castillo y H. P. A. Martínez. 2005. Perfiles por País del Recurso Pastura/Forraje, México. Consultado el 29 de mayo de 2017. <https://studylib.es/doc/7367427/perfiles-por-pa%C3%ADs-del-recurso-pastura-f o r raje-m%C3%A9xico> (Consultado 26 de abril de 2019).
- Araya, M. M. y F. C. Boschini. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 16(1): 37-43.
- Balaguera, H. E., J. G. Álvarez, y Cárdenas, J. 2010. Efecto de la estratificación fría y la cobertura plástica en semillas de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.) para la obtención de plántulas. *Revista U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 13(2): 89-97.
- Calzada-Marín, J. M., J. F. Enríquez-Quiroz, A. Hernández-Garay, E. Ortega-Jiménez y S. I. Mendoza-Pedroza. 2014. Análisis de crecimiento del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 5(2): 247-260.
- Castañeda L., Y. Olivera y B. H. Wencomo. 2015. Selección de accesiones de *Pennisetum purpureum* para fomentar sistemas de alimentación ganadera. *Revista Pastos y Forrajes* 38 (2): 170-175.

- Citalán, C. L., C. B. Domínguez, Z. M. A. Orantes, C. A. Manzur, M. B. Sánchez, L. M. de los Santos, R. J. L. Ruiz, L. J. L. Cruz, Á. V. Córdova, J. J. A. Ramos y T. J. Nahed. 2012. Evaluación nutricional de Maralfalfa (*Pennisetum* spp) en las diferentes etapas de crecimiento en el rancho San Daniel, municipio de Chiapas de Corzo, Chiapas. *Revista Quehacer Científico en Chiapas* 1(13): 19-23.
- Dorian, J. 2010. Revisión bibliográfica: Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Revista Cultivos Tropicales* 31(1): 74-85.
- Finch-Savage W. E. and G. Leubner-Metzger. 2006. Seed dormancy and the control of Germination. *New Phytol* 171(3): 501-23. doi:10.1111/j.1469-8137.2006.01787.x.
- García L. M., A. R. Mesa y M. Hernández. 2014. Potencial forrajero de cuatro cultivares de *Pennisetum purpureum* en un suelo Pardo de Las Tunas. *Revista Pastos y Forrajes* 37(4): 413-419.
- Gobierno del estado de Oaxaca. 2010. Plan Estratégico Sectorial Agropecuario Forestal y Pesquero Subsector Pecuario 2010-2016. https://www.finanzasooaxaca.gob.mx/pdf/planes/est_sectoriales/OaxacaReportes-Pecuario.pdf (Consultado el 28 de mayo de 2017).
- Hernández F. E., C. A. R. Quero, T. B. M. Joaquín, G. A. Hernández y G. F. J. Hernández. 2016. Métodos de escarificación y germinación en *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(1): 173-184.
- Hernández S. L., G. I. López, A. Y. Villegas, R. J. C. Carrillo y P. T. B. García. 2015. Evaluación de germinación, densidad y emergencia de *Leucaena leucocephala* con diferentes métodos de escarificación. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. (2) (Suplemento).
- Herrera, J. 2001. Efecto del almacenamiento sobre semilla de *Brachiaria decumbens* tratada químicamente para interrumpir la latencia. *Revista Tecnología en Marcha* 13: 47-52.
- Hidalgo, R. 2003. Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. En: T. L. Franco y R. Hidalgo, eds. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Cali, Colombia: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico IPGRI No. 8. pp. 2-26.
- INEGI. 2008. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca Clave geoestadística 20385. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/20/20385.pdf> (consultado 10 de octubre de 2015).
- Lok, S., G. Crespo, V. Torres, S. Fraga y A. Noda. 2009. Impacto de la tecnología de banco de biomasa de *Pennisetum purpureum* Cuba CT 115 en el sistema suelo-pasto-animal de una unidad de producción de leche con ganado vacuno. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.* 43: 307-313.
- Luz, B. G. 2011. Propagación en pastizales naturales: rizomas y estolones vs semillas ¿quién gana? *Ecología de Pastizales Naturales Recursos Naturales*. INTA EEA Bariloche. N° 58, pp. 32-34.
- Machado, R. y H. Machado 1988. Estimación de la adaptabilidad y estabilidad de variedades de *Pennisetum purpureum* en diferentes condiciones ambientales. *Revista Pastos y Forrajes* 11(3): <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1355>
- Maguirre, J. D. 1962. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2: 176-177.
- Manjkhola, S., U. Dhar and R. S. Rawal. 2003. Treatments to improve seed germination of *Arnebia benthamii*: an endangered medicinal herb of high altitude Himalaya. *Seed Sci. Technol.* 31(3): 571-577.

- Martínez, O. 2009. El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Rev. Haban. Cienc. Méd.* 8: 2.
- Martínez, S. J., A. Y. Villegas, J. R. Enríquez-del Valle, J. C. Carrillo-Rodríguez y M. A. Vásquez-Dávila. 2013. Estrategias de escarificación para eliminar la latencia en semillas de *Cenchrus ciliaris* L. y *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6:1263-1272. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v0i6.1289>
- Nava, C. J. J., E. Gutiérrez O., F. Zavala G., E. Olivares S., J. E. Treviño, H. Bernal B. y R. S. Herrera G. 2013. Establecimiento del pasto 'CT-115' (*Pennisetum purpureum*) en una zona semiárida del noreste de México. *Revista Fitotec. Mex.* 36(3): 239-244.
- Partida-de la Peña, J. A., V. D. Braña, S. H. Jiménez, R.F. G. Ríos y R. G. Buendía. 2013. Producción de carne ovina. Libro técnico No. 5, ISBN: 978-607-37-0036-8.
- Ramos, T. O., S. J. R. Canul y V. F. J. Duarte. 2013. Producción de tres variedades de *Pennisetum purpureum* fertilizadas con dos diferentes fuentes nitrogenadas en Yucatán, México. *Revista Bio Ciencias* 2(2): 60-68.
- Ramos-Trejo, O. S., C. A. Victoria-Graniel y J. J. Sandoval-Gío. 2015. Season, fertilization, and yield of varieties of *Pennisetum purpureum*. *Agrociencia* 49(8): 837-844.
- Reino, J., J. A. Sánchez, B. Muñoz, Y. González y L. Montejo. 2011. Efecto combinado de la escarificación y la temperatura en la germinación de semillas de leguminosas herbáceas. *Revista Pastos y Forrajes* 34(2): 179-184.
- Román, P.R. 2000. Efecto de iones y otros factores físicos sobre la germinación de semillas. *Journal of the Mexican Chemical Society* 44(3): 233-236.
- Rubio, L. M. S., V. D. Braña, M. R. D. Méndez y S. E. Delgado. 2013. Sistemas de Producción y Calidad de carne Bovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Sánchez, J. A., R. Orta, y B. C. Muñoz. 2001. Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Revista Agronomía Costarricense* 25(1): 67-91.
- Schwiebacher, E., J. A. Navarro-Cano, G. Neuner y B. Erschbamer. 2011. Seed dormancy in alpine species. *Revista Flora* 206(10)3: 845-856. doi:10.1016/j.flora.2011.05.001
- Sterling R. L. y G. C. E. Guerra. 2010. Segunda fase de la evaluación comparativa de los pastos maralfalfa, elefante verde y morado en el municipio de Pitalito, Huila (Colombia). *Revista de Investigaciones. Memorias V Encuentro Nacional de Investigación, UNAD*. pp. 533-540.
- Tapia, A. M., A. Romero, V. Luque, P. Allolio, L. Nuñez y S. Aybar. 2012. Diferentes técnicas de ruptura de dormición y absorción de agua en semillas de *Prosopis chilensis*. *Revista Biología en Agronomía* 2(2): 7-15.
- Unión Ganadera Regional de Jalisco. 2016. Rompimiento de latencia en semilla de gramíneas forrajeras. Consultado el 03 de marzo del 2016 disponible en: http://www.ugrj.org.mx/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=521 (Consultado: 8-marzo-2019).
- Uvidia, H., D. Buestán, I. Leonard y D. Benítez. 2014. La distancia de siembra y el número de estacas en el establecimiento del *Pennisetum purpureum*. *Revista Electrónica de Veterinaria* 15(7): 1-8.
- Wagner B. y R. Colon. 2014. Comportamiento forrajero de tres *Pennisetum purpureum schumach.* *Revista Agropecuaria y Forestal* (3)1: 61-66.