

Evaluación de cinco genotipos de haba (*Vicia faba* L.) con seis niveles de fósforo en Tecámac, México

Edgar Jesús Morales Rosales*, Hermilo de la O Ávila**, Alejandro Morales Ruiz*** y Víctor Manuel de la Cruz Arellano***

Recepción: agosto 8 de 2001

Aceptación: octubre 10 de 2001

* Campus Universitario "El Cerrillo", Universidad Autónoma del Estado de México. Teléfono y fax: (722) 296 55 29.

Correo electrónico: ejmorales@colpos.colpos.mx
** Unidad Académica Profesional Zumpango, Universidad Autónoma del Estado de México. Teléfono: (591) 7 27 02.

*** Egresados de la licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción. Unidad Académica Profesional Zumpango, Universidad Autónoma del Estado de México.

Resumen. Durante el ciclo primavera-verano de 2000 se realizó la investigación en condiciones de campo, y se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 30 tratamientos y tres repeticiones con un arreglo factorial. Los caracteres que fueron evaluados son: altura a la primera vaina (APV), altura final (AF), número de tallos (NT), número de granos por vaina (NGV), número de vainas por planta (NVP), peso de 100 semillas P(100)S y rendimiento de grano (REND). El análisis de varianza (ANOVA) reveló efectos significativos para los genotipos en las variables P(100)S**, REND** y APV*. En cuanto al fósforo, la AF y REND presentaron valores significativos al 0.05. La interacción GxP fue altamente significativa para el REND. La mejor variedad de acuerdo a la DMS fue la V-32 (3.92 t ha⁻¹). Los caracteres que influyeron en la expresión del rendimiento fueron: NT, NVP y P(100)S.

Palabras clave: genotipo, arreglo factorial.

Evaluation of Five Genotypes of Fababean (*Vicia faba* L.) with Six Levels of Phosphorus, in Tecamac, Mexico

Abstract. During the spring-summer of 2000, the investigation was carried out in field conditions utilizing a design of complete blocks, with 30 treatments and three repetitions with a factorial arrangement. The characteristics evaluated were height of the first legume (APV), final height (AF), number of stems (NT), number of grains per legume (NGV), number of legumes per plant (NVP), weight of 100 seeds P(100)S and grain yield (REND). The analysis of variance (ANOVA) revealed significant effects for genotypes in the variables P(100)S**, REND** and APV*. As for the phosphorus, the AF and REND presented significant values to 0.05. The interaction GxP was highly significant for the REND. The best variety according to the DMS was the V-32 (3.92 t ha⁻¹). The characteristics that influenced the expression of grain yield were: NT, NVP and P(100)S.

Key words: genotype, factorial arrangement.

Introducción

En México, el cultivo del haba *Vicia faba* L. es de gran importancia social y económica en la región de los valles altos de la meseta central, que comprende los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Morelos, Michoacán y parte de Veracruz. En el Estado de México se cultiva en casi toda su extensión, destacando por su superficie

el valle de Toluca, en donde se siembran aproximadamente 3,500 ha, las cuales se establecen con humedad residual y en temporal, con rendimientos promedio de 1.1 t ha⁻¹ de grano seco y 6.5 t ha⁻¹ para vaina verde (Muciño, 1995).

A pesar de la importancia social y económica que genera este cultivo, la superficie sembrada fluctúa cada año, debido a los bajos rendimientos, a la falta de variedades mejoradas,

nula e inadecuada fertilización, fechas tardías de siembra, además de la presencia de plagas y enfermedades que atacan severamente. En muchas ocasiones se utilizan materiales criollos de la región, que generalmente son los más susceptibles a los agentes bióticos, presentando ciclos vegetativos más largos, sensibilidad al acame y por sus características de tamaño y color de grano sólo tienen aceptación en la comunidad local (López, 1997). Con relación a la fertilización, este cultivo, como todas las leguminosas, requiere de cantidades mínimas de nitrógeno para su producción, sin embargo, para obtener una buena cosecha se recomienda aplicar 60 kg ha⁻¹ de fósforo. En ese sentido, el fósforo, entre otros efectos, estimula el desarrollo radicular inicial, origina un crecimiento rápido y vigoroso, estimula la floración y ayuda a la formación de semilla (Ortiz y Ortiz, 1988).

A partir de lo anterior, es prioritario generar paquetes tecnológicos adecuados para las distintas zonas de producción de haba, los cuales deben incluir fundamentalmente la utilización de variedades mejoradas y la aplicación de fertilizantes a base de fósforo.

En ese sentido, la presente investigación pretende evaluar cinco genotipos de haba y seis distintos niveles de fertilización fosforada, en el municipio de Tecámac, México, para determinar cuál de los genotipos manifiesta una mejor respuesta a la adición del fertilizante, expresando un mayor rendimiento de grano en el área de estudio.

1. Revisión de literatura

La mayoría de las evaluaciones que se han realizado al cultivo del haba han mostrado resultados contrastantes en el comportamiento de las variedades mejoradas, debido principalmente a la naturaleza genética de estos cultivares (los cuales interactúan fuertemente con el ambiente) y al deficiente manejo agronómico (nula o escasa fertilización) del agricultor; sin embargo, los materiales mejorados aún son la mejor opción para lograr altos rendimientos en el cultivo de esta especie (Muciño, 1995).

Por otro lado, Montes (1997) hace referencia que la mayoría de los suelos de los valles altos son de baja y mediana productividad a causa de la deficiencia de nitrógeno y fósforo; en contraste con lo anterior, tales suelos son ricos en potasio asimilable para las plantas. También señala que basta de 40 a 60 kg de nitrógeno por ha y

aproximadamente la misma cantidad de fósforo para obtener rendimientos satisfactorios en el cultivo del haba.

Por otro lado, el fósforo puede fijarse al suelo con tal tenacidad que apenas pueda ser absorbido por las plantas, es posible que no aprovechen más de 10% de la fertilización fosforada que se aplica al voleo para incorporarse al suelo, pero en cambio, cerca de 30% será aprovechado por una leguminosa si se aplica de forma localizada o en hilera; los suelos muy ácidos tienden por lo general a fijar más fósforo que los suelos ligeramente alcalinos (Montes, 1997).

Moreno y Cubero (1983) señalan que la aplicación de 50 a 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 80 a 200 kg ha⁻¹ de K₂O, excluyendo el nitrógeno, obtuvieron un rendimiento de 3.5 t ha⁻¹ de grano de haba en condiciones de riego y de 0.8 a 1.5 t ha⁻¹ en condiciones de temporal. Muciño (1995) indica que la producción de haba se ha incrementado en el Estado de México con la aplicación de 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Por otra parte, la mayor producción de grano depende en una alta proporción de sus componentes de rendimiento (morfológicos y fisiológicos), de su máxima autofertilidad, y de la mayor resistencia a plagas y enfermedades (Solórzano, 1993). Franco (1997) señala como principales componentes de rendimiento del cultivo al número de vainas por planta y al peso.

Por otra parte, la mayor producción de grano depende en una alta proporción de sus componentes de rendimiento (morfológicos y fisiológicos), de su máxima autofertilidad, y de la mayor resistencia a plagas y enfermedades (Solórzano, 1993). Franco (1997) señala como principales componentes de rendimiento del cultivo al número de vainas por planta y al peso.

2. Materiales y método

2.1. Ubicación del sitio experimental

La investigación se desarrolló durante el ciclo primavera-verano de 2000 en la comunidad de San Lucas Xolox, municipio de Tecámac, México, que se encuentra localizado a 19°42'2" de latitud norte y 98°58'10" de longitud oeste, del meridiano de Greenwich, a una altura de 2,260 msnm. Las características químicas y físicas del suelo donde se estableció el experimento muestran una estructura franco-arcilloso, ligeramente alcalino, pobres en nitrógeno y fósforo y una aceptable cantidad de potasio asimilable para la planta, con un pH de 7.4 favorable para el buen desarrollo de algunas leguminosas.

De acuerdo con la clasificación climatológica de Köppen, modificado por García (1978), el clima de la zona es del tipo C (w₀) (w) b que corresponde al templado subhúmedo, pero al mismo tiempo el más seco de los subhúmedos,

El fósforo, entre otros efectos, estimula el desarrollo radicular inicial, origina un crecimiento rápido y vigoroso, estimula la floración y ayuda a la formación de semilla.

con lluvias durante el verano, mientras que la temperatura media anual oscila entre 12 °C y 18 °C. La precipitación media anual es de 612 mm, de la cual 80% se registra en los meses de mayo a octubre. El periodo libre de heladas es del 15 de abril al 25 de septiembre (Gobierno del Estado de México, 1998).

2.2. Material genético utilizado

Los genotipos que se utilizaron fueron cuatro variedades de haba liberadas por el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX), las cuales son V-31, V-32, V-35 y San Pedro Tlaltizapan, que se compararon con el criollo de Tenango del Valle. Es importante mencionar que se utilizó este material por haber mostrado buena adaptación y rendimiento en otros trabajos experimentales semejantes a este, y porque en la región no existe semilla criolla de este cultivo.

2.3. Diseño experimental

El arreglo de los factores de estudio resultan de la combinación de sus respectivos niveles, lo cual genera 30 tratamientos (cinco variedades y seis dosis de fósforo: 50, 60, 70, 80, 90 y 100 U). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones, en una superficie de 1,440 m². Se consideró como parcela experimental 16 m², la cual se conformó por cuatro surcos de 5 m de largo, la parcela experimental útil estuvo constituida por los dos surcos centrales, eliminando un metro de cada lado.

2.4. Establecimiento del experimento

La preparación del terreno consistió de un subsóleo a una profundidad de 60 cm, de un barbecho, un paso de rastra para eliminar los terrones y una nivelación del predio. La siembra se realizó el 2 de abril, depositando dos semillas por golpe a una distancia de 40 cm, bajo condiciones de punta de riego. Debido a que el temporal se estableció hasta el 25 de mayo, se realizaron tres riegos de auxilio, con un intervalo de 15 días cada uno, con una lámina de riego aproximada de 15 cm. La maleza se controló de una manera adecuada a través de dos escardas, y la presencia de plagas y enfermedades fue erradicada con la aplicación de metamidofos, clorotolanil y oxiclورو de cobre. Se fertilizó con 40 U de nitrógeno y 40 de potasio, utilizando como fuentes urea y cloruro de potasio, respectivamente; el fósforo (súper fosfato de calcio triple) se adicionó de acuerdo con los tratamientos evaluados (50, 60, 70, 80, 90 y 100 U), y se aplicó en banda al

momento de sembrar. La cosecha se efectuó cuando la planta llegó a su madurez fisiológica, y esto ocurrió a los 180 días después de la siembra.

2.5. Variables de estudio

Las variables que se consideraron en el experimento fueron tomadas de diez plantas con competencia completa de cada una de las parcelas experimentales, las cuales se mencionan a continuación:

- Altura a la que se encontró la primera vaina: se midió desde el nivel del suelo hasta la primera vaina desarrollada y se expresó en cm.
- Altura final: se midió desde el nivel del suelo hasta la punta, y se expresó en cm.
- Número de tallos: se contaron el número de tallos con vainas producidos por la planta.
- Número de granos por vaina: fue obtenida al contar el total de semillas producidas y dividir las entre el número de vainas.
- Número de vainas por planta: se cuantificó el número de vainas por planta, cuando éstas estaban completamente formadas.
- Peso de 100 semillas: de una muestra representativa de cada parcela, se eligieron al azar 100 semillas, se pesaron y su resultado se expresó en gramos.
- Rendimiento de grano: se calculó a partir del peso total de la parcela experimental útil y se transformó a kg ha⁻¹.

2.6. Análisis estadístico

- a) Análisis de varianza: a las variables en estudio se les realizó el análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia de 0.05 y 0.01 de probabilidad de error.
- b) Prueba de comparación de medias: cuando las pruebas F del análisis de varianza fueron significativas, se realizó la prueba de comparación de medias conocida como la diferencia mínima significativa (DMS), con un nivel de significancia de 0.05 de probabilidad de error.
- c) Análisis de correlación: para conocer el grado de asociación entre los principales componentes y el rendimiento de grano del haba, se efectuó el análisis de correlación lineal simple entre las características evaluadas.

La mayor producción de grano depende en una alta proporción de sus componentes de rendimiento (morfológicos y fisiológicos), de su máxima autofertilidad, y de la mayor resistencia a plagas y enfermedades.

Cuadro 1. Cuadrados medios y su significancia estadística de los valores F para siete características evaluadas en un experimento con cinco genotipos de haba y seis niveles de fertilización fosforada en Tecámac, México, 2000.

	FV	GL	APV	AF	NT	NV	NG	P(100)S	REND
Repetición	2		55.21	1,072.06	2.05	159.08	0.02	975	12,777
Genotipo	4		69.15*	172.53	2.34	110.96	0.21	357.6**	50,454.5**
Fósforo	5		14.19	303.35*	1.29	91.81	0.01	435.04	7,752*
GenxFos	20		18.77	140.78	1.48	48.73	0.08	417.25	25,656.3**
Error	58		22.92	123.57	1.41	54.36	0.12	241.61	6,260.44
Total	89								
CV (%)			14.96	9.75	24.06	23.95	18.91	7.99	15.65

FV = Fuente de variación; GL = Grados de libertad; APV = Altura a la primera vaina; AF = Altura final; NT = Número de tallos; NV = Número de vainas; NG = Número de granos; P(100)S = Peso de 100 semillas; REND = Rendimiento de grano.
* Significativo al 0.05; ** significativo al 0.01.

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias (DMS al 0.05) para el factor variedades en un experimento de cinco genotipos y seis niveles de fertilización fosforada en Tecámac, México, 2000.

Genotipos	APV	AF	NT	NV	NG	P(100)S	REND
V-31	33.94 a	113.94 a	4.86 a	28.53 a	1.86 a	186.16 b	424.72 c
V-32	32.72 a	119.11 a	5.08 a	32.85 a	1.86 a	207.33 a	565.27 a
V-35	32.11 a	113.55 a	5.44 a	32.25 a	1.76 a	199.33 a	537.94 ab
S-P	28.72 b	112.55 a	4.45 a	27.66 a	1.92 a	207.11 a	498.44 b
Criollo	32.55 a	110.77 a	4.87 a	32.63 a	2.03 a	172.88 c	502.11 b

Nota: los genotipos con la misma literal no difieren estadísticamente entre sí.
S-P = San Pedro Tlaltizapan

3. Resultados y discusión

3.1. Análisis de varianza

Los cuadrados medios y su significancia estadística derivados de la prueba F de los análisis de varianza para el rendimiento de grano y algunos de sus principales componentes morfológicos se presentan en el cuadro 1. En él se puede apreciar que para el factor genotipos hubo diferencias altamente significativas para las variables: peso de 100 semillas y rendimiento de grano, y sólo hubo diferencia significativa para la variable altura a la primera vaina. Con esto queda manifiesta la variabilidad genética que presentaron los materiales evaluados en la investigación.

Con relación al fósforo, se encontraron diferencias significativas (0.05) para las variables altura final de la planta y rendimiento de grano. El efecto de interacción genotipo x fósforo resultó altamente significativo (0.01) para el rendimiento de grano. Los coeficientes de variación encontrados en el estudio mostraron valores que oscilan de 7.99% para el peso

de 100 granos, a 24.06% para el número de granos; esto nos permite afirmar que la conducción del experimento fue aceptable ya que dichos coeficientes están en el rango de confiabilidad.

3.2. Comparación de medias

Al analizar los promedios de las variedades evaluadas, fue evidente la diferencia existente entre los genotipos en las características altura a la primera vaina, peso de 100 semillas y rendimiento de grano, destacando principalmente la variedad V-32, seguida muy de cerca de V-35 y San Pedro Tlaltizapan (cuadro 2). Estos resultados coinciden con lo expuesto por López (1997), quien al efectuar un trabajo en el cultivo del haba nos indica que las variedades mejoradas y los materiales sobresalientes tuvieron un incremento significativo en el rendimiento de grano con relación al testigo. En ese sentido, Ríos (1998) realizó un ensayo de validación de variedades promisorias de haba y encontró que la V-35 y la V-32 fueron las más rendidoras.

Con respecto al fósforo, en el cuadro 3 se presentan los promedios obtenidos para cada una de las variables evaluadas de las cinco variedades de haba; en dicho cuadro se

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias (DMS al 0.05) para el factor fósforo en un experimento de cinco genotipos y seis niveles de fertilización fosforada en Tecámac, México, 2000.

Nivel de fósforo	APV	AF	NT	NV	NG	P(100)S	REND
50 U	31.93 a	109.40 c	4.73 a	30.49 a	1.95 a	193.13 a	425.00 a
60 U	32.87 a	115.13 abc	5.35 a	30.78 a	1.88 a	185.86 a	410.00 a
70 U	31.93 a	120.60 a	4.60 a	34.56 a	1.88 a	200.33 a	451.00 a
80 U	33.26 a	117.60 ab	5.29 a	31.85 a	1.84 a	200.19 a	453.00 a
90 U	30.53 a	111.13 b	4.76 a	30.08 a	1.89 a	194.80 a	450.33 a
100 U	31.53 a	110.26 bc	5.03 a	26.96 a	1.90 a	193.00 a	359.00 b

Nota: Los niveles de fósforo con la misma literal no difieren estadísticamente entre sí.

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias (DMS al 0.05) para la interacción rendimiento de grano x niveles de fósforo en un experimento de cinco genotipos y seis niveles de fertilización fosforada en Tecámac, México, 2000.

Niveles de fósforo	V-31	V-32	V-35	San Pedro	Criollo
50 U	435 a	654.00 a	373.00 d	509.33 ab	547.33 a
60 U	420 a	571.33 a	541.66 bc	409.33 ab	514.00 a
70 U	461 a	533.33 ab	710.00 a	469.66 bc	537.66 a
80 U	463 a	632.00 a	469.66 cd	622.33 a	452.00 a
90 U	460 a	415.00 b	476.33 cd	602.66 a	530.33 a
100 U	359 a	585.00 a	657.00 ab	377.33 c	431.33 a

Nota: Los tratamientos con la misma literal no difieren estadísticamente entre sí.

observa que la adición de este elemento sólo impactó en las características altura final de planta (AF) y rendimiento de grano, lo que nos hace pensar que es necesario establecer más ensayos de este tipo para conocer la verdadera influencia de este nutriente en la producción de haba. Resultados semejantes fueron reportados por Montes (1997), quien señala que el fósforo puede fijarse al suelo con tal tenacidad que apenas puede ser absorbido por las plantas.

Al analizar el efecto de la interacción genotipo x fósforo, ésta fue significativa (0.05) para el rendimiento de grano (cuadro 4). En las variedades evaluadas no existe una tendencia lineal positiva, sin embargo, los rendimientos más elevados se encuentran entre el rango de 70 a 80 U, con excepción de la V-32, la cual expresó su mayor potencial de rendimiento cuando se le agregaron 50 U de fósforo. También se aprecia que la V-35 fue la variedad que mejor respondió a la adición de este elemento y alcanzó su mayor producción cuando se fertilizó con 70 unidades de este nutriente (cuadro 4 y figura 1).

Para conocer el grado de asociación lineal entre el rendimiento de grano y sus principales componentes se calcularon los coeficientes de correlación fenotípica; en el cuadro 5 se pueden observar correlaciones positivas y significativas entre el rendimiento de grano y el número de tallos, número de vainas y peso de 100 semillas; estos caracteres son los que determinaron una mayor producción. Otras correlaciones altamente significativas, pero negativas, se obtuvieron entre la altura final de la planta y el rendimiento. Resultados similares fueron reportados por Montes (1997), Sotelo (1992), Muciño (1995), Franco (1997) y Piña (1997).

Conclusiones

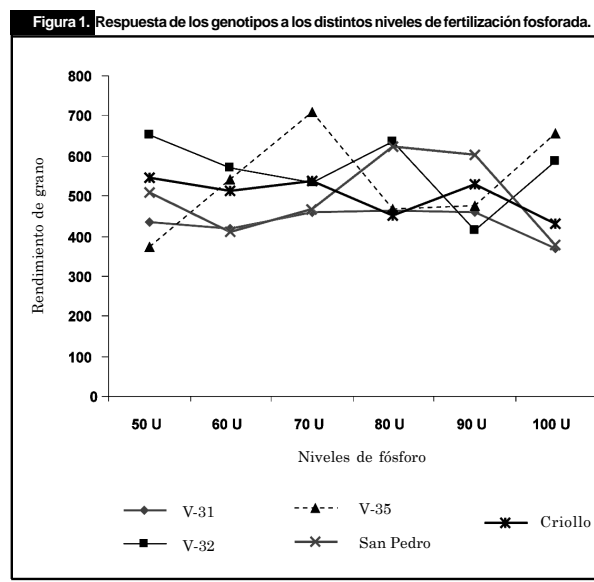
Del presente estudio se derivan las siguientes conclusiones:

- El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas para los genotipos en los caracteres: peso de 100 semillas, rendimiento de grano, y sólo diferencias significativas para la altura a la primera vaina; en cuanto al fósforo, la altura final y el rendimiento de grano fueron las únicas variables con diferencias significativas; la interacción Gx F fue altamente significativa para el rendimiento de grano.
- La variedad V-32, seguida de la V-35 y San Pedro Tlaltizapan fueron los genotipos más sobresalientes con relación al rendimiento de grano.

Cuadro 5. Coeficientes de correlación fenotípica y su significancia estadística entre siete caracteres estudiados en un experimento de cinco genotipos y seis niveles de fertilización fosforada en Tecámac, México, 2000.

	APV	AF	NT	NV	NGV	P(100)S
REND	0.065	0.346	0.381*	0.687**	0.063	0.387**
APV		0.392*	0.200	0.314	-0.289	-0.031
AF			0.024	0.465**	0.292	-0.520
NT				0.428*	0.149	-0.068
NV					0.240	-0.262
NGV						-0.272

* Significativo al 0.05
**Significativo al 0.01



- Por lo que respecta a la interacción Gx F los genotipos expresaron su mayor potencial de rendimiento cuando se utilizaron de 70 a 80 U de fósforo.
- De acuerdo al análisis de correlación lineal simple los componentes que más influyeron en el rendimiento de grano fueron: número de tallos, número de vainas y peso de 100 semillas.

o61e

Bibliografía

Franco, M. O. (1997). *Evaluación del rendimiento de vaina en estado fresco de 6 líneas y 3 poblaciones criollas de haba Vicia faba L. en 2 localidades del valle de Toluca-Lerma*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM, Toluca, México.

García, E. (1978). *Modificaciones al sistema de clasificación climológica de Köppen*. UNAM. México.

Gobierno del Estado de México (1998). *Panorámica socioeconómica del Estado*

- de México. Toluca, México.
- López, R. M. (1997). *Evaluación de 15 genotipos de haba *Vicia faba* L. en la comunidad de Dolores Enyeje, Ixtlahuaca, México, bajo condiciones de riego*. ICAMEX, Metepec, México.
- Montes, M. J. (1997). *Componentes de rendimiento y parámetros fisiológicos en 4 variedades de haba *Vicia faba* L.* Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillos, México.
- Moreno, M. T. y J. Cubero (1983). *Leguminosas de grano*. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Muciño, S. (1995). *Guía para cultivar haba en el estado de México*. ICAMEX, Metepec, México.
- Ortiz, V. B. y S. Ortiz (1988). *Edafología*. 6ª Edición. UACH, Departamento de Suelos, Chapingo, México.
- Piña, V. M. (1997). *Evaluación del rendimiento en 12 genotipos de haba *Vicia faba* L.* Tesis profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM, Toluca.
- Ríos, D. G. (1998). *Validaciones de variedades promisorias de haba*. ICAMEX, Metepec, México.
- Solórzano, V. E. (1993). *Colección y documentación del cultivo del haba en los valles altos de México*. Departamento de Fitotecnia, Chapingo, México.
- Sotelo, U. J. (1992). *Estudio comparativo del rendimiento de 5 líneas y 4 poblaciones criollas de haba *Vicia faba* L.* Tesis profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM, Toluca.