Germinación de semillas (*Agave durangensis*) a diferentes temperaturas y efecto de la fertilización en el desarrollo de las plántulas.

M.C. Orea Lara Gildardo[1*], IBQ Cifuentes-Díaz de León Armando[1*], M.C. Gómez Ortiz Salomón[1*], Ing. Hernández Vargas Vicente[1]

RESUMEN

Se determinó el efecto de la temperatura en la germinación de semillas de *Agave durangensis* y la respuesta a la fertilización, en calidad y desarrollo de las plántulas. Se probaron cinco temperaturas (15, 20, 25, 30 y 35 ºC) en la germinación de semillas de *Agave durangensis*. En el análisis estadístico, se encontró que a 20 y 25 ºC, las semillas germinan en menor tiempo (36 h); el porcentaje de germinación de los tratamientos fue de 94-96 %, a los 26 días. En el segundo experimento, se probaron siete fechas de aplicación de la solución nutritiva (Steiner, 1984), después de seis semanas de la siembra. Las plántulas mostraron respuesta a la aplicación a partir del tercer muestro (18 semanas después de la siembra), en comparación con el testigo.[1]

Palabras clave: *maguey, nutrición, contenedor*

INTRODUCCIÓN

El Agave en el Estado de Durango, es una planta que se ha sido utilizada durante varios años como materia prima para la elaboración de mezcal. Esta incipiente industria, aún de índole artesanal, ha sido abastecida de la extracción de poblaciones naturales. Esto provocó que se descuidara por completo su cultivo a nivel comercial y que a la fecha se tenga muy poca información acerca de la fisiología, propagación, cultivo y manejo agronómico de la planta de Agave para producirse a nivel comercial.

El naturalista sueco Carlo de Linneo en 1753, llamo a esta especie vegetal Agave, cuya palabra proviene del griego y significa "admirable o noble". Es originaria de

[1] CIIDIR-IPN, Unidad Dgo.[1], Sigma s/n, fracc. 20 de Noviembre Durango Dgo. C.P.34220,. Tel. y Fax: 01 675 86 51041 Becario de COFAA*; Durango, Dgo.
gildardo222@hotmail.com; armando552@hotmail.com; salgo5@hotmail.com; vicehv@yahoo.com

América, específicamente de México, de donde fue introducida a otros países (Gentry, 1982). Taxonómicamente, este género se ubica dentro de la familia Agavaceae, de las 273 especies, 205 (75 %) del total crecen en México, siendo 151 (55 %) endémicas. (García, 1994).

Nobel, 1998, señala que aun cuando las plántulas de Agave producen una gran cantidad de semillas, cercanas a las 65,000 como es el caso de *A. deserti* las condiciones ambientales donde se desarrollan son bastante secas y en muchas ocasiones la humedad disponible permitirá solamente su germinación, pero las condiciones de sequía de las épocas calurosas no permitirán que sobrevivan al primer año. Las sequías causan pérdidas considerablemente altas de plántulas jóvenes al producir un enjutamiento y la muerte antes de la próxima temporada de lluvias, problema inexistente en plantas adultas con más agua almacenada, por lo que indica que alrededor del 1% de este Agave se propaga por semilla y el 99 % por hijuelos. Ramírez*, et al*, 2000, reportan que en el caso de Agave tequilana, el porcentaje de germinación es del 4 al 6 % por lo que su propagación es a través de hijuelos.

Nobel, 1996, menciona que las plantas de Agave se adaptan favorablemente en climas templados y con suelos semidesérticos, presentando buena adaptabilidad a la escasez de agua y en suelos con bajo contenido nutrimental, aún cuando su ciclo reproductivo sea de 14 a 20 años. Chirinos, 1992, indica que el Agave es una planta que requiere suelos delgados, calizos y con bajo contenido nutrimental. Ramírez, 2003, señala que las primeras fertilizaciones a la planta de Agave se han realizado mediante las aplicaciones de sulfato de amonio, urea, superfosfato de calcio simple, superfosfato de calcio triple o mezclas cuya composición más común es la 15-15-15, 16-16-16 o la 17-17-17.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es determinar la temperatura adecuada de germinación en las semillas de Agave y época de fertilización de las plántulas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones del CIIDIR IPN, Unidad Durango, ubicadas en el Km. 5 de la Carretera Vicente Guerrero a San Pedro Alcántar, Mpio. De Vicente Guerrero, Dgo.

Como material biológico se utilizaron semillas de *Agave durangensis* colectadas en la región de La Michilia, Mpio. De Súchil, Dgo. El experimento consistió de dos etapas: en la primera se evaluó el porcentaje y temperatura de germinación, de la semilla de Agave; la segunda fue la evaluación de diferentes fechas de aplicación de la solución nutritiva a las plántulas brotadas, para determinar la época de mayor demanda nutrimental de la plántula de Agave después de la brotación.

Primera etapa: Porcentaje y Temperatura de Germinación.

El primero de septiembre del 2002, se colocaron 100 semillas de *Agave durangensis*, previamente lavadas y desinfectadas en hipoclorito de sodio al 5 %. Posteriormente se colocaron en cajas Petri 100 x 15 mm, que contenían una película de papel Whatman, para la retención de humedad. En seguida fueron colocadas en estufas de germinación, a temperatura de 15, 20, 25, 30 y 35 °C cada una. Se tomaron lecturas del número de semillas germinadas diariamente, durante 26 días. El diseño experimental utilizado para el análisis de resultados, fue un diseño completamente al azar.

Evaluación del efecto de la solución nutritiva en el crecimiento de las plántulas de Agave a diferentes tiempos.

Se colocaron a germinar semillas de *Agave durangensis* , a partir del 7 de febrero del 2003, previamente lavadas y desinfectadas con hipoclorito de sodio 5 %, se colocaron en una charola de aluminio de 60 x 40 cm, que contenía una película de papel Whatman húmedo y se cubrió con una película de plástico, para evitar la perdida de humedad. La charola fue colocada en una estufa de germinación a una

temperatura de 25 °C, considerada como la más apropiada de acuerdo con el primer estudio realizado sobre germinación. Transcurridas 36 horas posteriores a la siembra, se inició con la colocación de las semillas germinadas en cada cavidad plástica de las charolas. Como sustrato, se utilizó turba (PRO-MIX, PGX) para llenar cada cavidad plástica de forma cónica y de 155 mL, de la charola. Las semillas germinadas fueron colocadas en perforaciones previamente hechas en las cavidades a una profundidad de 2 a 3 cm, posteriormente se cubrieron con turba y se le aplico agua hasta saturar el sustrato. Una vez sembradas las charolas plásticas, se colocaron en el invernadero de acuerdo al tratamiento previamente designado, para mantener la humedad en las charolas se regó con agua diariamente durante 6 semanas.

Los tratamientos consistieron en cinco periodos (Tabla 1) de aplicación de la solución nutritiva (Steiner, 1984), (Tabla 2), a partir de las seis semanas después de realizada la siembra. El experimento quedó integrado por 18 charolas que contenían 90 cavidades o tubos plásticos. Para evitar daños a la raíz por exceso de nutrimentos durante el inicio de los tratamientos se diluyo la solución nutritiva con agua en una relación: 1:3, 1:1, 3:1 y 1:0 respectivamente. Cada tratamiento quedó constituido por tres charolas a las cuales se aplicó la solución nutritiva en diferentes fechas (cada dos semanas). Al primer tratamiento se le aplicó la concentración mas baja de la solución nutritiva (1:3), durante dos semanas y al resto de los tratamientos se regó con agua. Posteriormente a este tratamiento se incremento la concentración de la solución nutritiva (1:1) y al segundo tratamiento se le aplicó la concentración 1:3, el resto de los tratamientos se regó con agua. Transcurridas otras dos semanas al tercer tratamiento se le aplicó la concentración mas baja de la solución nutritiva (1:3), el segundo con la concentración 1:1 y al primero con la concentración 3:1, el resto de los tratamientos se continuo regando con agua. Transcurrida las dos semanas, el cuarto tratamiento es regado con la concentración mas baja de la solución nutritiva (1:3), el tercero con 1:1, el segundo con 3:2 y el primero con 1:0,

quedado solo el quinto tratamiento que es regado con agua. Esta secuencia se continuó con el quinto tratamiento hasta que recibió durante dos semanas el 100% de la concertación de la solución nutritiva (Tabla 1).

La unidad experimental, quedó integrada por una charola de 90 cavidades y cada tratamiento con tres repeticiones. Se realizaron cinco muestreos, cada uno con intervalos de cuatro semanas después de iniciada la aplicación de la solución nutritiva. Las variables que se midieron, fueron: altura de planta, diámetro de tallo, diámetro basal, número de hojas, longitud de raíz, peso seco de raíz, tallo y hoja. Para su evaluación se utilizó un diseño estadístico completamente al azar y los datos fueron analizados utilizados el algoritmo SAS (Statistical Analisis System) (SAS Institute, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje y Temperaturas de Germinación

De acuerdo al análisis estadístico (Tabla 3), el análisis de medias, muestra que la temperatura no presentó efecto significativo en la germinación en los primeros 4 y 8 días posteriores a la siembra, estas diferencias empiezan a observarse a partir del día 12, encontrándose que la temperatura óptima de germinación de las semilla de *Agave durangensis*, fue de 20 y 25 °C. Así mismo, se observó que las plántulas derivadas de semillas germinadas a 25 °C mostraron un crecimiento más rápido que las germinadas a temperaturas mayores o menores. Figura 1. A temperatura de 35 °C las semillas de Agave no germinaron.

Respecto al tiempo de germinación, se encontró que a temperaturas de 25 °C, se requieren 48 horas para iniciar este proceso, en cambio a 30 °C, el proceso de germinación se inició a las 72 horas. Para las temperaturas de 20 °C, fueron necesarias 96 horas, mientras que para los 15 °C, se inició a las 134 horas. Por

último se encontró que el porcentaje de germinación para las temperaturas de 15, 20, 25 y 30 °C, fue del 94 al 96% a los 26 días.

De acuerdo con Nobel (1996), existen diversas formas de propagación de las plantas de Agave, entre las cuales, pueden ser apomixis, bulbillos, rizomas, hijuelos o semilla. En el caso de *Agave tequilana* Weber se observó que su forma de propagación ha sido por hijuelos, ya que por semilla el porcentaje de germinación es alrededor de un 4 a 6 %. Esto no sucede para el caso de *Agave durangensis*, donde se encontró que el porcentaje de la germinación por semillas es de un 94 a 96% , mientras que su propagación por hijuelos es de 4 a 6 hijos por planta, a partir de 3 o 4 años de edad.

Evaluación del efecto de la solución nutritiva en el crecimiento de las plántulas de Agave a diferentes tiempos.

Se observó poca respuesta en el crecimiento de las plántulas de Agave a las fechas de aplicación de la solución nutritiva (Tabla 4), durante los tres primeros muestreos, posiblemente debido a que el sustrato utilizado Turba (PRO-MIX, PGX) contiene alrededor del 4 % de nitrógeno y 0.1 % de micro-nutrientes, que cubrió la demanda nutrimental de las plántulas en sus primeras etapas después de la brotación. Sin embargo, se observó un incremento en el peso seco, a partir del cuarto muestreo en comparación al testigo, Figura 2. Esta respuesta se observa para las demás variables agronómicas (altura de planta, diámetro de tallo, diámetro basal, peso seco de la raíz y número de hojas) Figura 2. Por lo tanto se observa que la demanda nutrimental de las plántulas de Agave, se empiezan a incrementar a partir de las doce semanas después de la siembra.

Por lo que corresponde a las diferentes épocas de aplicación de la solución nutritiva se observó que las plántulas de Agave mostraron respuesta a partir de las doce semanas después de iniciada la aplicación de la solución nutritiva como consecuencia de los nutrimentos que el sustrato contenía, sin embargo a partir de

esta fecha se inicia una clara diferenciación en los tratamientos con aplicación de solución nutritiva respecto al testigo en cuanto al número de hojas, altura, y peso seco. Esta respuesta en cierta medida coincide con lo encontrado por Nobel, 1996, donde menciona que dado su amplio ciclo reproductivo (de 14 a 20 años) bajo condiciones naturales, el Agave demanda baja concentración nutrimental en su etapa inicial.

CONCLUSIONES

Las semillas de Agave mostraron alta respuesta a los cambios de temperatura durante el proceso de germinación.

Las temperaturas de 20 y 25 º C fueron las de mayor germinación en menor tiempo.

En las primeras etapas de desarrollo de las plántulas de Agave, el contenido nutrimental del sustrato cubre las necesidades de la plántula (12 semanas después de iniciada la aplicación de la solución nutritiva).

Las plántulas de Agave presentaron respuesta a la fertilización a partir del cuarto muestreo.

LITERATURA

García Mendoza, Abisai. 1994. Colección Nacional de *Agavacea*e. Primer Simposio internacional sobre *agavacea*s. Instituto de biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. pp 42-51.

Gentry Howard Scott 1982. The University of Arizona Press., Tucson Arizona, p.p. 433-438.

Nobel, P.S. 1996 Ecophysiology of roots of desert plants, with special emphasis on Agaves and cacti: Y Waissel, A. Eshel, Ukafkafi (eds) Plant Roots: The Hidden Half. 2nd Edn. Marccel Dekker, New York, 823-844p.

Chirinos H.2002 Fertilización de Agave. revista Tecnoagro número 6, febrero. México, D.F.

Ramírez S. L.F.2003. Requerimiento nutrimental de la planta de Agave. Mem. 1er. Simposium Nacional de Agave, Tequila y Mezcal.marzo del 2003. Cd. Victoria Tamps.pp.85-90.

Ramirez M. R.; L.A. Parra; F.I. Armenta; J.Borodanenko y J.L. Barrera. 2000. Germinación de semillas y cultivo *in Vitro* de brotes de Agave Tequilana WEBER, Var. Azul. Inc. Memorias del XVIII Congreso nacional de fitogenética. Irapuato, Gto. Mex. Pp 344.

SAS Institute. 1996. SAS/STAT User's guide: statistics. Release 6.11. Cary, NC.

Steiner, A.A. 1984. The Universal Nutrient solution. Sixth Int. Congr. on Soiless Culturee. ISOSC. Proceedings. The Netherlands pp 633-649.

Tabla 1. Tratamientos para el experimento de fechas de aplicación de la solución nutritiva Steiner (1984). Inicio de la aplicación de los tratamientos a las seis semanas según corresponda.(primer tratamiento).

Tratamiento	Semanas		
	Inicio de la aplicación de la solución nutritiva	Tiempo de aplicación de la solución nutritiva	Periodo de aplicación de solución nutritiva (100%)
1	7	16	13 – 22
2	9	14	15 – 22
3	11	12	17 – 22
4	13	10	19 – 22
5	15	08	21 - 22
6	testigo	testigo	testigo

Tabla 2. Composición química de la solución nutritiva de Steiner (1984)

Solución	Cationes (meq L^{-1})				Aniones (meq L^{-1})			
Nutritiva	K^+	CaO^+	Mg^{2+}	Total	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO^-	Total
SNS	7	9	4	20	12	1	7	20

Tabla 3. Promedios del número de semillas de *Agave durangensis* germinadas a diferentes temperaturas.

Temperatura en	Tiempo en días			
°C	**4**	**8**	**12**	**16**
15	0.0 [†]a	0.5 a	28.3 b	82.3 c
20	0.0 a	38.0 a	88.0 a	97.3 a
25	0.3 a	28.0 a	84.0 a	94.3 ab
30	0.3 a	27.5 a	75.5 a	86.5 bc
35	0.0 a	0.0 a	0.0 b	0.0 d

[†]Letras diferentes son estadísticamente significativas (Tukey 0.05)

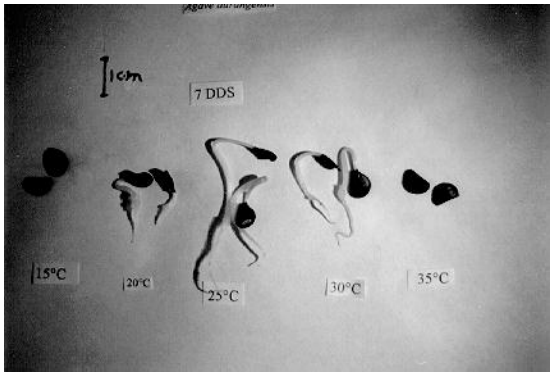

Figura 1. Desarrollo de las plántulas *de Agave durangensis* a diferentes temperaturas, después de 7 días de sembradas.

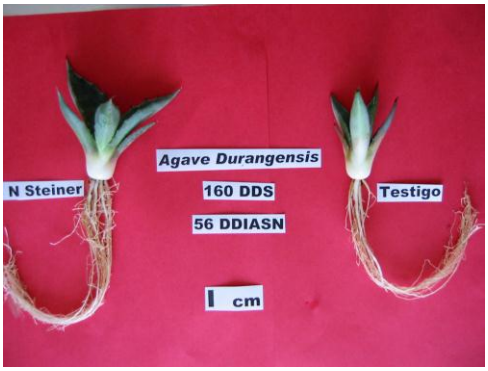

Figura 2. Desarrollo de plántulas de Agave, después de 12 semanas de iniciada la aplicación de la solución nutritiva

Tabla 4. Efecto de la aplicación de la solución nutritiva a diferentes fechas en el crecimiento de las plántulas de Agave..

SISN	T	Altura de Plántula (cm)	Número de hojas	Longitud de tallo (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Diámetro Basal (mm)	Peso Seco (mg)			
							Hojas	Tallo	Raíz	Total
13-22	1	3.40[†] dec	4.33 bdac	3.00 ba	4.10 a	8.97 def	0.59 dc	0.03 a	0.17 edf	0.80 def
15-22	2	4.06 bdec	4.33 bdac	3.67 a	4.27 a	10.73 def	0.66dc	0.03 a	0.20 edc	0.90 de
17-22	3	4.83 abc	5.00 bac	3.57 ba	4.80 a	16.40 ab	1.30 ba	0.19 a	0.28 bac	1.76 ba
19-22	4	5.17 ab	5.33 ba	3.50 ba	4.93 a	18.10 a	1.46 ba	0.05 a	0-33 ba	1.85 ba
21-22	5	5.73 a	5.67 a	3.77 a	4.97 a	17.80 a	1.50 a	0.15 a	0.35 a	2.00 a
Testigo										
13-22	1	3.26 dec	3.67 bdc	2.43 ba	3.17 a	10.16 def	0.43 dc	0.03 a	0.10 gf	0.56 def
15-22	2	3.43 dec	4.33 bdac	2.60 ba	2.43 a	10.90 de	0.54 dc	0.02 a	0.12 egf	0.68 def
17-22	3	4.16 abcd	4.33 bdac	2.57ba	3.43 a	12.00 bcd	0.73 c	0.04 a	0.22 edc	0.10 dc
19-22	4	4.23 abcd	4.67 bac	2.87 ba	2.43 a	14.10 bc	1.11 b	0.04 a	0.24 bdc	1.39 bc
21-22	5	4.33 abcd	4.66 bac	3.50 ba	4.40 a	16.10 ba	1.13 b	0.14 a	0.27 bac	1.54 ba
DMS		1.64	1.85	1.83	3.84	3.16	0.36	0.25	0.10	0.47

SDDS= Semanas iniciada la aplicación de la solucion nutritiva

T = Tratasmiento; T1 = Tratamiento testigo

[†] Valores de las columnas con diferente letra son significativamente diferentes (Tukey 0.05)