

## **TURQUESA, NUEVA VARIEDAD DE AVENA PARA LA PRODUCCIÓN DE GRANO Y FORRAJE EN MÉXICO\***

### **TURQUESA, NEW OAT CULTIVAR FOR FARAGE AND GRAIN PRODUCTION IN MEXICO**

**Héctor Eduardo Villaseñor Mir<sup>1§</sup>, Eduardo Espitia Rangel<sup>1</sup>, Julio Huerta Espino<sup>1</sup>, Leodegario Osorio Alcalá<sup>2</sup> y Jesús López Hernández<sup>3</sup>**

<sup>1§</sup>Programa de Trigo, Campo Experimental Valle de México, INIFAP. Texcoco, Estado de México. Tel. 01 595 95 4 22 77. (espitia.eduardo@inifap.gob.mx), (huerta.julio@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>Campo Experimental Valle de Guadiana, INIFAP. Km. 5 carretera Durango-El Mezquital, Durango, C. P. 34000. Durango, Durango. Tel. 01 951 52 1 55 02. Ext. 112. (osorio.leodegario@inifap.gob.mx). <sup>3</sup>Campo Experimental Valles Centrales Melchor Ocampo, INIFAP. Núm. 7, colonia. Santo Domingo Barrio Bajetla C. P. 68200. Oaxaca, Oaxaca. Tel. 01 618 82 6 04 26. (lopez.jesus@inifap.gob.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (villasenor.hector@inifap.gob.mx).

#### **ABSTRACT**

In 2007 the area sown to oat (*Avena sativa* L.) in Mexico was superior to 800 000 ha. The new cv. Turquesa is of spring habit and was developed at Valle de Mexico Experimental Station from a simple cross between the experimental line  $F_2$  CV-83(5-0C) 8C-0C / Karma. Turquesa and eight check cultivars were grown from 2002 to 2008 under rainfall conditions in 132 yield trials; the average seed yield of Turquesa was 3 043 kg ha<sup>-1</sup>, superior to all checks from 13.2% in cv. Karma to 57.6% in cv. Opalo. The forage production of Turquesa, average from ten locations was superior to 11.0 ha<sup>-1</sup>, significantly superior to all commercial checks.

#### **INTRODUCCIÓN**

Durante 1996 se sembraron de avena 420 mil hectáreas (SAGAR, 1997) y para el 2007 la superficie superó las 800 mil hectáreas (SIAP, 2008); esos incrementos se deben a que este cereal se adapta bien a condiciones de sequía y bajas temperaturas en comparación a cultivos como maíz, frijol, trigo o cebada (Villaseñor *et al.*, 2003), de tal manera que se ha convertido en un cultivo alternativo para el agricultor cuando se siniestran los antes indicados o cuando ya no es conveniente sembrarlos. En la actualidad la principal limitante de la producción de

avena es la roya del tallo, enfermedad que puede causar pérdidas hasta del 70% (Leyva *et al.*, 2004); su control más efectivo es mediante la siembra de variedades resistentes o tolerantes, para lo cual el programa de mejoramiento genético de avena del INIFAP pone a disposición de los agricultores e industria de la transformación de la avena la variedad Turquesa, que ha sobresalido en más de 120 evaluaciones a nivel nacional por su alto rendimiento de grano y forraje, y por su resistencia a moderada resistencia a las diferentes razas de roya del tallo que han prevalecido en el país durante su período de evaluación.

#### **Origen y características**

La variedad de avena (*Avena sativa* L.) Turquesa es de hábito de primavera y fue obtenida en el Programa de Mejoramiento Genético de Avena del Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) por recombinación genética y selección. La crusa que dio origen a la variedad se realizó en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) durante el ciclo otoño-invierno de 2003. Turquesa se obtuvo a partir de una crusa simple entre la línea Experimental  $F_2$  CV-83(5-0C) 8C-0C y la variedad Karma. En las generaciones de segregación se aplicó la combinación de los métodos de selección masivo o

\* Recibido: Febrero de 2009

Aceptado: Diciembre de 2009

poblacional y el de familias derivadas, y en la generación  $F_6$  se obtuvo la línea que generó a Turquesa, misma que se identificó con la siguiente genealogía y pedigrí:

Genealogía:  $[F_2\text{CV-83(5-0C)8C-0C}]/\text{KARMA}$

Pedigrí: I-4373-0C-0C-7CE-0R-0C

Esa línea se evaluó de 2001 al 2008 en los viveros y ensayos nacionales formados por el programa de avena hasta en 132 localidades que se ubicaron en 12 estados de la república que comprendieron Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Estado de México, Guanajuato, Michoacán, Jalisco, Aguascalientes, Zacatecas, Durango y Chihuahua. Turquesa es una variedad de ciclo vegetativo intermedio (105 días a madurez fisiológica), con porte medio, tolerante al acame, plantas de color verde oscuro de antesis a grano lechoso, panícula con alta densidad de granos, grano de tamaño mediano y alta relación grano-paja.

### Reacción a royas y enfermedades foliares

Durante el periodo de evaluación de la variedad Turquesa se identificaron las siguientes enfermedades: roya del tallo causada *Puccinia graminis* f. sp. *avenae*, roya de la corona o de la hoja causada por *P. coronata*, mancha foliar causada por *Helminthosporium avenae* y por *Septoria avenae* f. sp. *avenae* (Zillinsky, 1984) y antracnosis causada por *Colletotrichum graminicola* (Leyva *et al.*, 2005). Turquesa de manera general se comporta ante este variación de enfermedades de la siguiente manera: es moderadamente resistente a roya del tallo, moderadamente resistente a roya de la corona o de la hoja y es tolerante al complejo de enfermedades foliares en donde se presentan las dos manchas foliares y antracnosis.

La roya del tallo es la enfermedad más agresiva y devastadora en avena; es importante indicar que durante los ocho años de evaluación de la variedad Turquesa, no se identificó ninguna variedad que sea inmune a esta enfermedad, entre otras causas, porque de manera natural en las regiones aveneras de México existe gran variabilidad de razas, en donde al menos en el 2005 se aislaron 11 diferentes (Villaseñor *et al.*, 2007), algunas de ellas importantes porque rompieron la resistencia de variedades como CEVAMEX que prácticamente era inmune (Villaseñor *et al.*, 1998a) y Karma que su reacción era de resistencia con un máximo de infección de 20% (Villaseñor *et al.*, 1998b). Turquesa se comportó de resistente (TR “pequeñas pústulas”) a

moderadamente resistente (40MR “40% de reacción de moderada resistencia”) a la incidencia de esta enfermedad, reacción que superó a todas las variedades testigo.

En roya de la corona o de la hoja Turquesa fue el genotipo con mayor resistencia; manifestando incidencias de 0 a 3MS, superior a los mejores testigos como lo fueron Karma, Obsidiana y Avemex, variedades que tuvieron incidencias hasta de 40S.

La variedad Turquesa no igualó la moderada resistencia al complejo de enfermedades foliares de las variedades testigo Ópalo y Obsidiana; sin embargo, mostró tolerancia a estos hongos, igualando la reacción de las variedades tolerantes

Avemex, Karma y Chihuahua; por otra parte, mostró mejor reacción a estos patógenos que las variedades susceptibles Papigochi, Menonita Juchitepec, Bachiniva y Teporaca.

### Efecto de la roya del tallo en la producción

Para cuantificar el nivel de tolerancia de Turquesa a la roya del tallo, se establecieron pruebas de campo en cinco ambientes de producción donde se realizaron inoculaciones artificiales utilizando una suspensión de urediniosporas de *Puccinia graminis* f. sp. *avenae*. Se mantuvo el cultivo con y sin protección de fungicidas para cuantificar las pérdidas en rendimiento de grano y forraje. Turquesa presentó el menor porcentaje de pérdidas en rendimiento de grano y forraje. En grano la variedad Chihuahua presentó las pérdidas más altas (45%), enseguida Avemex, Obsidiana y Karma (24, 19 y 17%, respectivamente), y por último Turquesa y Menonita (13%). En forraje también Chihuahua presentó más pérdidas (28%), seguida por Avemex (15%), Obsidiana, Karma y Menonita (10 a 12%), mientras que en Turquesa se registraron menores pérdidas (8%). En la Figura 1 se presenta la producción de grano con y sin aplicación de fungicida de Turquesa y variedades testigo, en donde se observa que bajo cualquier condición (sin y con roya del tallo) Turquesa es superior a las variedades testigo, lo que también se corrobora en la producción de forraje (Figura 2).

### Rendimiento de grano

Turquesa y ocho variedades testigo fueron evaluadas de 2002 a 2008 en condiciones de temporal en 132 ensayos de rendimiento establecidos en los estados antes indicados.

Los sitios de evaluación se clasificaron en tres tipos de ambiente (Villaseñor y Espitia, 2000), principalmente por sus regímenes de precipitación:

1) Ambientes críticos: con precipitación menor de 300 mm durante el ciclo de cultivo, cuyo problema principal fue la sequía en diferentes etapas de crecimiento, 2) Ambientes

intermedios: con precipitación de 300 a 500 mm durante el ciclo de cultivo, cuyos principales problemas fueron la incidencia de roya del tallo y la sequía, y 3) Ambientes favorables: con precipitación mayor de 500 mm durante el ciclo de cultivo donde el principal problema fue la incidencia de enfermedades foliares y royas del tallo y la hoja en segundo término.

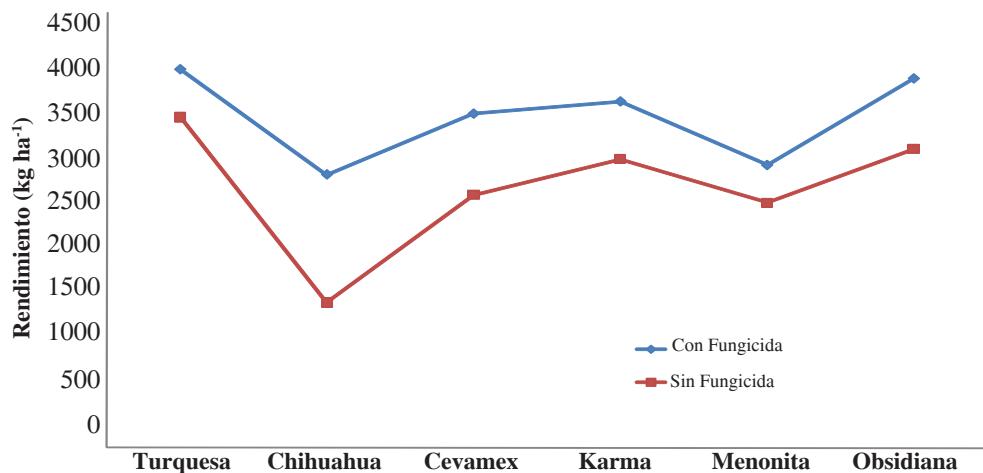


Figura 1. Producción de grano con y sin aplicación de fungicida de la variedad Turquesa y variedades testigo.

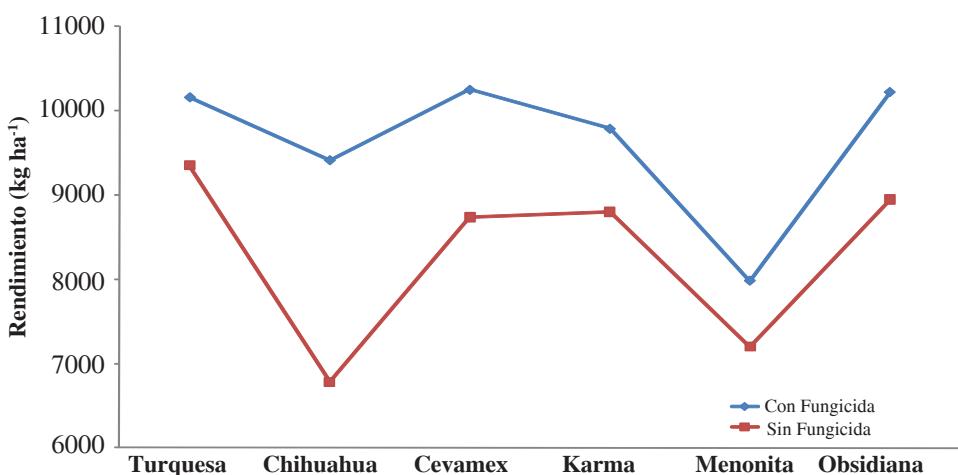


Figura 2. Producción de forraje con y sin aplicación de fungicida de la variedad Turquesa y variedades testigo.

En el Cuadro 1 se presenta el rendimiento promedio de grano a madurez mecánica de Turquesa y variedades testigo por tipo de ambiente de producción, en donde se observa que esta variedad presentó un rendimiento medio de 3 043 kg ha⁻¹ (132 localidades), mientras que su rendimiento en ambientes favorables fue de 4 532 kg ha⁻¹ (40 localidades), en ambientes intermedios fue de 3 010 kg ha⁻¹ (46 localidades) y en ambientes críticos fue de

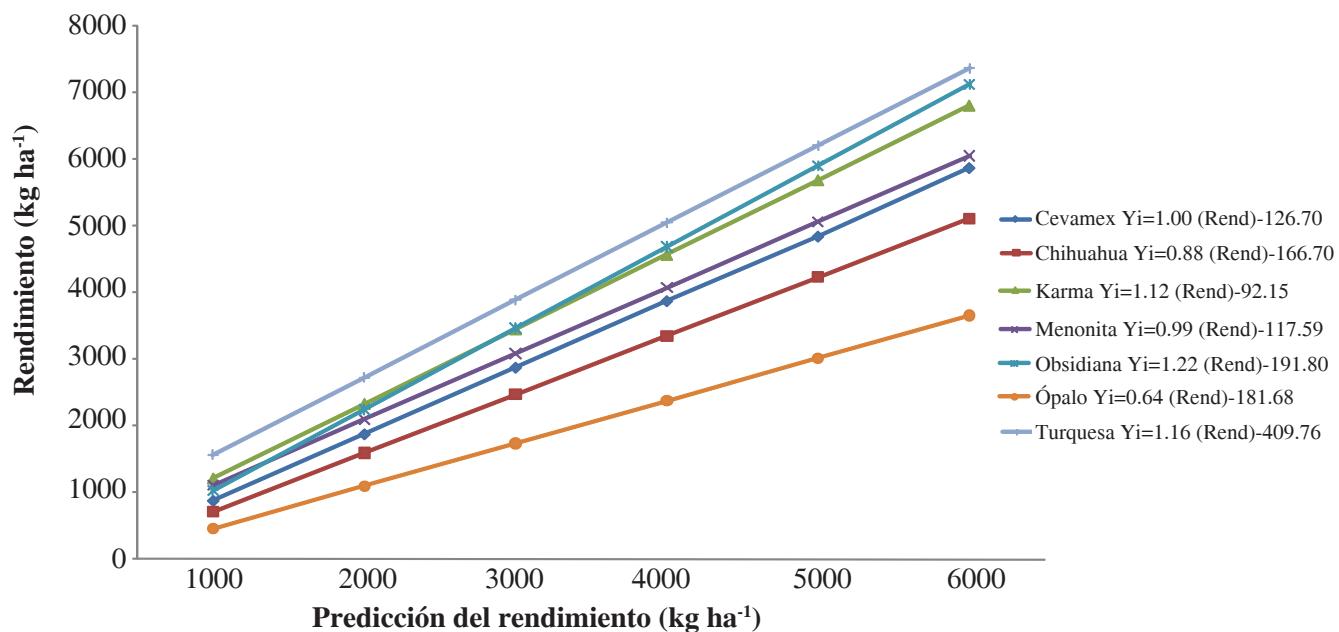
1 782 kg ha⁻¹ (46 localidades). Los rendimientos registrados en Turquesa fueron superiores al de cualquier variedad testigo en todos los ambientes de producción, lo que determina que la siembra de esta variedad permitirá incrementar la producción nacional conservadoramente 20%, si se parte del principio que las ocho variedades testigo presentadas (Cuadro 1) son la base de la producción nacional.

**Cuadro 1. Comparación en el rendimiento de grano de turquesa y variedades testigo en 132 localidades en diferentes ambientes de temporal durante 2002-2008.**

Variedad	Ambientes críticos (46)		Ambientes intermedios (46)		Ambientes favorables (40)		General (132)	
	kg ha <sup>-1</sup>	(%)	kg ha <sup>-1</sup>	(%)	kg ha <sup>-1</sup>	(%)	kg ha <sup>-1</sup>	(%)
Turquesa	1782	-	3010	-	4532	-	3043	-
Obsidiana	1698	-4.7	2465	-18.1	3726	-17.8	2579	-15.2
Karma	1696	-4.8	2570	-14.6	3814	-15.8	2641	-13.2
Menonita	1571	-11.8	2280	-24.3	3422	-24.5	2379	-21.8
Avemex	1330	-25.4	2262	-24.9	3006	-33.7	2163	-28.9
Papigochi	1245	-30.1	2015	-33.1	3025	-33.3	2053	-32.5
Teoporaca	1570	-11.9	2080	-30.9	2945	-35.02	2164	-28.9
Chihuahua	1276	-28.4	1712	-43.12	2647	-41.6	1846	-39.3
Ópalo	930	-47.8	1274	-57.67	1710	-62.2	1289	-57.6
Tukey (5%)	177	-20.6	222	-30.4	325	-32.6	139	-29.7

La mayor ventaja de Turquesa sobre las variedades testigo fue en ambientes favorables e intermedios de producción, en donde generalmente presentaron problemas de enfermedades como la roya del tallo, lo que reafirma su resistencia a esta enfermedad. Bajo condiciones de baja precipitación la mayor productividad de Turquesa sobre las variedades testigo fue de menor magnitud, sobre todo con respecto a Karma y Obsidiana, sin embargo, es notoria su ventaja sobre las otras variedades en ambientes en donde se registra la mayor superficie de avena sembrada en México.

En la Figura 3 se presenta el análisis de regresión para predecir el rendimiento de la variedad Turquesa y seis variedades testigo, en donde se observa que la mejor respuesta esperada la presentó Turquesa, debido a su media de rendimiento alta en ambientes limitantes y a su valor alto en la pendiente de regresión, lo que la alta y con mejor comportamiento a medida que se mejora la condición de producción. La variedad Obsidiana presentó mayor respuesta que Turquesa, sin embargo, la manera como Turquesa superó la mejor respuesta de Obsidiana, fue a través de su mayor potencial de rendimiento, lo que la permite superarla en ambientes favorables (Cuadro 1).



**Figura 3. Predicción de rendimiento de grano de Turquesa y variedades testigo.**

## Rendimiento de forraje

Se evaluó en 10 localidades la producción de forraje henificado de la variedad Turquesa. En el Cuadro 2 se observa que en promedio esta variedad presentó la mayor producción de forraje, con más de 11 ha<sup>-1</sup>, superando significativamente a las variedades testigo de referencia. En ese cuadro también se presentan los valores mínimos y máximos y el rango observado para cada variedad, en donde se observa que esta variedad expresó mayores ventajas en lugares en donde se registró menor producción de forraje, mientras que en ambientes favorables sus ventajas fueron menores. Su mayor ventaja en ambientes menos favorables para la producción de forraje se debe a que en estos hubo mayor incidencia de roya del tallo, en donde variedades como Chihuahua se vieron mayormente afectadas.

**Cuadro 2. Producción de forraje de la variedad Turquesa y variedades testigo en 10 ambientes de temporal.**

Variedad	kg ha <sup>-1</sup>		
	Promedio	Mínimo	Máximo
Turquesa	11 002	7 458 - 11 980	4 522
Karma	8 744	6 056 - 11 139	5 083
Cevamex	9 743	4 898 - 11 570	6 672
Obsidiana	9 985	5 836 - 11 654	5 818
Chihuahua	7 714	3 255 - 10 245	6 990

## Recomendaciones de producción

Turquesa es una variedad de avena con alto potencial de rendimiento de grano y con buena producción de forraje henificado o achicalado. Se recomienda para su siembra en ambientes críticos, intermedios y favorables de producción en las áreas temporaleras en donde se produce avena durante el verano. Se recomienda como la mejor opción en ambientes críticos junto con Karma, Avemex y Menonita, en ambientes intermedios junto con Obsidiana, Karma, Avemex y Menonita, y en ambientes favorables junto con Obsidiana, Avemex y Karma. También es adecuada, junto con Obsidiana y Avemex, para siembras de invierno para la producción de forraje verde o henificado en todos los estados en donde se produce este cereal.

## AGRADECIMIENTO

Investigación financiada con recursos fiscal del INIFAP a través del proyecto de investigación denominado: "Mejoramiento genético y liberación de variedades de avena para la producción de forraje y grano en México" con número de PRECI "2096030A".

## LITERATURA CITADA

- Leyva, M. S. G.; Espitia, R. E. Villaseñor, M. H. E. y Huerta, E. J. 2004. Pérdidas ocasionadas por *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* Eriks. y Henn., causante de la roya del tallo en seis cultivares de avena (*Avena sativa* L.) en los Valles Altos de México. Rev. Mex. Patol. 22(2) p. 166-171.
- Leyva, M. S. G.; Soto, A.; Espitia, R. E.; Villaseñor, M. H. E. y Huerta, J. 2005. Etiología e incidencia de la antracnosis de la avena (*Avena sativa* L.) en Michoacán, México. Rev. Mex. Fitopatol. 22:358-362.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR). 1997. Datos básicos del Sistema Nacional de Información Agropecuaria. México, D. F., México. 140 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2008. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP). México.
- Villaseñor, M. H. E; Espitia, R. E. and Márquez, G. C. 1998a. Cevamex nueva variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. INIFAP CIRCE-CEVAMEX. 16 p. (Folleto Técnico Núm. 12).
- Villaseñor, M. H. E.; Espitia, R. E. y Márquez, G. C. 1998b. Karma nueva variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. INIFAP CIRCE-CEVAMEX. 16 p. (Folleto Técnico Núm. 11).
- Villaseñor, M. H. E. y Espitia, R. E. 2000. Características de las áreas productoras de trigo de temporal: Problemática y condiciones de producción. In: Villaseñor, M. H. E. y Espitia, R. E. (eds.). El Trigo de temporal en México. Chapingo, Estado de México, México, SAGAR, INIFAP, Campo Experimental Valle de México. p. 85-98. (Libro Técnico Núm. 1).

- Villaseñor, M. H. E.; Espitia, R. E. y Huerta, E. J. 2003. El Campo Experimental Valle de México, estratégico en la producción nacional de avena: historia y aportaciones. *In: 60 años de investigación en el Campo Experimental Valle de México. INIFAP, CIRCE, CEVAMEX. Chapingo, Estado de México.* p. 17-30. (Publicación Especial Núm. 1).
- Villaseñor, M. H. E.; Huerta E. J.; González, G.; Leyva, R.; Salmeron, J.; Osorio, L.; Jiménez, C.; López, J.; Solís, E.; Cabañas, B. y Espitia, R. E. 2007. Estrategia en la selección de líneas avanzadas de avena por resistencia durable a roya del tallo. *XXXIV Congreso Nacional de Fitopatología y IX Congreso Internacional de Fitopatología. Cancún, Quintana Roo, México.* p. 72.
- Zillinsky, F. J. 1984. Guía para la identificación de enfermedades en cereales de grano pequeño. México. D. F. México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 141p.