

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL

LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

Participación en el programa generaciones de variedades de avena para incrementar productividad en México

Prestador de servicio social:

Enrique López Ventura

Matrícula: 2202031643

Asesores:

Interno: Dorys Primavera Orea Coria

Externo: Dr. Héctor Eduardo Villaseñor Mir

Lugar:

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Km. 13.5

Carr. Los Reyes-Texcoco, Coatlinchán, Texcoco, México. C. P. 56250.

Periodo de realización: 3 de Julio al 3 de diciembre

Índice

- Resumen
- Introducción
- Marco Teórico
- Objetivo General Y Objetivo Especifico
- Metodología Utilizada
- Actividades realizadas
- Objetivos y metas alcanzadas
- Resultados, Discusión y conclusiones
- Recomendaciones
- Literatura citada

Resumen:

El cultivo de avena es un cereal con gran importancia, puesto que se recomienda cuando ya no es rentable sembrar maíz, trigo, cebada o frijol, o cuando éstos se siniestran. En México, la superficie dedicada al cultivo de avena aumentó de 500 mil a más de 900 mil hectáreas de 1995 al 2020, entre otras causas, debido a su adaptabilidad desde climas semiáridos hasta parte altas y lluviosas. En México el cultivo de avena se siembra en un 85 % bajo condiciones de temporal y su producción se destina en un 75 % como forraje. Con estas variedades se mitigó en parte el problema de la roya del tallo, lo que permitió incrementar el rendimiento. En 1962 se realizaron las primeras cruces y en 1967 se obtuvieron las primeras variedades mexicanas, Chihuahua y Cuauhtémoc, que fueron sobresalientes durante dos décadas, sin embargo, actualmente son muy susceptibles a royas. En 1985, con la creación de INIFAP, el CAEVAMEX cambia su nombre a Campo Experimental Valle de México las líneas generadas evaluarlas en ensayos nacionales en años y localidades contrastadas en temporal, ya que en estas condiciones se sembraba el 80% de la superficie, durante la participación en este programa de mejoramiento se observó la creación de diferentes familias que fueron muy resistentes a la roya del tallo de las cuales se obtendría material para seguir generando familia que sean más resistentes ante el daño de la roya

Introducción

El cultivo de avena es un cereal con gran importancia, puesto que se recomienda cuando ya no es rentable sembrar maíz, trigo, cebada o frijol, o cuando éstos se siniestran. En México, la superficie dedicada al cultivo de avena aumentó de 500 mil a más de 900 mil hectáreas de 1995 al 2020 (SIAP, 2023), entre otras causas, debido a su adaptabilidad desde climas semiáridos hasta parte altas y lluviosas. Es uno de los alimentos más completos ya que contiene importantes nutrientes, vitaminas y minerales que aporta a la salud humana (Zamudio *et al.*, 2023).

El incremento de su superficie se debe a la adaptabilidad de las variedades generadas por el INIFAP; se han puesto a disposición de los agricultores 31 variedades que han sido el pilar de la producción (Villaseñor *et al.*, 2021). Sin embargo, así como ha evolucionado el mejoramiento para generar variedades como Karma, Obsidiana o Turquesa que bajo condiciones de temporal han rendido más de 7 t ha⁻¹ de grano, también las razas de royas han evolucionado para tornar susceptibles a las variedades (Villaseñor *et al.*, 2023), de tal manera que el mejoramiento genético debe ser un continuo para generar más variedades de avena resistentes a la enfermedad, ya que el control genético es la mejor manera de controlarla (Huerta *et al.*, 2022).

En los Valles Altos de México, la avena se cultiva principalmente en condiciones de temporal, y una de las principales limitantes en su producción es la enfermedad conocida como de roya del tallo causada por *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* Eriks. y Henn. En México es la enfermedad que más afecta la producción de avena, ya que puede disminuir el rendimiento del cultivo hasta en un 70% (Huerta *et al.*, 2022). Es la más devastadora del cultivo y tiene un rango de adaptación climática muy amplio. El método más efectivo de control de esta enfermedad es mediante la siembra de variedades resistentes (Huerta *et al.*, 2022). No obstante, el patógeno tiene la capacidad de evolucionar hacia razas más virulentas, que vencen la resistencia de las variedades liberadas, por lo que el constante mejoramiento genético de avena bajo condiciones de temporal es muy importante (Villaseñor *et al.*, 2019).

Marco Teórico:

En México el cultivo de avena se siembra en un 85 % bajo condiciones de temporal y su producción se destina en un 75 % como forraje. En los últimos 25 años ha incrementado su área sembrada de aproximadamente 500 mil a cerca de 900 mil hectáreas (SIAP, 2023), debido a que es un cereal con buena adaptabilidad tanto a zonas altas, frías y lluviosas, como en ambientes semiáridos, y es buena alternativa cuando los cultivos de maíz, frijol, trigo o cebada se siniestran por sequía o heladas tempranas (Villaseñor *et al.*, 2018), de tal manera que es una excelente opción para la reconversión productiva de tierras de baja productividad en las regiones temporales en donde estación de crecimiento es corta (Leyva *et al.*, 2018), ya que es una fuente importante de alimento para la industria pecuaria, por ejemplo, en el año 2022 el 93.5% de la superficie cosechada se destinó para el consumo en forraje verde o enificado (SIAP, 2022).

La superficie sembrada de avena en México se ha incrementado en los últimos veinte años, lo que refleja una creciente importancia de este cultivo para el país. La avena es la especie más empleada para la reconversión productiva de las tierras de baja productividad, donde la estación de crecimiento es corta y el cambio climático requiere la siembra de especies poco demandantes de agua y de reducido ciclo biológico. Además, el cultivo de la avena presenta buena adaptabilidad a zonas altas, frías, lluviosas y a ambientes semiáridos; en regiones a más 1800 msnm, es una alternativa apropiada cuando los cultivos de maíz, frijol, trigo o cebada se ven afectados por sequías prolongadas o por heladas tempranas (Villaseñor *et al.*, 2018). La principal limitante en la producción de este cultivo es la roya del tallo (*Puccinia graminis* f. sp. *avenae* Eriks. y Henn.), la cual puede causar pérdidas de hasta 70% en variedades susceptibles (Villaseñor *et al.*, 2018). Como consecuencia, el forraje obtenido de plantas dañadas por esta enfermedad es de mala calidad para el ganado. De acuerdo con Villaseñor *et al.* (2018), el método más efectivo de control de esta enfermedad en avena es mediante la siembra de variedades resistentes. No obstante, el patógeno tiene la capacidad de evolucionar hacia razas más virulentas, que vencen la resistencia de las variedades liberadas, por lo que el constante mejoramiento genético de avena bajo condiciones de temporal es crucial (Villaseñor *et al.*, 2019).

En el año de 1960, se inicia el mejoramiento genético de avena en México en el Campo Agrícola Experimental Valle de México (CAEVAMEX), con la introducción de una colección mundial de variedades; fruto de esos esfuerzos, se logró poner a disposición a los productores la variedad Nodaway, la cual se recomendó para temporal en los Valles Altos de México y Norte del país. Se introdujeron más viveros y se liberaron las variedades AB-177, Saia y Ópalo en 1964, Putnam 61 en 1965 y Perla en 1967. Con estas variedades se mitigó en parte el problema de la roya del tallo, lo que permitió incrementar el rendimiento. En 1962 se realizaron las primeras cruces y en 1967 se obtuvieron las primeras variedades mexicanas, Chihuahua y Cuauhtémoc (Jiménez en 1992, citado por Villaseñor *et al.*, 2021), que fueron sobresalientes durante dos décadas, sin embargo, actualmente son muy susceptibles a royas.

En 1985, con la creación de INIFAP, el CAEVAMEX cambia su nombre a Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) y éste hasta la fecha está al frente del mejoramiento de avena en México. A fines de los 80's se consolidan las estrategias en el mejoramiento, por ejemplo: 1) utilizar como progenitores líneas generadas por el programa y recombinarlas con germoplasma introducido en los viveros internacionales; 2) realizar cruces simples

y triples, y en casos específicos retrocruzas; 3) rotar el segregante en O-I y P-V en ambientes contrastado; 4) utilizar en la selección de segregantes el método gravimétrico, a través del flotado de semilla; 5) en P-V evaluar el segregante en localidades idóneas para la incidencia severa de roya del tallo; y 6) las líneas generadas evaluarlas en ensayos nacionales en años y localidades contrastadas en temporal, ya que en estas condiciones se sembraba el 80% de la superficie. A mediados de los 90's se registraron incrementos en la superficie de avena a nivel nacional; en 1996 se sembraron 460 mil ha y el 85% se destinó para forraje, de tal manera que a fines de los 90's se trabajó en el aumento en la producción de forraje vía mayor producción de grano, ya que éste mejoraba la calidad forrajera. En el 2002 se retoma el Ensayo Uniforme de Avena (EUAVENA), que se evaluó hasta en 30 ambientes de temporal de Oaxaca hasta Chihuahua. En el 2003 y 2005 se liberan Obsidiana y Turquesa, respectivamente, que se caracterizaron por su alto rendimiento de grano, llegando a producir en temporales lluviosos hasta 8 t ha⁻¹ y con una relación paja: grano de 58:42. La roya del tallo ha sido el principal problema fitopatológico en el mejoramiento de avena, ya el hongo muestra gran variabilidad patogénica en México, por ejemplo, Zamudio et al. (2023) reporta que de muestras colectadas en siembras comerciales de temporal en los Valles Altos de México identificó 62 razas fisiológicas. Gracias al mejoramiento genético, actualmente se dispone de líneas avanzadas con resistencia a diversas razas, debido a la acumulación de genes menores. En el 2021 el programa cumple 61 años de mejoramiento genético, con 122 generaciones de recombinación y selección y ha liberado 33 variedades, 18 de ellas como INIFAP. De 1985 al 2019, se ha incrementado el área sembrada de avena aproximadamente 500 mil a 900 mil has, gracias a la buena productividad de las variedades, dentro de las que destaca Turquesa que en los últimos 12 años se ha sembrado en 540 mil ha arrojado un beneficio de \$1,350 millones. En síntesis, prácticamente el 100 % de la producción de avena en México durante las últimas cinco décadas se ha logrado con las contribuciones del programa de mejoramiento genético del INIFAP, que debe ubicarse entre los más exitosos del instituto.

Objetivo General Y Objetivo Específico:

Objetivo General:

Participar durante el ciclo P-V/2024 en 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), con especial énfasis en la etapa de selección en generaciones de segregación.

Objetivos específicos:

- Evaluar y seleccionar entre y dentro poblaciones segregantes en las generaciones F2 y F3.
- Evaluar y seleccionar entre y dentro familias segregantes en las generaciones F4 y F5.
- Evaluar y seleccionar entre y dentro familias F6 y derivar líneas uniformes.

Metodología Utilizada

En el Programa de Mejoramiento Genético de Avena, tradicionalmente se han manejado los genotipos bajo el esquema de dos ciclos por año, una en el ciclo P-V y otro en el ciclo O-I, lo que ha permitido agilizar el proceso de formación y liberación de las variedades mexicanas que el INIFAP ha puesto a disposición de los productores. El esquema de investigación del programa se basa en cuatro fases importantes que deben ser consideradas en la

formación de variedades en especies autógamas y que son a) evaluación y clasificación de progenitores, b) recombinación genética, c) selección en generaciones segregantes y d) evaluación de las líneas (Villaseñor *et al.*, 2021). Un aspecto importante por considerar es el tiempo requerido para generar una variedad de avena, desde el cruzamiento inicial hasta su liberación, ya que bajo los esquemas tradicionales se requiere aproximadamente hasta 10 años, si se trabajan dos ciclos agrícolas por año.

La fase que se trabajará en el presente proyecto corresponde a la fase c) Selección de generaciones segregantes que se realizará durante el ciclo primavera-verano 2024 (P-V/2024). Durante este ciclo se evaluarán las generaciones segregantes de F2 a F6, (Cuadro 1). El establecimiento de las parcelas se realizará durante el mes de julio en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en terrenos de El Horno (19° 29´ 21.82"N, 98° 53´ 46.99"O) ubicado en Chapingo, Estado de México. Las generaciones (F2 a F6), se evaluarán cualitativamente por incidencia y severidad de roya del tallo, roya de la hoja y enfermedades foliares, además de tipo agronómico de la planta. Su evaluación continuará en ciclos posteriores para seleccionar líneas que cuenten con las características antes mencionadas, mismas que serán establecidas en viveros de selección y ensayos uniformes de rendimiento para de ahí obtener líneas candidatas y posteriormente la liberación de nuevas variedades.

En el Cuadro 1 se presenta la relación del germoplasma segregante que se evaluará durante el ciclo P-V/2024 y a continuación se indica el manejo de cada una de las generaciones referidas.

Cuadro 1. Material segregante para evaluar durante el ciclo PV/2024

Generación	Entradas
F2 Poblaciones	42
F3 Poblaciones Masivas	39
F3 Familias	851
F4 Familias	155
F5 Familias	594
F6 Individual	724

Poblaciones F2. En esta generación se van a evaluar poblaciones producto de las cruza simples que se realizaron en el ciclo Primavera-verano del 2023 (P-V/2023) entre un grupo de progenitores que estuvieron formados por variedades y líneas avanzadas. Las cruza se avanzaron en la generación F1 en el ciclo Otoño-invierno del 2023-24 (O-I/2023-24) realizándose selección Inter poblacional, cosechándose masivamente las poblaciones seleccionadas. Se sembrarán a semilla espaciada para tener plantas individuales y realizar selección entre y dentro

de poblaciones. Las poblaciones se establecerán, evaluarán y seleccionarán durante el ciclo P-V/2024 en el CEVAMEX.

Poblaciones Masivas F3. En esta generación se van a evaluar poblaciones producto de las cruzas simples y triples que se realizaron en el ciclo O-I/2022-23; las recombinaciones en su generación F1 se avanzaron en el ciclo P-V/2023, en donde se realizó selección interpoblacional y se cosecharon masivamente las seleccionadas. Estas poblaciones se evaluaron y seleccionaron en su generación F2 durante el ciclo O-I/2023-24, en donde también se realizó selección interpoblacional y fueron cosechadas masivamente las poblaciones seleccionadas. Las 39 Poblaciones Masivas F3 se sembrarán a semilla espaciada para tener plantas individuales y realizar selección entre y dentro de poblaciones. Las poblaciones se establecerán, evaluarán y seleccionarán durante el ciclo P-V/2024 en el CEVAMEX.

Familias F3. En esta generación se van a evaluar familias producto de cruzas simples y triples que se realizaron en el ciclo P-V/2022. Su generación F1 se avanzó en el ciclo O-I/2022-23 y en su generación F2, sembrada y evaluada en el ciclo P-V/2023, se realizó selección entre y dentro de poblaciones para cosechar plantas individuales que se están convirtiendo en familias en la generación F3. En esta generación se van a evaluar 851 familias provenientes de cruzas F2 en donde fueron seleccionadas de 14 hasta 46 plantas en cada una. Las familias se sembrarán a semilla espaciada para tener plantas individuales y realizar selección entre y dentro de familias. Es importante indicar que esta generación se manejará bajo los principios de la selección de Familias Masivas, de la tal manera que se realizará selección entre y dentro de las familias y a diferencia del método genealógico o de pedigrí, las selecciones dentro de familia se cosecharán en masa para convertirse precisamente en Familias Masivas. Las familias se establecerán, evaluarán y seleccionarán durante el ciclo P-V/2024 en el CEVAMEX.

Familias F4. En esta generación se van a evaluar familias producto de cruzas simples que se realizaron en el ciclo O-I/2022. Su generación F1 se avanzó en el ciclo P-V/2022, su generación F2 se avanzó masivamente (con selección entre poblaciones) en el ciclo O-I/2022-23 y su generación F3 se evaluó en el P-V/2023, en donde se realizó selección entre y dentro de poblaciones para cosechar plantas individuales que se están convirtiendo en familias en la generación F4. En esta generación las familias provinieron de cruzas entre progenitores introducidos en su mayoría susceptibles a roya del tallo, se recombinados con líneas avanzadas resistentes a la enfermedad; en la segregación predominó de susceptibilidad, razón por la cual el número de familias a evaluar es bajo, sólo 155, generadas de selecciones por crusa que variaron de 6 a 12 plantas. Las familias se sembrarán a semilla espaciada para tener plantas individuales y realizar selección entre y dentro de familias. Como ya se indicó en las Familias F3, el germoplasma se manejará bajo los principios de la selección de Familias Masivas. Las familias se establecerán, evaluarán y seleccionarán durante el ciclo P-V/2024 en el CEVAMEX.

Familias F5. En esta generación se van a evaluar familias producto de cruzas simples y triples que se realizaron en el P-V/2021. Su generación F1 se avanzó durante el ciclo O-I/2021-22, su generación F2 en el ciclo P-V/2022 se evaluó a planta espaciada para realizar selección entre y dentro de poblaciones y realizar selección de plantas

individuales, su generación F3 se evaluó en el O-I/2022-23 como familias masivas en donde se realizó selección entre familias, la generación F4 se evaluó en el ciclo P-V/2023 en donde se realizó selección entre y dentro de familias para cosechar plantas individuales que se están convirtiendo en familias en la generación F5. En esta generación las familias provinieron de cruza entre variedades y líneas elite con resistencia a roya del tallo, de tal manera que el número de familias masivas a evaluar, en comparación con la Familias F4, es relativamente alto. Las familias se sembrarán a semilla espaciada para tener plantas individuales y realizar selección entre y dentro de familias. Las Familias F5 desde su generación F3 se han manejado bajo los principios de la selección de Familias Masivas. Las familias se establecerán, evaluarán y seleccionarán durante el ciclo P-V/2024 en el CEVAMEX.

F6 Individual. En esta generación se van a evaluar surcos uniformes que se convertirán en líneas uniformes. Esta generación F6 es producto de cruza simples y triples que se realizaron en el O-I/2020-21. Su generación F1 se avanzó durante el ciclo P-V/2021, su generación F2 se avanzó masivamente en el ciclo O-I/2021-22, su generación F3 se evaluó a planta espaciada en el ciclo P-V/2022 en donde se realizó selección entre y dentro de poblaciones y realizar selección de plantas individuales, su generación F4 se evaluó en el O-I/2022-23 como familias masivas en donde se realizó selección entre familias, la generación F5 se evaluó en el ciclo P-V/2023 en donde se realizó selección entre y dentro de familias para cosechar plantas individuales que se están convirtiendo en surcos uniformes en la generación F6. En esta generación los surcos uniformes se sembrarán bajo condiciones de competencia en parcelas de 2 surcos de un metro de largo y espaciados a 30 cm, para evaluar el comportamiento de los genotipos bajo las condiciones reales de competencia para evaluar tipos agronómico y potencial de rendimiento. Los surcos uniformes se establecerán, evaluarán y seleccionarán durante el ciclo P-V/2024 en el CEVAMEX y es importante indicar que los genotipos seleccionados formarán parte durante el ciclo P-V/2025 de la Prueba Preliminar de Rendimiento (PPR) primera evaluación de las líneas derivadas en diversas localidades de temporal.

Actividades realizadas

- Formalizar ante la Institución el Servicio Social y elaborar el Proyecto y /o Protocolo de Investigación
- Siembra generaciones segregantes
- Aclareo en las generaciones segregantes
- Manejo agronómico
- Selección agronómica
- Selección agronómica y fitopatológica
- Cosecha de plantas individuales y de familias masales seleccionadas
- Inoculación de experimentos en el LANARET
- Colecta de roya en plantas inoculadas para su aumento

Objetivos y metas alcanzadas:

Durante mi servicio participe en la generación de nuevas variedades de avena, ayude en la selección y en la evaluación de las diferentes familias de avenas tanto en campo como en laboratorio donde se evaluó en condiciones controladas la susceptibilidad o la resistencia de las avenas mediante la inoculación de royas colectadas en las parcelas en campo

Resultados y Discusión:

En el Cuadro 2 se muestran las generaciones que se obtuvieron en el ciclo 2024, Las poblaciones se cosecharon y seleccionaron en campo las mejores plantas que cumplieron con los estándares para hacer una nueva generación.

Poblaciones F2. Se evaluaron 49 poblaciones; se realizó selección inter e interpoblacional, se seleccionaron de 15 a 40 plantas por panícula cosechadas en masa, de la cuales se seleccionaron al final del ciclo 41 poblaciones masales que se destinarán para su evaluación en la generación F3 como poblaciones masales.

Poblaciones masivas F3. Se evaluaron 39 poblaciones masivas F3; se realizó selección inter e interpoblacional, se seleccionaron en campo de 12 a 43 panículas cosechadas en masa de la cuales en la selección por grano se obtuvieron 30 poblaciones masales para la población masal F4.

Familias F4. Se sembraron en camp 851 familias masales en donde se realizó selección inter e intra familiar; en total se seleccionaron 381 plantas y de las que se obtuvieron 304 plantas individuales para su avance generacional.

Familias F5. Se sembraron en campo 594 familias, en donde se realizó selección inter e intra familiar de las cuales se cosecharon 392 plantas individuales; de éstas se seleccionaron 347 que provienen de cruza de familias que obtuvieron resistencia a la roya del tallo

Plantas F6. se establecieron en campo 744 plantas de las cuales se cosecharon 260 líneas individuales, de estas se seleccionaron 202 líneas para la prueba preliminar de rendimiento.

Debido a la selección de las diferentes familias que se evaluaron en este ciclo y que fueron seleccionadas por su resistencia a la roya del tallo se ha logrado obtener plantas que han presentado resistencia la roya del tallo ayudando a reducir los costos que tienen los productores de avena causados por los daños de la roya del tallo.

Cuadro 2. Material segregante evaluado durante el ciclo PV/2024

Generación	Entradas	Selecciones campo	Selección por grano (Final)
F2 Poblaciones	49 selección inter poblacional e intra poblacional	43 (15 a 40 panículas/planta) cosechadas en masa	41 poblaciones masales para F3
F3 Poblaciones Masivas	39	33 (12 a 43 panículas/planta) cosechadas en masa	30 poblaciones masales para F4

	selección inter poblacional e intra poblacional		
F3 Familias	851 selección inter familiar e intra familiar	381 plantas individuales	304 plantas individuales
F4 Familias	155 selección inter familiar e intra familiar	100 plantas individuales	93 plantas individuales
F5 Familias	594 selección inter familiar e intra familiar	392 plantas individuales	347 plantas individuales
F6 Individual	744 selección inter líneas	260 líneas individuales	202 líneas para PPR

Conclusiones:

Durante este ciclo comprendí los diferentes procesos y acciones que se debe de realizar para generar plantas resistentes ante una enfermedad tanto en campo como en condiciones controladas, en este proyecto de mejoramiento se lograron generar múltiples plantas resistentes a la roya del tallo de las cuales se obtuvo semilla que podría ser usada para usarse en los próximos ciclos de mejoramiento genético.

Recomendaciones:

El presente trabajo de investigación puede ser un primer paso en la investigación sobre la generación de nuevas variedades resistentes a la roya y aumentar las familias que se generarían para su evaluación y hacerlo en mas lugares con diferentes condiciones para observar el comportamiento que tendrían las diferentes familias.

Literatura citada:

1. Zamudio, C. A., Huerta, E. J., Espitia, R. E., Hortelano, S. R. R., Sandoval, I. J. S. y Villaseñor M. H. E. 2023. Identificación de razas fisiológicas de *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* Erickss & Henninh causing oat (*Avena sativa* L.) en los Valles altos de México. Fitotec. Mex. Vol. 46 (4). p. 409-417. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.4.409>. Artículo Científico.
2. Villaseñor M. H. E., Rodríguez G. M. F., Hortelano S. R. R., Espitia R. E. y Martínez C. E. 2021. Mejoramiento genético de avena en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Pub. Esp. Núm. 25. 21-25p.
3. Huerta E. J., Ramírez R. E. E., Leyva M. S. Villaseñor M. H. E., Hortelano S. R. R., Martínez C. E. y Rodríguez G. M. F. 2022. Evaluación de la resistencia de genotipos de avena a roya del tallo (*Puccinia graminis* f. sp. *avenae*). Revista Mexicana de Fitopatología Online. 40(2): p. 221-229. DOI: <https://doi.org/10.18781/R-MEX-FIT.2202-1>.

4. Villaseñor M. H. E., Espitia R. E., Huerta E. J., Osorio A. L., Hortelano S. R. R., Martínez C. E. y Rodríguez G. M. F. 2018. Ágata: nueva variedad de avena (*Avena sativa* L.) para la producción de grano en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* volumen 9 número 5 30 de junio - 13 de agosto, 2018. Pp. 1083-1088. Nota Científica.
5. Villaseñor M. H. E., Hortelano S. R. R., Huerta E. J., Martínez C. E., Espitia R. E. y Osorio A. L. 2023. Rubí: nueva variedad de avena para siembras de temporal en México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 46 (3): 335-338.
6. Villaseñor M. H. E., Espitia R. E., Rodríguez G. M. F., Martínez C. E., Huerta E. J., Hortelano S. R. R., Osorio A. L. 2019. Jade: nueva variedad de avena para la producción de grano en siembras de temporal en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* volumen 10 número 5, 30 de junio al 13 de agosto de 2019. pp. 1183-1188. Nota Científica.
7. Leyva, M, S, G, Villaseñor M, H, E, Camacho T, M; Ávila Q, G, D; García L, E; Tovar, P, J, M. 2018. Respuesta de genotipos de avena a la infección por *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* en los Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 9 Núm. 2. 317-328 p. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1074>.
8. Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP). 2022. Resumen nacional de avances agrícolas por estado. Producción anual. Cierre de la producción agrícola por cultivo. www.siap.gob.mx.
9. Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP). 2023. Resumen nacional de avances agrícolas por estado. Producción anual. Cierre de la producción agrícola por cultivo. www.siap.gob.mx. (Consulta: Julio 2023).