

Jade: nueva variedad de avena para la producción de grano en siembras de temporal en México

Héctor Eduardo Villaseñor Mir¹
Eduardo Espitia Rangel¹
María Florencia Rodríguez García¹
Eliel Martínez Cruz^{1§}
Julio Huerta Espino¹
René Hortelano Santa Rosa¹
Leodegario Osorio Alcalá²

¹Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13.5, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, México. (villaseñor.hector@inifap.gob.mx; espitia.eduardo@inifap.gob.mx; rodriguez.maria@inifap.gob.mx; huerta.julio@inifap.gob.mx; hortelano.rene@inifap.gob.mx). ²Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca-INIFAP. Melchor Ocampo núm. 7, Santo Domingo, Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca, México. (osorio.leodegario@inifap.gob.mx).

§Autor para correspondencia: martinez.eliel@inifap.gob.mx.

Resumen

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, pone a disposición de los productores de avena de México la variedad 'Jade', que fue obtenida por su Programa de Mejoramiento Genético ubicado en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX). Jade se obtuvo a través de una cruce simple entre la línea 815A-129-72-CI-648/SR-CPX y la variedad Obsidiana, y su F₁ que se retrocruzó hacia la variedad, en la selección hacia homocigosis se aplicaron los métodos gravimétricos y familias masivas hasta obtener la línea experimental que se evaluó en 105 localidades en 12 estados de la república en condiciones de temporal de 2008 a 2012. Durante este periodo en JADE se registraron lecturas de roya del tallo de trazas (TR) a 20 MR, tipo de reacción de resistencia que superó a todas las variedades testigo. Su rendimiento de grano promedio fue de 3681 kg ha⁻¹ en ambientes favorables, 2 302 kg ha⁻¹ en ambientes intermedios y 1382 kg ha⁻¹ en ambientes críticos, superando a las once variedades testigos en cada condición. En base a su comportamiento agronómico y resistencia a roya del tallo, con la siembra de Jade se puede sustituir a las variedades Menonita, Avemex, Papigochi, Chihuahua, Cuauhtémoc y Ópalo, lo que permitirá incrementar en promedio 28% la productividad de avena en siembras de temporal. Por lo anterior, Jade formará parte del mosaico genético de variedades que INIFAP recomienda para siembra de temporal en México.

Palabras clave: *Avena sativa* L., ambientes de temporal, mayor rendimiento, tolerancia a roya del tallo.

Recibido: julio de 2019

Aceptado: agosto de 2019

En México durante 2017 la superficie sembrada con el cultivo de avena (*Avena sativa* L.) fue de 856 354 ha, figurando en el quinto lugar con mayor superficie sembrada de los cultivos en nuestro país. El 94% de la producción de avena fue en condiciones de temporal, 87% fue para la producción de forraje en verde, henificado o en grano, se sembró en 21 entidades y destacaron por su importancia Chihuahua, Durango, Zacatecas, Estado de México e Hidalgo (SIAP, 2017).

Una limitante en la producción del cultivo de avena de temporal es la pérdida en rendimiento causada por la enfermedad roya del tallo (*Puccinia graminis* f. sp. *avenae* E. y H.), que en variedades susceptibles llega al 70% (Leyva *et al.*, 2004) y además, ocasiona la obtención de forraje de mala calidad (Espitia *et al.*, 2012). Dado que su control químico es costoso por el número de aplicaciones necesarias, la forma más efectiva de reducir esas pérdidas es mediante la siembra de variedades resistentes o tolerantes a esta enfermedad (Villaseñor *et al.*, 2009a). Adicionalmente, la sequía es un problema importante en el cultivo de avena que cada vez se acentúa más en las siembras de temporal en las diferentes regiones productoras, de tal manera, que las variedades precoces y con buena respuesta al estrés hídrico es la estrategia más adecuada para disminuir las pérdidas (Villaseñor *et al.*, 2009b).

El mejoramiento genético de la avena en México, que ha sido responsabilidad del programa del INIFAP-CEVAMEX (Villaseñor *et al.* (2009b), se ha enfocado principalmente en la liberación de variedades que conjunten precocidad y tolerancia a la sequía y a la roya del tallo, así como mayor rendimiento de grano. Resultado del proceso de mejoramiento genético, el INIFAP pone a disposición de los productores de avena de México la nueva variedad Jade, para enfrentar la problemática biótica y abiótica de las zonas aveneras del país e incrementar su productividad. Jade se registró en el Catalogo de Variedades Factibles de Certificación del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas con el número AVE-020-290514.

Obtención de la variedad y características

La variedad de avena Jade fue obtenida por recombinación genética, selección y evaluación por el Programa de Mejoramiento Genético de Avena del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) con sede en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX).

La cruce se realizó durante el ciclo otoño-invierno 1998-1999 (O-I/1998-99) en Chapingo, Estado de México. (CEVAMEX), participando en su cruzamiento como progenitor hembra línea experimental 815A-129-72-CI-648/SR-CPX y como macho la variedad Obsidiana, en el ciclo primavera-verano de 1999 (P-V/1999) en el CEVAMEX su F₁ se retrocruzó con Obsidiana (F₁R). La semilla de su F₁R se sembró en el ciclo O-I/1999-2000 en el CEVAMEX y la población se cosechó masivamente. La generación F₂ también se evaluó en esa estación experimental del INIFAP durante el ciclo P-V/2000, en donde la población núm. 4537 se sembró bajo competencia, se cosechó masivamente y posteriormente se le aplicó selección por densidad y peso de grano (0C). En la generación F₃ sembrada en el CEVAMEX en el ciclo P-V/2001, se realizó selección individual de plantas (selección de la planta 5C) para derivar familias masivas en la generación F₄, la cual fue sembrada en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) en Roque, Guanajuato. Durante el ciclo otoño-invierno (O-I) de 2001-2002 y la familia se cosechó masivamente (0R); este procedimiento también se practicó en la generación F₅ en el CEVAMEX en el ciclo primavera-verano (P-V)/2002, donde también la familia se cosechó masivamente (0C).

La generación F₆ se evaluó nuevamente en el CEVAMEX en el ciclo P-V/2003, en donde se realizó selección individual de plantas (selección de la planta 2C) para derivar líneas en la generación F₇, semilla que fue sembrada en el CEBAJ en el ciclo O-I/2003-04 y la línea se cosechó masivamente (OR). En el ciclo P-V/2010 en la localidad de Coatepec, municipio de Ixtapaluca, Estado de México, se observó segregación en la línea experimental, por lo que se procedió hacer selección individual de 50 panículas, que fueron sembradas en el CEBAJ durante el ciclo O-I/2010-11, y en donde fue seleccionada masivamente la línea avanzada número 18 (18COAT-OR) que dio origen a Jade, la cual se identificó con los siguientes genealogía y pedigrí: 815A-129-72-CI-648/SR-CPX)/2*OBSI-4537-0C-5C-0R-0C-2C-0R-18COAT-0R.

La línea en 2006 formó parte del tercer vivero de selección de avena (3^{er}VISAVENA) y de 2007 a 2012 formó parte del séptimo al doceavo ensayo nacional uniforme de avena (7^oEUAVENA al 12^oEUAVENA). Lo anterior, permitió evaluarla hasta en 105 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. La nueva variedad Jade es de hábito de primavera, de ciclo vegetativo intermedio (107 días promedio a madurez fisiológica), con una altura de planta media (100 cm promedio), tolerante al acame y responde favorablemente en cualquier tipo de ambiente de producción bajo temporal.

Reacción a enfermedades

Durante su periodo de evaluación la variedad Jade fue resistente a moderadamente resistente a roya del tallo (*Puccinia graminis* f. sp. *avenae*), resistente a roya de la corona o de la hoja (*P. coronata*) y tolerante al complejo de enfermedades foliares causado por *Helminthosporium avenae* (mancha foliar), *Septoria avenae* f. sp. *avenae* (mancha foliar) y *Colletotrichum graminicola* (antracnosis).

En el Cuadro 1 se presenta la reacción a enfermedades de Jade y de las variedades testigo evaluadas de 2008 a 2012 bajo condiciones de temporal. Jade registró lecturas de roya del tallo de trazas de resistencia (TR) a 20% de infección de moderada resistencia (20MR), tipo de reacción que superó a todas las variedades testigo; Mariscal *et al.* (2011) reportan la evaluación ante 24 razas diferentes de roya del tallo de ocho de las variedades testigo contra las que se probó Jade y de acuerdo con sus resultados, se indica que la resistencia de Jade a roya del tallo posiblemente se deba a la acción conjunta de 2 a 3 genes de efectos aditivos.

Para el caso de roya de la corona o de la hoja, la nueva variedad también fue el genotipo con mayor resistencia, manifestando incidencias de trazas de resistencia (TR) a 10% de infección de resistencia (10R), superior a las variedades testigo Turquesa y Karma, las cuales presentaron incidencias hasta de 50% de susceptibilidad. La nueva variedad Jade igualó la tolerancia al complejo de enfermedades foliares de la mayoría de las variedades testigo y mostró mayor resistencia a estos patógenos que las variedades susceptibles Papigochi y Menonita.

La incidencia mayor del complejo de enfermedades foliares se presentó en localidades con precipitaciones superiores a los 600 mm, considerados en temporal como ambientes lluviosos para el cultivo de avena. Por su tolerancia a estas enfermedades, Jade es buena opción para recomendarse en este tipo de ambientes junto con Turquesa y Obsidiana, principalmente.

Cuadro 1. Características agronómicas y fitopatológicas de la nueva variedad Jade y variedades testigo en ambientes de temporal de 2008 a 2013.

Variedad	DAM	AP (cm)	Acame	RT	RC	Foliares
Jade	107	100	MR	TR a 20MR	TR a 10R	6/40 (T)
Turquesa	107	97	MR	5MR a 40MS	10R a 30MS	6/40 (T)
Obsidiana	108	97	MR	10MS a 60S	20MS a 70S	5/20 (T)
Karma	107	95	R	10MS a 50S	10R a 50S	6/40 (T)
Avemex	108	111	MS	20MS a 80S	20MS a 70S	6/40 (T)
Menonita	103	93	R	10MS a 80S	20MS a 70S	7/60 (MS)
Papigochi	106	92	MR	5MR a 70S	20MR a 70S	7/60 (MS)
Chihuahua	111	98	S	60S a 100S	50S a 100S	6/40 (T)
Cuauhtémoc	112	100	S	70S a 100S	30MS a 80S	6/40 (T)
Ópalo	115	107	S	70S a 100S	60S a 100S	6/30 (T)

DAM= días a madurez; AP= altura de planta; RT= roya del tallo; RC= roya de la corona; TR= trazas de resistencia; R= resistente; S= susceptible; MR= moderadamente resistente; MS= moderadamente susceptible; T= tolerante.

Potencial de rendimiento

En el Cuadro 2 se presenta la comparación de rendimiento de grano, así como el porcentaje de disminución de las variedades testigo con respecto a Jade. Esta nueva variedad promedio de las 105 evaluaciones presentó mayor rendimiento de grano promedio, con 2241 kg ha⁻¹, superando a las variedades testigo desde 4% (Turquesa) hasta 45% (Ópalo).

Cuadro 2. Rendimiento de grano y porcentaje de disminución de las variedades testigo respecto a la nueva variedad Jade en diferentes ambientes de temporal de 2007 a 2012.

Variedad	General (105)		AF (21)		AI (43)		AC (41)	
	(kg ha ⁻¹)	(%/J)	(kg ha ⁻¹)	(%/J)	(kg ha ⁻¹)	(%/J)	(kg ha ⁻¹)	(%/J)
JADE	2 241		3 681		2402		1 337	
Turquesa	2 144	-4	3 652	-1	2 203	-8	1 312	-2
Teporaca	2 036	-9	3 384	-8	2 138	-11	1 239	-7
Obsidiana	2 028	-10	3 332	-9	2 141	-11	1 242	-7
Karma	1 914	-15	3 205	-13	1 993	-17	1 171	-12
Menonita	1 804	-20	2 784	-24	1 925	-20	1 176	-12
Chihuahua	1 780	-21	2 706	-26	1 886	-21	1 196	-11
Papigochi	1 682	-25	2 746	-25	1 631	-32	1 191	-11
Diamante	1 658	-26	2 615	-29	1 700	-29	1 126	-16
Cuauhtémoc	1 554	-31	2 486	-32	1 621	-33	1 008	-25
Avemex	1 516	-32	2 450	-33	1 515	-37	1 041	-22
Ópalo	1 224	-45	2 057	-44	1 143	-52	883	-34
Tukey ($\alpha= 0.05$)	473	-22	908	-21	566	-25	390	-14

AF= ambientes favorables; AI= ambientes intermedios; AC= ambientes críticos; %/J= porcentaje de disminución respecto a la variedad Jade.

Los ambientes de producción en donde se evaluó se clasificaron en críticos con precipitación aproximada menor de 300 mm durante el ciclo de producción, en intermedios con precipitación aproximada de 300 a 500 mm y en favorables con precipitación aproximada mayor a 500 mm. Con base en dicha clasificación ambiental, Jade mostró rendimientos de 36 81 kg ha⁻¹, 2 402 kg ha⁻¹ y 1 337 kg ha⁻¹ en ambientes favorables, intermedios y críticos, respectivamente, superando a las 11 variedades testigos en cada una de las condiciones de producción señaladas.

El rendimiento promedio por tipo de ambiente de producción con respecto al promedio de los 11 testigos en cada uno, indica que Jade en ambientes favorables los superó 21%, en ambientes intermedios en 25% y en ambientes críticos en 14%, lo que en su momento sería un indicativo que Jade, por su mayor resistencia a roya del tallo, tiene más ventajas sobre las variedades testigo en los ambientes intermedios y en los favorables, en donde prevalecen condiciones adecuadas para la incidencia de la enfermedad. En los ambientes críticos por lo general prevalecieron condiciones de sequía, en donde también Jade mostró mejor respuesta que la mayoría de los testigos.

Es importante indicar que en general, la productividad de Jade fue considerablemente superior al de las variedades Menonita (20%), Chihuahua (21%), Papigochi (25%), Diamante (26%), Cuauhtémoc (31%), Avemex (32%) y Ópalo (45%), por lo que al sustituir tales variedades por la nueva variedad Jade, se logrará incrementar la productividad de avena en siembras de temporal 28% en promedio, con mayor impacto en ambientes donde se presenta mayor incidencia de roya del tallo.

Áreas de recomendación de producción

La nueva variedad Jade se recomienda para su siembra en ambientes críticos, intermedios y favorables de producción en las áreas de temporal en donde se produce avena durante el ciclo agrícola primavera-verano en los estados de Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Estado de México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Jalisco, Aguascalientes, Zacatecas, Durango y Chihuahua.

En general se recomienda como la mejor opción, junto con la variedad Turquesa, en cualquier ambiente de producción; es importante recomendar variedades con fondos genéticos diferentes para formar mosaicos genéticos que no permitan la evolución dinámica de las razas de roya del tallo, de tal manera que, junto con Jade y Turquesa, también se recomiendan las variedades Teporaca, Obsidiana y Karma. También Jade es recomendable, junto con Turquesa y Obsidiana, para siembras de otoño-invierno, en los estados en donde se produce este cereal.

Agradecimientos

Al INIFAP por el apoyo brindado a través del proyecto denominado: generación de tecnología para incrementar la productividad del cultivo de avena en la región centro de México.

Literatura citada

Espitia, R. E.; Villaseñor, M. H. E.; Tovar, G. R.; De la O Olán, M. y Limón, O. A. 2012. Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. *Revista Mex. Cienc. Agríc.* 3(4):771-783.

- 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. Fitopatol. 22(2):166-171.
- Mariscal, A. L. A.; Huerta, E. J.; Villaseñor, M. H. E.; Leyva, M. S. G.; Sandoval, I. J. S. y Benítez, R. I. 2011. Selección de genotipos de avena para la identificación de razas de roya del tallo. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 2(4):593-600.
- SIAP. 2017. Servicio de información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. www.siap.gob.mx.
- Villaseñor, M. H. E.; Espitia R. E.; Huerta E. J.; Osorio A. L. y López, H. J. 2009a. Turquesa, nueva variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. Agric. Téc. Méx. 35(4):487-492.
- Villaseñor, M. H. E.; Huerta, E. J.; Rodríguez; G. Ma. F.; Hortelano, S. R. R.; Martínez, C. E. y Espitia, R. E. 2009b. Programa nacional de mejoramiento genético de avena en México: historia y aportaciones. Reseña Histórica 66 años al servicio de México 1943-2009. SAGARPA-INIFAP-CIRCE-CEVAMEX. 33-43 pp.