

**CLASIFICACION DE COLECCIONES DE ZACATE GIGANTE**  
*Leptochloa dubia* H.B.K., Ness **POR SU GRADO DE**  
**RESISTENCIA A SEQUIA EN MANITOL\***

Roberto Espinoza Zapata<sup>1</sup>  
Sathyanarayanaiah Kuruvadi<sup>2</sup>

**RESUMEN**

Doce colecciones de zacate gigante *Leptochloa dubia* H.B.K., Ness colectados en diferentes Estados de México y un testigo de Texas, Estados Unidos, fueron evaluados para determinar porcentaje de germinación bajo diferentes presiones osmóticas en manitol, y clasificar las colecciones por su grado de resistencia a sequía. Se utilizó un diseño experimental bifactorial, con distribución de bloques al azar, con 6 niveles de presión osmótica y 4 repeticiones.

El análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas en el porcentaje de germinación de las colecciones entre diferentes presiones osmóticas y su interacción, indicando una amplia gama de variabilidad en la capacidad de germinación. Las 5 colecciones: Durango-39, Testigo, Chihuahua-30, Chihuahua 188 y Chihuahua-120, produjeron mayor porcentaje de germinación en alta presión osmótica, y se pueden considerar como resistentes a sequía, mientras que las 5 colecciones: Narro, Chihuahua 22, Jalisco 64, San Luis Potosí 190 y Coahuila, produjeron porcentaje de germinación intermedia y moderadamente resistente; los 3 genotipos: Zacatecas 51, Zacate-

---

<sup>1</sup> Ing. y <sup>2</sup> Ph.D. Maestros-Investigadores del Depto. de Fitomejoramiento, Div. de Agronomía  
UAAAN

\* Trabajo de tesis presentado para obtener el grado de M.C. de 1.

cas 7 y Aguascalientes, proqujeron menor porcentaje de germinación, mostrando ser susceptibles a sequía. Generalmente, en la mayor parte de las colecciones, se observaron relaciones entre alto porcentaje de germinación en alta presión osmótica y rendimiento sobresaliente de forraje bajo sequía en el campo.

## INTRODUCCION

El Zacate Gigante *Leptochloa dubia* H.B.K., Ness es una especie perenne, nativa de México y muy aceptado por el ganado debido a su valor forrajero. Esta especie es resistente a sequía y es apropiado para sembrarse en las zonas áridas, con escasa precipitación y alta temperatura del ambiente y del suelo. Las poblaciones nativas, de este zacate, están distribuidas en los Estados de: Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Nuevo León, Querétaro, Jalisco, y probablemente en otros estados de la República Mexicana, además se encuentra en Estados Unidos de Norteamérica y América del Sur.

En 1976 se iniciaron investigaciones sobre zacate gigante en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), con el fin de desarrollar variedades y poblaciones altamente rendidoras de forraje y con resistencia a sequía, para recomendar su siembra en las zonas áridas bajo condiciones de escasa humedad. En la literatura de zacate gigante no hay información disponible sobre identificación de variedades resistentes a través de pruebas experimentales.

Sathyanarayanaiah (1980) indicó varios métodos para clasificar variedades por su grado de resistencia a sequía: evaluación de genotipos para rendimiento en el campo bajo temporal, medida de la tasa de fotosíntesis, densidad, tamaño y comportamiento de los estomas, agua retenida en las hojas cortadas, medición de temperatura de la hoja, potencial hídrico en los tejidos de la planta, porcentaje de germinación de semillas en diferentes presiones osmóticas con manitol, evaluación por contenido de prolina, betaina, ácido abscísico, agua fisiológica, proteínas, azúcares y actividad de enzimas, estudio del potencial y modelo del sistema radical, presencia de cutina, pubescencia, enrollamiento de las hojas, área foliar y evaluación del factor de recuperación después de castigo de agua en diferentes etapas de planta.

La metodología sobre germinación de semillas, bajo presión osmótica en soluciones de manitol, es una de las útiles para identificar variedades resistentes a sequía. Varios investigadores como: Lima (1978), Williams *et al.* (1967), y Sathyanarayanaiah (1980), clasificaron variedades resistentes y susceptibles a sequía en diferentes cultivos utilizando esta metodología.

El objetivo de esta investigación consistió en clasificar las colecciones de zacate gigante por su grado de resistencia a sequía en manitol.

## REVISION DE LITERATURA

La humedad para la germinación es de vital importancia para que las plántulas logren su establecimiento en suelos secos o con poca humedad. La germinación constituye la fase inicial para la obtención de plántulas, y condiciones simuladas de sequía pueden aplicarse a las semillas con objeto de conocer su potencial de establecimiento. Caracteres importantes, necesarios en la mayoría de las gramíneas son una alta germinación y un establecimiento rápido y uniforme de plántulas.

Whvits (1946) fue uno de los primeros en usar manitol como un soluto para producir soluciones de diferentes potenciales osmóticos, para estudiar porcentaje de germinación en diferentes presiones osmóticas, en relación a resistencia a sequía en alfalfa.

Lima (1978) estudió la respuesta a sequía en frijol y utilizó para ello 3 métodos para medir resistencia: 1) variación del potencial mátrico de humedad del suelo; 2) germinación de semillas y crecimiento de plántulas en soluciones de manitol a diferentes presiones osmóticas, y 3) prueba de índice de estabilidad de clorofila, indicando que el manitol dio el mejor resultado para los estudios de resistencia a sequía. Observó disminuciones en 1% de germinación en las variedades Carioca, P-748-7, P-750-A, cuando fueron sometidos a tensiones osmóticas de 3 atmósferas, pero la variedad P-749-A no se afectó por tensión de humedad del suelo, aun cuando se sometió a 5 atmósferas en ambos métodos.

Al someter semillas de frijol a condiciones crecientes de presión osmótica de 3.5, 7.2, 11.0 y 16.5 atmósferas, durante la germinación, mediante el uso de polietilenglicol-6000 Maghaer y Carelli (1972), encontraron que el estrés de agua tuvo un efecto muy grande, disminuyendo la germinación total, el crecimiento de raíces y crecimiento de la plántula aun a 3.5 atmósferas; sugieren que existe una gran susceptibilidad del frijol para germinar bajo condiciones limitadas de agua.

Williams *et al.* (1967) compararon híbridos y líneas autofecundadas de maíz bajo sequía en laboratorio, usando solución de manitol a 15 atmósferas de presión osmótica en cajas petri. Después de 6 días a 100% de humedad relativa y a 30°C, determinaron el porcentaje de germinación y encontraron una correlación positiva altamente significativa ( $r = 0.65$ ) con rendimiento de los genotipos en el campo; indicaron que la metodología de presión osmótica con solución de manitol, es una base metodológica para identificar resistencia a sequía.

En resultados obtenidos por Kaul citado por Hurd (1975) a través de germinación de semilla de trigo en solución de manitol a presión osmótica de 20 atmósferas, obtuvo 49% de germinación para la variedad Pitic-62, 27% para Manitoua, 5% para Giza y 3% para Carazinho, lo cual demostró substanciales diferencias entre cultivares de trigo.

Knipe (1968) al estudiar la germinación de semillas de zacatón alcalino, galleta y navajita, en soluciones de manitol representando tensiones de humedad de 0, 1, 4, 7, 13 y 16 atmósferas, encontró que la tensión de humedad afectó notablemente el vigor de las plántulas. Las tensiones de humedad, por encima de una atmósfera, disminuyeron el vigor de plántulas de zacatón alcalino y navajita. Las tensiones por encima de 4 atmósferas disminuyeron el vigor de plántulas de zacate galleta.

Tapia y Schmutz (1970) en pruebas de germinación con manitol, en 3 especies de zacates del desierto, concluyen que en *Eragrostis lehmanniana* la germinación decreció al incrementar la tensión osmótica, en contraste con *Trichachne californica* y *Setaria macrostachya* que fueron bastante resistentes, en las que no se apreciaron efectos adversos drásticos, sino hasta 12 atmósferas.

## MATERIALES Y METODOS

Esta investigación fue conducida en el laboratorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, durante el mes de marzo de 1984. La semilla de las 12 colecciones de zacate gigante fueron cosechadas en forma masal en poblaciones nativas de 7 diferentes Estados: 4 colecciones de Chihuahua, 2 de Coahuila, 2 de Zacatecas y una de cada uno de los siguientes 4 Estados: Durango, Aguascalientes, San Luis Potosí y Jalisco; además se utilizó un testigo del Estado de Texas, dichos materiales cubren una amplia gama de variabilidad y distribución geográfica.

Para la realización de este experimento, las envolturas de las semillas fueron eliminadas a mano para obtener únicamente carióspsides, excluyendo las quebradas o dañadas. Las semillas se pusieron a germinar en cajas petri de 10 cm de diámetro, usando 2 hojas de papel filtro Wathman saturadas con cada una de las soluciones preparadas de acuerdo a la fórmula indicada por el principio de J.H. Van't Hoff (Salisbury y Ross, 1969).

$$-\psi_{\pi} = m i R T$$

Donde:

m = Molalidad de la solución

i = una constante la cual explica la ionización del soluto y/o otras desviaciones de soluciones perfectas

$R$  = constante de los gases (0.083) litros bars/mol grado o 0.082 litros atmósfera/mol grado, o 0.0357 litros calorías/mol<sup>2</sup> grado

$T$  = temperatura absoluta

El diseño experimental utilizado fue un bifactorial, con una distribución de bloques al azar con 4 repeticiones. Se colocaron 50 carióspsies en cada solución, con los niveles de humedad de 0, 3, 6, 9, 12 y 15 atmósferas, utilizando para el tratamiento con 0 (cero) atmósferas únicamente agua destilada, y agua con manitol para cada una de las demás soluciones. Las carióspsides fueron lavadas previamente con agua y cloro al 5% antes de colocarlas en el papel filtro dentro de cada caja petri, con el objeto de evitar, al máximo, la aparición de hongos, bacterias o cualquier contaminación. Las cajas petri, así preparadas, se colocaron en un cuarto con temperatura constante a 22°C, los riegos con cada solución se hicieron cada 48 horas, agregando cada vez 1 mm por cada caja petri, los conteos se hicieron periódicamente suspendiéndolos a los 15 días de iniciaro el experimento. Se consideró como semilla germinada, aquélla que mostró un crecimiento mínimo de 5 mm, tanto en plúmula como en radícula, sacando las plántulas de cada caja petri una vez realizado cada uno de los conteos.

Para determinar resistencia a sequía, el criterio consistió en considerar como resistentes a las colecciones que presentaron alto porcentaje de germinación en alta presión osmótica y, como susceptibles, aquéllas que presentaron bajos porcentajes de germinación en alta presión osmótica. Después de obtener los porcentajes de las semillas germinadas, los datos fueron transformados por arco seno raíz cuadrada del porcentaje, para su análisis estadístico.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el análisis de varianza del Cuadro 1, se observan diferencias altamente significativas entre colecciones, entre presiones osmóticas y en la interac-

**Cuadro 1. Análisis de varianza para germinación de semilla de zacate gigante bajo diferente presión osmótica usando manitol**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada
Colecciones (Factor A)	12	29953.31	2496.11	57.27**
Presión osmótica (Factor B)	5	212727.14	42545.43	916.11**
Interacción (AB)	60	13282.31	221.37	5.07**
Error	234	10198.70	43.58	
Total	311	266161.46		

\*\* Nivel de significancia al 1%

ción entre colección por presión osmótica. Las diferencias significativas entre colecciones, demuestra la existencia de amplia gama de variabilidad para capacidad de germinación en zacate gigante y diferencia entre niveles de presión osmótica; permite la aplicación de ciertos niveles de estres de humedad para la germinación de semilla. La interacción entre colecciones y diferente presión osmótica, deja ver que se presentan porcentajes de germinación diferentes entre colecciones en una misma presión osmótica y entre diferentes niveles de presión osmótica, lo que permitirá la detección de colecciones con cierto grado de resistencia a sequía y poder desechar las menos capaces de prosperar, sobre todo en estado de emergencia, que es cuando se requiere asegurar mayor establecimiento bajo condiciones críticas de humedad.

Los promedios de germinación en porcentaje se presentan en el Cuadro 2, donde se observa el comportamiento de cada colección con los 6 niveles de presión osmótica. El testigo con valor de 55.24 y Durango - 39 con 53.04%, fueron estadísticamente semejantes entre sí, pero superiores al resto de las colecciones; se obtuvo, en segundo término, 47.43% en Chihuahua - 120 y 44.91% en Chihuahua - 188, y en último lugar: Zacatecas - 51 (24.13%) y Zacatecas - 7 (22.62%), siendo todas las demás superiores estadísticamente a estas 2 últimas.

**Cuadro 2. Promedio de germinación en porcentaje de semillas de zacate gigante bajo diferente presión osmótica usando manitol**

Colección	Germinación (%) en diferentes atmósferas						Promedio
	0	3	6	9	12	15	
Zacatecas-51	62.69	40.97	26.60	10.49	4.06	0.00	24.13
Zacatecas-7	58.37	40.37	25.06	10.49	1.43	0.00	22.62
Chihuahua-22	78.24	64.63	54.35	54.53	4.06	2.03	42.97
Chihuahua-30	71.38	70.83	69.34	52.73	17.71	2.88	47.48
Chihuahua-120	78.46	70.14	67.70	47.75	17.66	2.88	47.43
Chihuahua-188	74.33	68.10	67.54	45.56	13.94	0.00	44.91
Durango-39	81.34	72.40	75.19	61.97	17.47	9.83	53.04
Coahuila	71.08	59.17	53.72	33.81	7.34	0.00	37.52
Narro	75.51	70.87	65.33	42.70	3.54	0.00	42.99
Aguascalientes	65.28	41.55	46.45	11.71	4.92	0.00	28.32
San Luis Potosí	70.05	67.22	63.21	32.92	6.64	0.00	40.01
190							
Jalisco-64	65.41	64.29	64.31	42.08	7.93	0.00	40.67
Testigo	79.50	75.81	70.14	65.13	26.55	14.32	55.24
Promedio	71.66	62.03	57.51	39.37	10.25	2.46	40.56
DMS 5%	9.14	9.14	9.14	9.14	9.14	9.14	3.73

Con los niveles de presión osmótica de 0, 3 y 6 atmósferas, la mayoría de las colecciones no presentan cambios considerables excepto en Zacatecas - 51 y Zacatecas - 7, que registraron descenso fuerte y valores menores al resto de las colecciones. A 9 atmósferas es más fácil observar diferencias y, de acuerdo a su respuesta, se mantienen con mayor consistencia el testigo con 65.13% y Durango - 39 con 61.97%. Con los valores más bajos y estadísticamente diferentes al resto, se observaron a las colecciones: Aguascalientes, Zacatecas - 51, Zacatecas - 7 con 11.71, 10.49 y 10.49% de germinación respectivamente. Bajo tensión osmótica de 12 atmósferas, se mantiene en primer sitio el testigo con 26.55% siendo, sin embargo, estadísticamente semejante a Chihuahua - 30 con 17.71%, Chihuahua - 120 con 17.66% y Durango - 39 con 17.47%. Bajo la presión osmótica más drástica (15 atm) se observa diferencia estadística con valores del testigo de 14.32% y de Durango - 39 de 9.83% superiores al resto de las colecciones; logran germinar también, pero en menor porcentaje: Chihuahua 120 y Chihuahua-30, ambos con 2.88%, y Chihuahua - 22 con 2.03%. El resto de las colecciones tuvieron nula germinación.

En forma general, se observa que a partir de 9 atmósferas se presenta un descenso considerable en la germinación, acentuándose aún más a 12 atmósferas; es a partir de este nivel, donde es posible aplicar selección drástica, lo cual permite identificar mejores colecciones con mayores probabilidades de éxito para un buen establecimiento en condiciones adversas por falta de humedad.

Si se observa el comportamiento general a través de todos los niveles de presión osmótica, tanto el testigo como Durango-39, muestran una respuesta positiva y comportamiento superior al resto de las colecciones, así también en forma particular a 15 atmósferas como nivel de presión osmótica más drástica utilizada en este experimento.

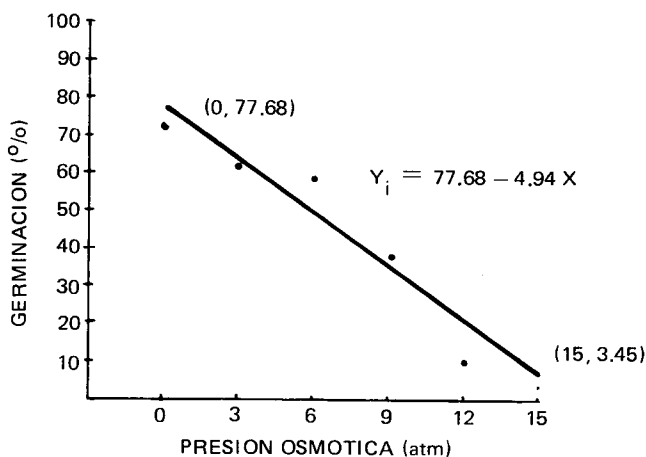
El Cuadro 3 se presenta para la interpretación de la significancia de la interacción colección por presión osmótica, indicando que existen efectos interactivos, que las colecciones se comportan de manera diferente en presiones osmóticas distintas y que el comportamiento de los factores no es independiente.

Para observar la tendencia de la germinación de las colecciones, se llevó a cabo un ajuste polinomial, encontrando significancia sólo para el efecto lineal y se obtuvo la ecuación y la gráfica representadas en la Figura 1, donde se observa que la germinación disminuye cuando la presión osmótica aumenta; se observa además, que a 3 y 6 atmósferas la disminución de la germinación fue ligera, pero a partir de 9 atmósferas ésta disminuyó en forma drástica. También Tapia y Schmutz (1970), usando manitol en 3 especies de za-

**Cuadro 3. Significancia para la interacción entre colecciones y presión osmótica**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada
A/b <sub>1</sub>	12	2427.23	202.26	4.64**
A/b <sub>2</sub>	12	7739.02	644.91	14.79**
A/b <sub>3</sub>	12	12446.14	1037.17	23.79**
A/b <sub>4</sub>	12	16860.20	1405.01	32.23**
A/b <sub>5</sub>	12	2786.30	232.19	5.32**
A/b <sub>6</sub>	12	976.49	81.37	1.86**
B/a <sub>1</sub>	5	16761.34	3352.26	76.91**
B/a <sub>2</sub>	5	13981.55	2796.31	64.15**
B/a <sub>3</sub>	5	19513.84	3902.76	89.54**
B/a <sub>4</sub>	5	19782.99	3956.59	90.78**
B/a <sub>5</sub>	5	19039.09	3807.81	87.36**
B/a <sub>6</sub>	5	15315.65	3063.13	70.28**
B/a <sub>7</sub>	5	10825.84	2165.16	49.67**
B/a <sub>8</sub>	5	19568.58	3913.71	89.79**
B/a <sub>9</sub>	5	22954.41	4590.88	105.33**
B/a <sub>10</sub>	5	20662.75	4132.55	94.81**
B/a <sub>11</sub>	5	11789.28	2357.85	54.09**
B/a <sub>12</sub>	5	17986.63	3597.32	82.53**
B/a <sub>13</sub>	5	17827.22	3565.44	81.80**
Error	234	10198.70	43.58	
Total	311	266161.46		

\*\* Nivel de significancia al 1%


**Figura 1. Gráfica representativa de la tendencia general de la germinación de las colecciones de zacate gigante**



cate del desierto, concluyeron que, en *Eragrostis lehmanniana*, la germinación descendió rápido y considerablemente, en cambio en *Trichachne californica* y *Setaria macrostachya* se observaron efectos adversos apreciables a partir de 12 atmósferas. Knipe (1968), al trabajar con *Sporobolus airoides*, *Hilaria jamesi*, *Bouteloua gracilis* y soluciones de manitol con rango de -1 a - 16 atmósferas, a 20°C de temperatura, encontró que *Sporobolus airoides* fue la especie más sensitiva; sin embargo, *Hilaria jamesi* y *Bouteloua gracilis* no se afectaron sino hasta -7 a - 10 atmósferas.

Por los resultados que se han obtenido, tanto en esta especie como en algunas otras gramíneas de zonas áridas o semiáridas, existe una tendencia a disminuir la germinación de semilla a partir de 8 a 10 atmósferas de presión osmótica, usando soluciones de manitol como medio para inducir condiciones de sequía en la germinación de semilla, considerando que arriba de estos niveles es posible observar y seleccionar entre especies, alta capacidad de germinación y establecimiento de plántulas en condiciones adversas con estrés de humedad.

Las colecciones Durango-39, Chihuahua-30 y Chihuahua-188, produjeron altos rendimientos de forraje bajo condiciones de temporal, cuando se evaluaron las mismas colecciones en el campo en años anteriores, y también registraron alto porcentaje de germinación (13.94% a 17.71%) en el nivel de 12 atmósferas; éstas se pueden clasificar como resistentes a sequía. Generalmente las colecciones con alto porcentaje de germinación, en alta presión osmótica, produjeron alto rendimiento de forraje en el campo. Las 5 colecciones: Narro, Chihuahua-22, Jalisco-64, San Luis Potosí-190 y Coahuila, produjeron moderada germinación y se clasificaron como moderadamente resistentes. Zacatecas-51 y Zacatecas-7, obtuvieron alto rendimiento de forraje en el campo, pero bajo porcentaje de germinación en alta presión osmótica.

Rendimiento es el producto de efectos multiplicativos de los componentes del rendimiento, cada componente es independiente a otro y están controlados por poligenes. Resistencia a sequía es un caracter muy complejo controlado por varios genes a través de características morfológicas, fisiológicas, anatómicas y sustancias bioquímicas. Las variedades resistentes a sequía hay que desarrollarlas a través de características que están relacionadas con resistencia.

## CONCLUSIONES

1. Las 4 colecciones: Durango-39, Chihuahua-120, Chihuahua-30 y Chihuahua-188, se recomiendan para la siembra en las zonas áridas del país para obtener alto porcentaje de germinación, óptimo

establecimiento, vigorosidad, uniforme crecimiento de plántulas, alta resistencia a sequía, y alta producción de forraje.

2. En las grandes superficies de las zonas áridas existen condiciones desfavorables de escasa precipitación, mal distribución de lluvias, altas temperaturas de la atmósfera y suelo, terrenos marginales en el nivel de materia orgánica. Las colecciones citadas arriba, son apropiadas para su resiembra y para aumentar producción de forraje, productos lácteos y carne, donde otros cultivos tradicionales no pueden sobrevivir.

## BIBLIOGRAFIA

- Hurd, E.A. 1975. In Symposium of plant modification for more effective water use. USA. Agric. Meteorology. 14:39 - 55
- Knipe, O.D. 1968. Effect of moisture stress on germination of alkali sacaton, galleta and blue grama. USA. J. Range Management. 21:3 - 4
- Lima, M.A. 1978. Estudo da resistencia a seca em cultivares de feijão *Phaseolus vulgaris*, L. Tesis. Maestría en Piracicaba-sp. Brasil, Universidade de Sao Paulo Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz
- Magalhaes, A.C. y M. Carelli. 1972. Germinacao de sementes de feijão *Phaseolus vulgaris*. Sob condicoes variadas de pressao osmotica. Bragantia 31:19 - 26
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1969. Plant Physiology. Belmont. Calif. Macworth Publishing Company Inc. pp. 66 - 67
- Sathyanarayanaiah, K. 1980. Genetic studies on dry land wheat. *Triticum durum*. Post doctoral research investigation. Agrl. Canada Res. Station. Research Branch. Swift Current, Saskatchewan, Canada.
- Tapia, C.R. and E.M. Schmutz. 1970. Germination response of three desert grasses to moisture stress and light. USA. J. Range Management. 24:292 - 295.
- Whvits, R. 1946. Effect of osmotic pressure on water absorption and germination of alfalfa seed. USA. Am. J. Bot. 33:278 - 295.
- Williams, T.V., R.S. Snell y J.F. Ellis. 1967. Methods of measuring drought tolerance in corn. USA. Crop Sci. 7:179 - 181

## **AGRADECIMIENTOS**

Ing. Leticia Bustamante García, por su valiosa orientación y colaboración en el trabajo de laboratorio, y al Ing. Regino Morones Reza, por su colaboración en el análisis estadístico del trabajo realizado. Ambos Maestros-Investigadores de la UAAAN.