

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFFECTO DE TRINEXAPAC-ETIL SOBRE EL COMPORTAMIENTO
AGRONÓMICO Y CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA
EN TRITICALES FORRAJEROS

Tesis

Que presenta BRENDA JANINE MOLINA IBÁÑEZ
como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

Saltillo, Coahuila

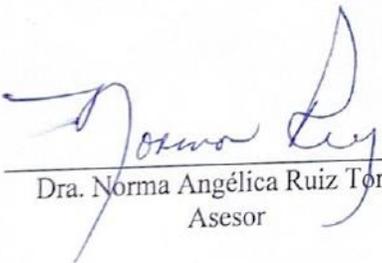
Junio 2021

EFFECTO DE TRINEXAPAC-ETIL SOBRE EL COMPORTAMIENTO
AGRONÓMICO Y CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA
EN TRITICALES FORRAJEROS

Tesis

Elaborada por BRENDA JANINE MOLINA IBÁÑEZ como requisito parcial para
obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO con la
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría


Dr. Alejandro Javier Lozano del Río
Asesor Principal


Dra. Norma Angélica Ruiz Torres
Asesor


Dr. Froylán Rincón Sánchez
Asesor


Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Subdirector de Postgrado
UAAAN

Saltillo, Coahuila

Junio 2021

Agradecimientos

A Dios por permitirme llegar hasta aquí, por todos mis aprendizajes y por no soltarme de su mano en ningún momento.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada para que pudiera realizar mis estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por recibirme para realizar mis estudios desde mi Ingeniería hasta postgrado.

Al Dr. Alejandro Javier Lozano por ser mi asesor principal de tesis y siempre brindarme apoyo y compartirme de sus conocimientos.

A la Dra. Norma Angélica Ruiz Torres por su gran aportación en laboratorio y dedicación en el presente trabajo.

Al Dr. Froylán Rincón Sánchez, por formar parte de mi comité de asesoría y brindarme sus conocimientos en el presente trabajo de investigación, así como en las materias impartidas.

A mis amigas Silvia y Deniss por siempre apoyarme en mi postgrado y la amistad brindada dentro y fuera de institución.

Dedicatorias

A mis padres Anita y Eduardo, a ellos que me inculcaron valores y me ayudaron a salir adelante siempre sin desistir y perseguir cualquier meta. A mi madre que siempre trabajó sin cesar para mí y para mis estudios y a ti papá que estas en el cielo y me diste siempre lo mejor de ti.

A mis hermanas Luisa y Adamary por siempre estar para mí en cada uno de mis pasos, por enseñarme lo que es el amor y lealtad.

A Zoémy, gracias por ser mi motor de vida y mi fortaleza para cada uno de mis pasos, por enseñarme tanto desde pequeña. Cada logro siempre será para ti. A ti mi **Lía** que eres también mi fuerza y la enseñanza de lo que es el amor grande y puro.

A Saúl Neftalí, por apoyarme siempre en mis sueños y en cada paso que doy, gracias por impulsarme a salir adelante.

Índice general

	Pág.
Lista de Cuadros.....	vii
Lista de Figuras	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Origen del triticale.....	4
Importancia del triticale	5
Acame	6
Reguladores de crecimiento	7
Calidad en semillas	9
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Material genético.....	11
Ambientes de evaluación	11
Diseño experimental.....	11
Siembra de campo	12
Riego	12
Regulador de crecimiento	12
Rendimiento (REND y peso hectolitrico (PH)).....	12
Caracterización morfológica de plantas	13
Biomasa seca total por área de parcela cosechada (BS)	13
Altura de planta (AP).....	13
Longitud de entrenudos (LENT).....	13
Grosor de entrenudos (GENT).....	13
Granos por espiga (GESP).....	14
Calidad fisiológica de semilla	14
Análisis de la información	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17

Análisis de varianza por genotipos	17
Análisis de varianza por grupos de hábito de crecimiento.....	28
CONCLUSIONES	38
REFERENCIAS	39
ANEXOS.	44
Anexo 1. Comparación de medias por genotipo para la variable rendimiento de grano.	44
Anexo 2. Comparación de medias por genotipo para la variable altura de planta.....	45
Anexo 3. Comparación de medias por genotipo para la variable granos por espiga.	47
Anexo 4. Comparación de medias por genotipo para vigor.....	48
Anexo 5. Comparación de medias para porcentaje de germinación por genotipo.	50

Lista de Cuadros

	Pág.
Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de ensayos en campo y caracteres morfológicos de triticale.....	17
Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables relacionadas con la calidad de semilla, evaluadas en laboratorio en 2020.	19
Cuadro 3. Comparación de medias de triticale en dos localidades de evaluación en 2020.....	20
Cuadro 4. Comparación de medias de tratamientos aplicados a los genotipos de triticale evaluados en dos localidades en 2020.	22
Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables longitud y grosor de entrenudos evaluados en dos localidades en 2020.	25
Cuadro 6. Comparación de medias de localidades en la evaluación de genotipos de triticale para longitud y grosor de entrenudos en 2020.....	26
Cuadro 7. Comparación de medias de tratamientos en la evaluación de genotipos de triticale para longitud y grosor de entrenudos en 2020.	27
Cuadro 8. Cuadrados medios del análisis de varianza para genotipos de triticale agrupados por hábitos de crecimiento evaluados en dos localidades en 2020.....	28
Cuadro 9. Comparación de medias de grupos en la evaluación de genotipos de triticale para diferentes hábitos de crecimiento evaluados en dos localidades en 2020.....	30
Cuadro 10. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables longitud y grosor de entrenudos de genotipos de triticale agrupados por hábitos de crecimiento en 2020.....	32
Cuadro 11. Comparación de medias de genotipos de triticale para longitud y grosor de entrenudos en 2020.....	34

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Comportamiento de la variable rendimiento de grano en la interacción de tratamientos x grupos	35
Figura 2. Comportamiento de la variable altura de planta en la interacción localidades x tratamientos x grupos.	37

RESUMEN

EFFECTO DE TRINEXAPAC-ETIL SOBRE EL COMPORTAMIENTO
AGRONÓMICO Y CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA
EN TRITICALES FORRAJEROS

POR

BRENDA JANINE MOLINA IBÁÑEZ
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DR. ALEJANDRO JAVIER LOZANO DEL RIO –ASESOR–

Saltillo, Coahuila

Junio 2021

RESUMEN

El triticale (*Triticosecale* Wittmack), es un cereal producto de la cruce de trigo con centeno, se caracteriza por ser un cultivo con buena producción de forraje, y grano con un alto valor nutricional y resistente a enfermedades. El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la aplicación de Trinexapac-etil en el comportamiento agronómico y producción de semilla de calidad en triticale. Se evaluó el efecto de Trinexapac-etil en 45 genotipos de triticale de diferente hábito de crecimiento, en dos localidades (Matamoros, Coahuila y Aldama, Chihuahua). El regulador de crecimiento fue aplicado en la dosis más alta recomendada para trigo (800 ml/ha); la etapa de aplicación se realizó cuando el tallo principal alcanzó de uno a dos nudos. Se determinó el rendimiento de semilla y el peso hectolitrico, en ambas localidades. En laboratorio se determinaron las variables de biomasa seca (BM), altura de planta (AP), longitud de entrenudos (LENT), grosor de entrenudos (GENT) y granos por espiga (GESP). La calidad fisiológica de semillas se determinó en laboratorio, evaluando vigor, germinación (GERM), peso seco de plántula (PS), longitud de plúmula (LP) y longitud de radícula (LR). En el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre localidades y entre tratamientos. La localidad de Matamoros, Coahuila mostró mayor rendimiento, con una media de 4.03 t ha^{-1} , siendo superior por un 19 %, y con mayor peso hectolitrico (1 %), en la localidad de Aldama. El rendimiento para tratamientos resultó superior en el testigo con 22 %, comparado con la aplicación del regulador de crecimiento, así como la variable altura de planta, siendo 22 % superior, por consecuencia se obtuvo mayor biomasa seca (9 %) en el tratamiento sin la aplicación del regulador de crecimiento. Para las variables vigor de germinación y germinación, los porcentajes más altos 86 y 87 % respectivamente, se observaron en el testigo, siendo superiores por 6 y 5 % respectivamente al tratamiento con Trinexapac-etil. La longitud de entrenudos y grosor de entrenudos resultó mayor en el testigo, de manera que Trinexapac-etil redujo la altura de las plantas. La comparación de medias entre grupos (hábitos de crecimiento), mostró mayores valores en rendimiento (4.10 t ha^{-1}), con una diferencia del 28%, siendo superiores los primaverales en comparación con los invernales.

Palabras clave: triticale, trinexapac-etil, hábitos de crecimiento, rendimiento.

ABSTRACT

EFFECT OF TRINEXAPAC-ETIL ON AGRONOMIC BEHAVIOR AND
PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEED IN FORAGE TRITICALS

BY

BRENDA JANINE MOLINA IBÁÑEZ
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DR. ALEJANDRO JAVIER LOZANO DEL RIO –ADVISOR–

Saltillo, Coahuila

June 2021

ABSTRACT

Triticale (*Triticosecale* Wittmack) is a cereal product of the cross of wheat with rye, it is characterized by being a crop with good forage production, and grain with high nutritional value and diseases resistance. The objective of the present investigation was to determine the effect of the application of Trinexapac-ethyl in the agronomic performance and production of seed quality in triticale. The effect of Trinexapac-ethyl was evaluated in 45 triticale genotypes of different growth habits, in two locations (Matamoros, Coahuila and Aldama, Chihuahua). The growth regulator was applied at the highest recommended dose for wheat (800 ml/ha); the application stage was carried out when the main stem reached from one to two nodes. Seed yield and test weight were determined for both locations. In the laboratory, the variables dry biomass (BM), plant height (AP), internode length (LENT), internode thickness (GENT) and grains per spike (GESP) were determined. Physiological seed quality was determined in the laboratory, where germination vigor, germination (GERM), seedling dry weight (PS), plumule length (LP) and radicle length (LR) were determined. In the analysis of variance, significant differences ($P \leq 0.01$) were found between locations and treatments. Matamoros, Coahuila, showed higher yield (4.03 t ha^{-1}) and test weight, being higher by 19% and 1% respectively, than the town of Aldama, Chihuahua. The yield was 22% higher in the control, compared to the obtained with the application of the growth regulator, as well as the plant height (22%), consequently higher dry biomass (9%) was obtained in the control treatment. The variable's vigor of germination and germination, highest percentages, 86 and 87% respectively, were observed in the control, being higher with 6 and 5% respectively, compared to the treatment with Trinexapac-ethyl. The length of the internodes and thickness were greater in the control, so that the Trinexapac-ethyl resulted in plants with lower height. The groups (growth habits) mean comparison, showed higher values in yield (4.10 t ha^{-1}), springing being higher than the winter triticale, with a difference of 28%.

Key words: triticale, trinexapac-ethyl, growth habits, yield.

INTRODUCCIÓN

El triticale (*Triticosecale*) es un cereal híbrido, procede del cruzamiento entre trigo y centeno, y ha llegado a ser de gran importancia en México para producción de forraje (Lozano *et al.*, 1998), debido a su elevado rendimiento de biomasa y calidad nutritiva (Myer y Lozano, 2004), y otras características, iguales o superiores a las de otros cereales de grano pequeño.

Actualmente, el triticale posee características favorables procedentes de la combinación de sus antecesores. Por un lado, posee la capacidad del centeno para soportar temperaturas bajas, resistencia a enfermedades y gran potencial de rendimiento y, por otra parte, el triticale actualmente es equivalente al trigo en condiciones normales de producción y en condiciones de estrés suele presentar comportamiento superior al trigo, con gran capacidad de rebrote y un rendimiento superior (Mendoza *et al.*, 2006).

Se ha reportado que el triticale puede desarrollarse incluso a temperaturas bajo 5 °C, así como tolerar sequía y toxicidad en suelos, además de su capacidad para ser utilizado como forraje, siendo mejor que el trigo, centeno, avena y cebada (Murillo *et al.*, 2001). Por otra parte, se ha mostrado superior a la avena en el aspecto proteico (Murillo *et al.*, 2001). El triticale se ha destacado por ser el único cultivo que puede sobrevivir como forraje durante el invierno, comparado con la avena, centeno y cebada, por lo que actualmente el triticale invernal es descrito como forraje (Zamora *et al.*, 2002). Perkowski *et al.* (2008) mencionan que el triticale presenta una gran ventaja al contener un alto rendimiento de grano además de una buena composición nutrimental de este.

El triticale ha sido estudiado durante varios años, sin embargo, la información referente a la calidad física y fisiológica de la semilla aún es muy escasa. En México se han desarrollado pocas variedades de triticale a nivel comercial, además de no existir un paquete tecnológico para la producción de semilla (Mendoza *et al.*, 2011). Por lo tanto, se ha llegado a la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías que resulten útiles para incrementar la productividad y calidad de la semilla. Considerando lo anterior, se ha implementado el uso de fitorreguladores, por su capacidad de mejorar el desempeño de los cultivos en la agricultura (Cruz *et al.*, 2015).

Los reguladores de crecimiento normalmente son hormonas vegetales que actúan inhibiendo la biosíntesis de giberelinas (Rademacher, 2000), capaces de modificar o reducir los procesos metabólicos y fisiológicos de muchas especies de plantas, cumpliendo por lo regular los mismos efectos que ocasionan las hormonas naturales (Cruz *et al.*, 2015). Reguladores como las auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido jasmónico y ácido abscísico pueden elevar la producción de granos, afectar la parte aérea y la raíz de las plantas, inducir la floración y la fecundación, entre otros (Murillo *et al.*, 2001). El Trinexapac-etil actúa bloqueando en particular la 3 beta-hidroxilación, lo que provoca la inhibición de la síntesis de giberelinas altamente activas, a partir de precursores en estado inactivo (Rademacher, 2000).

En triticale está bien documentado el potencial y el patrón de producción de forraje, así como la calidad del mismo, y la capacidad de rebrote de los diferentes hábitos de crecimiento (precoces, intermedios y tardíos) (Mergoum *et al.*, 2009). Sin embargo, no hay referencia sobre el uso del Trinexapac-etil en los diferentes tipos de triticale y su efecto en el rendimiento y calidad de semilla. Por lo anterior, se plantea la presente investigación para determinar el efecto de la aplicación de Trinexapac-etil en el comportamiento agronómico y producción de semilla de calidad en triticale por ser aspectos de suma importancia para todos los sectores de la agricultura.

Objetivo

- Determinar el efecto de la aplicación de Trinexapac-etil en el comportamiento agronómico y producción de semilla de calidad en triticales forrajero de diferente hábito de crecimiento.

Hipótesis:

Ho: La aplicación del producto Trinexapac-etil, reduce la altura de la planta, sin modificar el rendimiento ni la calidad de la semilla, en genotipos de triticales con diferente hábito de crecimiento.

Hi: La aplicación del producto Trinexapac-etil, reduce la altura de la planta, disminuyendo el rendimiento y la calidad de la semilla, en genotipos de triticales con diferente hábito de crecimiento.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del triticales

El triticales (*X Tricosecale* Wittmack) es un cereal híbrido obtenido artificialmente del cruzamiento de trigo (*Triticum* spp.) con centeno (*Secale* spp.). El nombre triticales es derivado de una combinación de los géneros botánicos de las plantas progenitoras, el prefijo de Tritico (derivado de *Triticum*) y el sufijo *Secale* del centeno (Mellado *et al.*, 2008). El objetivo de crear este nuevo cereal fue centrado en obtener triticales con características superiores a las del trigo, como lo es una elevada producción y alto número de granos por espiga, aparte del nivel nutricional, además de obtener del centeno rendimientos estables, alto contenido de biomasa, resistencia a diferentes ambientes, resistencia a enfermedades, entre otras características (Llera, 2002).

La primera vez que el triticales fue descrito, fue en el año de 1870, en donde se obtuvo como resultado una planta demasiado alta considerada fuera de tipo agronómico e incapaz de producir semilla. La planta de triticales fue presentada como estéril debido a la diferencia en el número y estructura de los cromosomas presentes en los progenitores (Varughese *et al.*, 1987).

Una limitante en la creación de triticales era su esterilidad, por lo que el descubrimiento de la colchicina en 1937 dio lugar al primer avance fundamental del triticales. La colchicina fue descrita como un alcaloide cristalino y venenoso capaz de duplicar el material genético de una célula, el cual es derivado de bulbos o semillas provenientes de plantas del género *Colchicum* spp. La técnica se basó fundamentalmente en tratar con colchicina a plantas haploides provenientes de la cruce de centeno con trigo, lo que resultó en plantas de triticales homocigotas y fértiles con la capacidad de reproducirse por sí mismas (Varughese *et al.*, 1987; Guerrero, 1999).

La segunda contribución importante en la producción de triticales fue en el decenio de 1940, debido al alto grado de incompatibilidad de los cruzamientos de trigo con centeno. Tomando en cuenta lo anterior, se empleó el tratamiento de colchicina en conjunto con la técnica de cultivo de embriones, en donde los embriones con endospermas anormales eran retirados y trasplantados a un medio de cultivo con nutrientes, para después ser

sometidos al tratamiento con colchicina. Lo anterior daba como resultado la producción de triticales con buen grado de fertilidad (Guerrero, 1999; Gupta y Priyadarshan, 1982). Fue hasta en 1967 cuando se logró el avance más importante en el mejoramiento de triticales por medio del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo de México (CIMMYT). El avance del triticales en el fitomejoramiento había sido frenado durante décadas, hasta que una planta de triticales fue fecundada por un grano de polen de trigo enano procedente de parcelas vecinas, logrando desfasar la barrera de esterilidad. Después del suceso antes mencionado, tuvieron que pasar dos generaciones para que científicos lograran identificar en campo varias plantas prometedoras que presentaban enanismo al igual que el trigo progenitor, además de otras características como insensibilidad al fotoperiodo, madurez precoz, mejor calidad nutricional y alto rendimiento de grano (Varughese *et al.*, 1987).

El triticales ha tenido grandes progresos a lo largo de más de 100 años de investigación, debido a la mejora de muchas características agronómicas de la planta como: la rusticidad que le aporta el centeno, y menor altura de planta debido a genes de enanismo aportados por el trigo. Anteriormente el triticales presentaba una extracción de harina muy inferior a la del trigo, sin embargo, esta característica logró mejorar al introducir características como mayor rendimiento de grano y mejor llenado de grano. En la actualidad las variedades de triticales existentes presentan un grano bien desarrollado, muy similar al del trigo, y es considerada una planta de buen tipo agronómico (Mellado *et al.*, 2008).

Importancia del triticales

En la actualidad la superficie para la producción forrajera cada vez es menor, mientras que el crecimiento poblacional ha provocado que la producción de forrajes no sea suficiente para abastecer necesidades alimenticias. Por lo anterior, ha cobrado importancia la necesidad de evaluar e introducir cultivares que sean capaces de adaptarse a diferentes regiones y tener un alto rendimiento con un gran valor nutricional (Medina, 2014).

El establecimiento del cultivo de triticales es una alternativa para resolver los problemas antes mencionados, debido a que es un cultivo de crecimiento rápido comparado con otros cultivos, por ejemplo, la avena, debido a la resistencia que posee a bajas temperaturas. El

triticale es caracterizado por poseer buena calidad forrajera y alta resistencia a enfermedades que supera a la avena, trigo y cebada (Lozano, 1991).

Gracias al mejoramiento, en los últimos años el triticale se ha expandido notablemente, siendo un cereal con alto rendimiento de grano, altos valores en proteína, y capaz de adaptarse a diferentes climas y suelos (Perkowski *et al.*, 2008). A su vez el triticale ha demostrado un desempeño sobresaliente en condiciones de producción marginales como problemas en suelos y escasez de agua, siendo así un cultivo altamente competitivo tanto en forraje como en grano (Plana *et al.*, 2016).

Entre los cultivos de grano fino, el triticale ha destacado por contener favorables rendimientos de materia seca (Myer y Lozano del Río, 2004). Su alto contenido nutricional en grano y forraje, lo hacen encontrarse dentro de los estándares para considerarlo de alta calidad, al cumplir con los parámetros de contenido de fibra neutro detergente, ácido fibra detergente, energía neta de lactancia, digestibilidad de materia seca y proteína cruda. Lo anterior lleva a este cultivo a tener mayor desarrollo como alimento para ganado de engorda y leche, es considerado un cultivo con gran potencial para reemplazar a otros cereales empleados en la alimentación de ganado (Fras *et al.*, 2016).

Los programas de mejoramiento se han enfocado en realizar selección de genotipos de triticale que muestren aumento en rendimiento y gran calidad de grano para las harinas (Ferreira *et al.*, 2015). Debido a lo anterior, el triticale ha resultado importante no solo para su uso como alimento ganadero, sino también ha tomado relevancia como alimento humano en la fabricación de harinas para elaboración de galletas, pan, entre otros alimentos (Castro *et al.*, 2020).

Acame

El acame es un problema que tiene lugar en el periodo reproductivo de los cereales, afectando grandemente en el rendimiento de grano. Dado al peso aéreo de la planta, es ocasionado el doblamiento de los entrenudos de la base del tallo, originando así el acame (González y Rojo, 2005).

El acame está dado por diversos factores como: alta densidad de plantas, viento excesivo, grandes cantidades de agua y de nitrógeno. Además, se ha documentado que el acame también puede deberse a agentes parásitos, y dicha condición suele identificarse debido a

la caída de plantas en diferentes direcciones a diferencia del encamado ocasionado por el viento (Guerrero, 1999).

Rivera *et al.* (1997) mencionan que altas densidades de siembra ocasionan una baja en el rendimiento; lo anterior se debe a que entre más plantas existan en un mismo sitio, el crecimiento de estas estará dado por tallos débiles, que por lo general provocan acame debido a la baja disponibilidad de luz solar, afectando así la calidad de la semilla.

El titalca generalmente presenta mayor altura en comparación con el trigo, por lo que el riesgo de sufrir acame es mayor (Ramírez *et al.*, 2003). Jobet *et al.* (2019) encontraron que una planta adulta de triticalca de altura mediana, generalmente mide entre 110 y 120 cm. Estas plantas cuentan con un tallo hueco, de mediana longitud, y moderada resistencia a la tendadura; para conservar dicha resistencia al acame, se recomienda el uso de reguladores de crecimiento cuando existe alta productividad.

La mejora genética de triticalca es relevante para disminuir problemas de acame en el cultivo (Moreno y Rodríguez, 1993). Es una especie considerada de poca antigüedad y escasa variabilidad genética, por lo que la obtención de nuevas variedades mejoradas ha resultado un tanto complicado (Ramírez *et al.*, 2003).

El problema de acame puede disminuir mediante la selección de variedades enanas o materiales semienanos, en donde se identifican genes que otorgan enanismo (Álvarez *et al.*, 2008). Sin embargo, las técnicas como la mutación, selección natural, y la selección bajo domesticación, que conducen a la generación de genotipos agrónomicamente deseables, han actuado durante poco tiempo, por lo que el éxito no ha sido el deseado (Ramírez *et al.*, 2003). Por otra parte, Passioura y Angus (2010) lograron incorporar genes de enanismo en cereales de grano pequeño, lo cual obtuvo grandes beneficios al resolver el problema de acame, además de aumentar el índice de cosecha.

Reguladores de crecimiento

Uno de los grandes problemas en las zonas trigueras es el acame de las plantas, el cual implica que el tallo se doble debido a la fuerza del viento ejercida sobre la planta (Bainsla *et al.*, 2020). Pinthus, (1973) menciona que las mermas en el rendimiento están asociadas al acame de las plantas, provocando pérdidas tan significativas como las producidas por

plagas y enfermedades. Es así como los reguladores de crecimiento, se han vuelto importantes para evitar el acame sin afectar el rendimiento (Rademacher, 2000).

Cruz *et al.* (2015) definen a los reguladores de crecimiento como sustancias sintéticas, que, en pequeñas concentraciones son capaz de modificar procesos metabólicos y fisiológicos de las plantas, incluso pueden cumplir de manera similar las funciones de las hormonas naturales. Además, Chávez *et al.* (2012) menciona que estas sustancias ayudan a mantener el equilibrio de las tierras cultivables, así mismo, los reguladores de crecimiento son clave en el desarrollo de las plantas en condiciones de estrés.

Los reguladores de crecimiento permanecen activos no solamente a nivel celular y molecular, sino que también forman parte importante en la función de coordinar el organismo como un todo, de la misma manera que el papel que cumplen las hormonas vegetales sobre la fotosíntesis (Cruz *et al.*, 2015).

Estos productos tienen la capacidad de ayudar al engrosamiento de las cañas y reducción de altura de las plantas, por lo que estas pueden ser menos susceptibles al acame y soportar de mejor manera las condiciones climáticas que provocan su tendadura. La aplicación de los reguladores de crecimiento depende del producto a utilizar, y generalmente se realiza desde la aparición del macollo hasta la aparición del primer nudo o entre el segundo entrenudo. Los productos posibles para utilizarse pueden ser: cloruro de cloromequat + cloruro de colina, Ethephon y Trinexapac-etil (Faigenbaum, 2003).

Específicamente, el Trinexapac-etil inhibe la formación de giberelinas altamente activas a partir de precursores inactivos, esto debido a que actúa bloqueando específicamente la 3 beta-hidroxilación (Rademacher, 2000). Trinexapac-etil es utilizado comúnmente para los sistemas de producción de cereales ya que aumenta el rendimiento de grano, disminuye la longitud de los entrenudos y por consecuencia reduce la altura de la planta (Subedi *et al.*, 2021).

Trinexapac-etil en comparación con otros reguladores de crecimiento se ha destacado por tener la capacidad de aumentar el rendimiento de grano, además de fortalecer estructuras como la raíz del tallo (Grijalva *et al.*, 2012), Reduciendo así los problemas de acame en el cultivo. (Subedi *et al.*, 2021).

Para evitar pérdidas en el cultivo, no se recomienda aplicar Trinexapac-etil en las últimas etapas del desarrollo del cultivo ya que se puede ver afectado el rendimiento y la calidad

de grano. Se ha demostrado que Trinexapac-etil puede ayudar al rendimiento y calidad de cereales de invierno (Subedi *et al.*, 2021).

Calidad en semillas

Para satisfacer las necesidades en la agricultura, es de importancia iniciar desde la calidad de la semilla para evitar pérdidas futuras. Por lo anterior, en los últimos años se han empleado nuevas técnicas como lo es la sanidad, pureza genética y vigor, las cuales resultan de gran utilidad para para hacer comparaciones entre lotes de semillas (Salinas *et al.*, 2001).

Es importante tomar en cuenta el estado nutricional de las plantas debido a la influencia existente en la distribución de los carbohidratos entre las diferentes estructuras de las plantas, lo cual influye grandemente en la producción de semillas de alta calidad (Sawan, 2013). En los programas de producción de semillas, la calidad fisiológica en términos de viabilidad y vigor son componentes importantes de determinar debido a las contribuciones que estos aportan al poder predecir el establecimiento y producción de híbridos que sean sobresalientes con altos índices de calidad (Popinigis, 1985).

Es de suma importancia determinar la calidad de semilla antes de establecerse en campo para evitar pérdidas futuras. El uso de certificación de semilla es cada vez mayor y con esto crece aún más la necesidad de realizar pruebas de calidad en semillas (Dordas, 2006).

Semilla de alta calidad representa uno de los principales factores que determinan el éxito de los cultivos. El realizar pruebas de calidad en semillas implica informar sobre la viabilidad y la germinación en laboratorio. El realizar ensayos de vigor permite determinar diferencias en la calidad fisiológica de las semillas con poder germinativo similar (Vieira *et al.*, 1999). Salinas *et al.* (2001) mencionan que el vigor de la semilla está dado por el comportamiento físico o fisiológico de un lote de semillas, en donde se incluye 1) cambios en los procesos bioquímicos; 2) la tasa y uniformidad de germinación y crecimiento de las plántulas y 3) capacidad germinativa de las semillas al ser expuestas a condiciones de estrés.

Existen autores que aseguran que la germinación en muchas ocasiones puede diferir grandemente aun cuando los cultivares son adquiridos el mismo año, y originados por una

misma casa productora, sin embargo, en materiales no comerciales ocurre lo contrario a pesar de ser adquiridos en diferentes años (Villaroel y Méndez, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

Se evaluaron 45 genotipos de triticale forrajero de diferentes hábitos de crecimiento (primaverales, grupo 1); (facultativos, grupo 2); (intermedios, grupo 3) e (invernales, grupo 4), bajo condiciones de riego, en el ciclo otoño invierno 2019-2020.

La clasificación de los hábitos de crecimiento en triticale fue descrita de acuerdo a su patrón de producción y necesidad de vernalización (Murillo *et al.*, 2001). Los triticales de hábito primaveral no requieren vernalización y son caracterizados por poseer un crecimiento erecto el cual ayuda en la cosecha mecánica. Los triticales primaverales son aptos para un solo corte ya que presentan amacollamiento reducido y poca recuperación después del corte. Los triticales que presentan hábitos de crecimiento facultativo son de rápido crecimiento, amacollamiento intermedio, además de ser aptos para dos cortes debido a su gran capacidad de recuperación después del corte. Los intermedios invernales son de mediano crecimiento y diferenciación, permiten cortes múltiples gracias a que tienen alta capacidad de rebrote y buen ahijamiento. A diferencia de los primaverales, los tipos invernales son adecuados para cortes múltiples al igual que los intermedios invernales, pero más tardíos (Lozano *et al.*, 1998; Giunta *et al.*, 1999; Royo y Blanco 1999; Ye *et al.*, 2001; Lozano *et al.*, 2009)

Ambientes de evaluación

El estudio se realizó en dos ambientes contrastantes del Norte de México, La primera localidad corresponde a Matamoros, Coahuila, localizado a 25° 31' 41" latitud Norte y 103° 13' 42" longitud Oeste a 1,137 msnm, con temperatura y precipitación media anual de 22.6 °C y 217.1 mm respectivamente. La segunda localidad es Aldama, Chihuahua, localizado a 29° 5' 0" latitud Norte y 105° 30' 0" longitud Oeste a 1,270 msnm, con temperatura media anual de 18.2 °C y una precipitación media anual de 402 mm.

Diseño experimental

Los experimentos se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, con arreglo en parcelas divididas, donde el factor A correspondió a los

tratamientos de aplicación del regulador de crecimiento Trinexapac-etil, (testigo y regulador) y el factor B a los genotipos (cinco primaverales, 13 facultativos, 17 intermedios y diez invernales). El tamaño de cada unidad experimental fue de 4.5 m² (cinco surcos de 3 m, con hileras a 0.30 m).

En el ensayo de laboratorio se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones.

Siembra de campo

La preparación del terreno en ambas localidades consistió en barbecho, rastreo doble y nivelación. La siembra se llevó a cabo el 28 de diciembre de 2019 en la localidad de Matamoros Coahuila, mientras que para Aldama Chihuahua el 29 de diciembre de 2019.

Riego

En ambas localidades se aplicaron con riegos por gravedad durante el ciclo del cultivo, con una lámina total aproximada de 60 cm.

Regulador de crecimiento

En cada localidad se evaluó el efecto del regulador de crecimiento Moddus 250 CE ® (ingrediente activo: Trinexapac-etil), sobre el potencial de rendimiento y peso hectolitrico, así como la calidad fisiológica de la semilla. El regulador de crecimiento fue aplicado en la dosis más alta recomendada para trigo (800 ml/ha); la etapa de aplicación se realizó cuando el tallo principal alcanzó de uno a dos nudos (3.1 a 3.4) en la escala de Zadoks *et al.* (1974). Los reguladores de crecimiento se han adoptado para evitar el acame y aumentar el rendimiento en cultivares susceptibles. (Schürch, 2006).

Rendimiento (REND y peso hectolitrico (PH)

Posterior a la cosecha, se determinó el rendimiento de semilla, en cada unidad experimental en ambas localidades, cosechando 2 m de dos surcos internos con competencia completa (2.4 m²), los cuales se trillaron con una trilladora estacionaria, registrando su peso en gramos y transformando posteriormente el dato a t ha⁻¹. Simultáneamente, con la semilla limpia se determinó el peso hectolitrico de semilla por

parcela, genotipo y tratamiento, utilizando una balanza para peso del hectolitro de 1 L de volumen.

Caracterización morfológica de plantas

En el Laboratorio de Ensayo de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS), se llevó a cabo la caracterización de cada uno de los 45 genotipos, por localidad y por tratamiento, para conocer su respuesta a la aplicación del producto Moddus 250 CE ®, para lo cual se determinaron las siguientes variables:

- **Biomasa seca total por área de parcela cosechada (BS).** El área cosechada consistió en dos submuestreos de 50 cm lineales en surcos con competencia completa por unidad experimental. Posteriormente se pesó cada una de las muestras en una balanza analítica y los resultados se registraron en gramos para posteriormente ser transformados a $t\ ha^{-1}$.
- **Altura de planta (AP).** Se determinó altura de planta de tres muestras (tres parcelas diferentes) de cada variedad, tomando tres tallos de cada muestra para medir la altura de planta en centímetros.
- **Longitud de entrenudos (LENT).** Se tomaron los tres tallos por cada muestra utilizados para altura de planta y con ayuda de una cinta métrica se midió la longitud de cada entrenudo. El entrenudo uno se consideró a partir de donde se realizó el corte de planta y así sucesivamente hasta el último entrenudo que sostiene la espiga
- **Grosor de entrenudos (GENT).** Con ayuda de un Vernier, se midieron tres tallos principales (utilizados para altura y longitud de entrenudos) de cada una de las tres muestras, en donde se determinó el grosor de cada entrenudo en mm, tomando como entrenudo uno el más cercano al corte de planta y así sucesivamente enumerados hasta llegar a la espiga.

- **Granos por espiga (GESP).** Se cortaron espigas de los tallos principales de las tres muestras por variedad mencionadas anteriormente y se colocaron en bolsas de papel con su etiqueta de identificación correspondiente, para posteriormente trillar y contar los granos de cada espiga. Se contaron los granos de cada una de las tres espigas por muestra y posteriormente se obtuvo el promedio de granos por cada muestra.

Calidad fisiológica de semilla

El estudio fue realizado en el Laboratorio de Fisiología y Bioquímica de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. El ensayo de germinación se desarrolló de acuerdo con la ISTA (2009), modificando únicamente el número de semillas evaluadas; para el presente estudio se utilizaron las siguientes variables: vigor, germinación (GER), ambos expresados en porcentaje, longitud de plúmula (LP) y longitud de radícula (LR), expresados en cm.

Cada unidad experimental consistió en tres repeticiones de 25 semillas cada una. La siembra se llevó a cabo colocando las 25 semillas entre papel Anchor, el cual fue humedecido con agua destilada antes de la siembra, enseguida se enrolló en forma de taco y se acomodó de acuerdo con el número de repetición en bolsas de plástico, dentro de una canastilla, en una cámara de crecimiento a una temperatura de $25 \pm 1^\circ \text{C}$. Al cuarto día las plántulas de cada unidad experimental fueron evaluadas para determinar la rapidez de germinación lo que nos indica el vigor en la semilla, contando únicamente las plántulas normales, considerando aquellas con una longitud mayor o igual a 2 cm, tanto de plúmula, como del sistema radical y se expresó en porcentaje.

Al octavo día se realizó la segunda evaluación, contando las plántulas normales las cuales indican la germinación de semilla; se realizó el conteo de plántulas anormales y las semillas sin germinar (expresadas en porcentaje), en seguida se midió la longitud de plúmula y de radícula en cm, de 5 plántulas normales por repetición de cada unidad experimental. Una vez realizadas las mediciones, se tomaron todas las plántulas normales y se colocaron en bolsas de papel estraza, identificadas con la repetición y el tratamiento,

para posteriormente someterlas a secado en estufa por 24 horas a 72 °C. Una vez transcurrido el tiempo, se pesó cada una de las muestras en una balanza analítica para obtener el peso seco de plántula en mg por plántula.

Análisis de la información

Los datos obtenidos fueron analizados en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, con arreglo en parcelas divididas, y pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey con el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute, 2018).

Para los datos de laboratorio se utilizó un diseño completamente al azar y pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey con el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute, 2018).

Para el análisis de varianza por genotipos se utilizó el siguiente modelo lineal:

$$y_{ijkl} = \mu + l_i + t_j + lt_{ij} + r_{k(ij)} + v_l + tv_{jl} + lv_{il} + ltv_{ijl} +$$

Donde:

i = localidades

j = tratamientos

k = repeticiones

l = variedades

Dónde: Y_{ijkl} = Variable observada; μ Media general; l_i = Efecto de la *i*-ésima localidad; t_j = Efecto del *j*-ésimo tratamiento; lt_{ij} = Efecto de la *i*-ésima localidad por el *j*-ésimo tratamiento; $r_{k(ij)}$ = Efecto de la *i*-ésima repetición dentro de la interacción de la *i*-ésima localidad por el *j*-ésimo tratamiento; v_l = Efecto del *l*-ésimo genotipo; tv_{jl} = Efecto de la interacción del *j*-ésimo tratamiento por el *l*-ésimo genotipo; lv_{il} = Efecto de la interacción de la *i*-ésima localidad por el *l*-ésimo genotipo; ltv_{ijl} = Efecto de la interacción de la *i*-ésima localidad por el *j*-ésimo tratamiento por el *l*-ésimo genotipo; e_{ijkl} = Error experimental.

Modelo lineal de los análisis de varianza por grupos

$$Y_{ijkl} = \mu + l_i + t_j + lt_{ij} + r_{k(ij)} + g_l + tg_{jl} + lg_{il} + ltg_{ijl} + e_{ijkl}$$

Donde:

i = localidades

j = tratamientos

k = repeticiones

l = grupos

Dónde: Y_{ijkl} = Variable observada; μ Media general; l_i = Efecto de la *i*-ésima localidad; t_j = Efecto del *j*-ésimo tratamiento; lt_{ij} = Efecto de la *i*-ésima localidad por el *j*-ésimo tratamiento; $r_{k(ij)}$ = Efecto de la *i*-ésima repetición dentro de la interacción de la *i*-ésima localidad por el *j*-ésimo tratamiento; g_l = Efecto del *l*-ésimo genotipo; tg_{jl} = Efecto de la interacción del *j*-ésimo tratamiento por el *l*-ésimo genotipo; lg_{il} = Efecto de la interacción de la *i*-ésima localidad por el *l*-ésimo genotipo; ltg_{ijl} = Efecto de la interacción de la *i*-ésima localidad por el *j*-ésimo tratamiento por el *l*-ésimo genotipo; e_{ijkl} = Error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza por genotipos

Se presentan los resultados del análisis de varianza (ANVA) para las variables rendimiento, peso hectolitrico, granos por espiga, biomasa seca, y altura de planta para genotipos. Los análisis de varianza contienen dos secciones, ensayo de campo y ensayo en laboratorio, y se presentan en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de ensayos en campo y caracteres morfológicos de triticale.

FV	GL	REND (t ha ⁻¹)	PH (kg hL ⁻¹)	GESP	BS (g)	AP (cm)
Localidades (Loc)	1	74.67 **	75.18 **	3830.40 **	802.41 **	364.24
Tratamientos (Trt)	1	111.95 **	70.48 **	1.94	413.26 **	81979.74 **
Loc x Trt	1	8.39 **	8.58	4442.18 **	34.54	8628.00 **
Repeticiones /Loc x Trt	8	0.59 **	4.48 **	137.61 **	24.44 **	760.50 **
Genotipos (Gen)	44	4.41 **	43.27 **	480.02 **	14.96 **	271.80 **
Trt x Gen	44	0.78 **	4.76 **	80.93 **	12.12 *	47.30 *
Loc x Gen	44	2.43 **	13.61 **	100.33 **	25.85 **	46.73
Loc x Trt x Gen	44	0.34 **	2.46	66.30 *	14.27 **	37.14
Error	352	0.18	1.95	50.38	8.92	41.96
CV (%)		11.83	2.07	15.60	16.65	6.50

*, **= Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente; FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de variación; REND= Rendimiento de semilla; PH= Peso hectolitrico; GESP= Granos por espiga; BS= Biomasa seca; AP= Altura de planta.

Los resultados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre localidades para todas las variables, excepto altura de planta. Esto debido a las condiciones contrastantes entre ambientes de evaluación.

En cuanto a tratamientos, se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para todas las variables excepto para el número de granos por espiga. Esto se debe básicamente al efecto del regulador de crecimiento (Trinexapac-etil) en las plantas. Se ha reportado que bajo la aplicación de reguladores de crecimiento se presentan respuestas sobre el crecimiento de planta, así como cambios entre las estructuras vegetales (Koch *et al.*, 2017).

En cuanto a genotipos, se muestran diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para rendimiento, peso hectolitrico, granos por espiga, biomasa y altura de planta. Esto se debe a la variabilidad genética que existe entre los genotipos de triticale.

Para la interacción tratamientos x genotipos se muestran diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para rendimiento, peso hectolitrico y granos por espiga y ($P \leq 0.05$) para biomasa. Sin embargo, la altura de planta no resultó influenciada por la interacción del efecto de los tratamientos x genotipos. La interacción de localidades x genotipos mostró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para todas las variables con excepción de altura de planta, en donde no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 1). Estas diferencias se deben al efecto de los dos ambientes de evaluación sobre los genotipos.

De acuerdo al objetivo de esta investigación, los cambios en triticale por efectos de la aplicación de Trinexapac-etil, resultaron significativos en la mayoría de las variables. Lo anterior coincide con lo reportado por Matysiak y Kaczmarek. (2009), en donde evaluaron la aplicación trinexapac-etil en triticale, los resultados mostraron influencia del regulador de crecimiento dependiendo de la dosis de aplicación, así como la influencia de las condiciones ambientales en la interacción entre factores experimentales.

El ANVA de calidad de semillas evaluado en laboratorio se presenta en el Cuadro 2.

Las variables vigor, germinación, peso seco plántula y longitud de plúmula muestran diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre localidades y tratamientos; para longitud de plúmula no hubo diferencias significativas entre localidades, pero sí diferencias ($P \leq 0.05$) entre tratamientos. Lo anterior indica que tanto el ambiente de producción, como los tratamientos, tuvieron un efecto en la respuesta de los genotipos.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables relacionadas con la calidad de semilla, evaluadas en laboratorio en 2020.

FV	GL	Vigor (%)	GER (%)	PS (mg)	GL	LP (cm)	LR (cm)
Localidades (Loc)	1	2648.91 **	1875.99 **	8.49 **	1	1272.32 **	60.88
Tratamientos (Trt)	1	2339.58 **	1827.82 **	121.48 **	1	2404.67 **	45.38 *
Loc x Trt	1	234.69 **	24.93	3.01 **	1	231.71 **	1433.37 **
Repeticiones /Loc x Trt	8	95.67 **	88.24 **	1.16	8	10.84	16.90
Genotipos (Gen)	44	261.80 **	215.27 **	12.40 **	44	112.57 **	140.72 **
Trt x Gen	44	215.82 **	211.35 **	11.78 **	44	105.64 **	101.93 **
Loc x Gen	44	261.40 **	238.05 **	6.51 **	44	80.83 **	44.67 **
Loc x Trt x Gen	44	148.02 **	130.59 **	8.71 **	36	112.51 **	56.90 **
Error	352	43.61	38.76	1.60	2343	13.46	24.60
CV (%)		7.88	7.30	10.73		23.59	37.20

*,**= Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente; FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de variación; GER= Germinación; PS= Peso seco de plántula; LP= Longitud de plúmula; LR= Longitud de radícula.

En la interacción localidad x tratamiento, se obtuvieron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para vigor, peso seco de plántula, longitud de plúmula, longitud de radícula, y diferencias no significativas para la variable de germinación:

Se dice que la calidad de semilla se refiere a un conjunto de parámetros físicos, fisiológicos, genéticos y sanitarios (Bishaw *et al.*, 2007). Tanto las localidades como tratamientos impactaron en la calidad fisiológica de semilla, esto debido a las condiciones contrastantes entre ambientes de evaluación (Cuadro 2). Koch *et al.* (2017), evaluaron el efecto del regulador del crecimiento vegetal trinexapac-etil para la calidad fisiológica de semilla de trigo, en donde realizaron aplicaciones de 0, 200, 400, 600, 800 ml ha⁻¹ de regulador de crecimiento en donde mencionaron que la emergencia de las plántulas y el índice de velocidad de emergencia de las plántulas no se ven afectados por el regulador de crecimiento

La prueba de comparación de medias para las localidades de evaluación de ensayos en laboratorio se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Comparación de medias de triticale en dos localidades de evaluación en 2020.

Localidades	Ensayo Laboratorio						Ensayo Laboratorio													
	Caracteres Morfológicos			Calidad Fisiológica de Semilla																
REND (t ha ⁻¹)	PH (kg hL ⁻¹)		GESP	BS (g)	AP (cm)	Vigor (%)	GER (%)	PS (mg)	LP (cm)	LR (cm)										
Aldama	3.28	b	67.73	a	48.14	a	16.72	b	98.69	a	86	a	87	a	11.65	b	14.80	b	13.49	a
Matamoros	4.03	a†	66.99	b	42.81	b	19.16	a	100.33	a	82	b	83	b	11.91	a	16.22	a	13.18	a
\bar{x}	3.65		67.36		45.47		17.94		99.51		84		85		11.78		15.51		13.34	
Tukey ($\alpha=0.05$)	0.15		0.42		2.32		0.98		5.47		1.94		1.86		0.21		0.23		0.31	

† Valores con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes; REND= Rendimiento de semilla; PH= Peso hectolitrico; GESP= Granos por espiga; BS= Biomasa seca; AP= Altura de planta; GER= Germinación; PS= Peso seco de plántula; LP= Longitud de plúmula; LR= Longitud de radícula.

En los ambientes de evaluación la localidad de Matamoros, Coah. (Cuadro 3), mostró un rendimiento de grano promedio de 4.03 t ha^{-1} , siendo mayor por un 19% en comparación con Aldama, Chih. La localidad de Aldama, Chih. para la variable de peso hectolitrico mostró superioridad del 1% comparado con Matamoros Coah. La variable de peso hectolitrico difiere de la variable de rendimiento en cuanto a localidades, lo anterior puede ser atribuido a que la semilla procedente de campo presentó problemas de hongo.

Las diferencias presentadas entre localidades para cada una de las variables respectivamente, se deben al efecto ambiental y la adaptación de los genotipos evaluados. En este sentido, Bijanzadeh *et al.* (2019) señalan que la calidad de la planta está influenciada por las condiciones ambientales, así como la fecha de siembra y el genotipo. Para la variable granos por espiga se muestran diferencias entre localidades del 11 % siendo superior la localidad de Aldama Chih, en cuanto a altura de planta se obtuvo mayor altura en la localidad de Matamoros Coah. y por consecuencia mayor biomasa seca con un 2 y 13 % respectivamente. (Cuadro 3). Lo anterior indicó que el ambiente juega un papel importante en la biomasa y el número de granos por espiga, pero no modificó significativamente la altura de planta.

La comparación de medias entre localidades (Cuadro 3) para las variables de calidad fisiológica de semilla y de plántula, mostró mayor porcentaje de vigor, germinación y longitud de radícula (86 %, 87 % y 13.49 cm, respectivamente), en la localidad de Aldama, Chih. El vigor de semilla y la germinación resultaron superior con un 5 % en comparación con Matamoros Chih. Según França *et al.* (2007), la producción de semilla de alta calidad depende de varios factores, por lo que es importante encontrar condiciones climáticas que sean favorables para los cultivos, principalmente en las fases de madurez y cosecha.

Por otra parte, el peso seco de plántula y la longitud de plúmula resultaron estadísticamente menores con 2 y 9 % respectivamente, en la localidad de Aldama, Chih. Estos resultados son contrastantes, se esperaría que las semillas con mayor porcentaje de vigor y de germinación generaran plántulas con mayor biomasa. Sin embargo, se le atribuye a los problemas de hongo que se tuvieron en laboratorio durante el crecimiento de la plántula de la semilla proveniente de ambas localidades.

En el Cuadro 4 se presenta la prueba de comparación de medias entre tratamientos de evaluación para ensayos de laboratorio.

Cuadro 4. Comparación de medias de tratamientos aplicados a los genotipos de triticale evaluados en dos localidades en 2020.

Tratamientos	Ensayo Laboratorio									Ensayo Laboratorio										
	Caracteres Morfológicos			Caracteres Morfológicos			Calidad Fisiológica de Semilla													
	REND (t ha ⁻¹)	PH (kg hL ⁻¹)		GESP	BS (g)	AP (cm)		Vigor (%)	GER (%)	PS (mg)	LP (cm)	LR (cm)								
Testigo	4.11	a†	67.72	a	45.53	a	18.82	a	111.83	a	86	a	87	a	12.26	a	16.47	a	13.46	a
Regulador	3.20	b	67.00	b	45.41	a	17.07	b	87.19	b	81	b	83	b	11.29	b	14.58	b	13.18	a
\bar{x}	3.65		67.36		45.47		17.94		99.51		84		85		11.77		15.52		13.32	
Tukey ($\alpha=0.05$)	0.15		0.42		2.32		0.98		5.47		1.94		1.86		0.21		0.23		0.31	

† Valores con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes; REND= Rendimiento de semilla; PH= Peso hectolitrico; GESP= Granos por espiga; BS= Biomasa seca; AP= Altura de planta; GER= Germinación; PS= Peso seco de plántula; LP= Longitud de plúmula; LR= Longitud de radícula.

Los resultados muestran mayor rendimiento de grano y peso hectolitrico en el tratamiento sin regulador de crecimiento, en comparación con el tratamiento con regulador, con una diferencia del 22% y 1 % respectivamente (Cuadro 4). Lo anterior indica que la aplicación Trinexapac-etil afecta el rendimiento de grano. Al respecto, Matysiak *et al.* (2009) mencionan que el rendimiento en triticale es influenciado por el uso de Trinexapac-etil. Los resultados presentados en el Cuadro 4 difieren de lo reportado por Ilumäe (2002), quien señala que el uso de Trinexapac-etil en su forma comercial Moddus 250 EC aumentó un 9 % en rendimiento en trigo, lo cual puede variar por el cultivar y el ambiente.

El número de granos por espiga no presentó diferencia entre tratamientos. Por otra parte, la altura de planta fue mayor (111.83 cm) en el testigo, en comparación con el regulador de crecimiento con una diferencia del 22% (Cuadro 4), lo cual contrasta con un mayor peso de biomasa seca en el testigo, en comparación con el regulador de crecimiento. Lo anterior coincide con Koch *et al.* (2017), quienes mencionan que las plantas sometidas a reguladores de crecimiento presentan menor altura y un índice de cosecha menor. Se debe tener presente que los reguladores de crecimiento pueden inhibir procesos fisiológicos, ocasionando reducción en tamaño de la planta (Rademacher, 2000). Berry *et al.* (2004), menciona que las variaciones en la altura de la planta a causa de las regularidades de crecimiento son causadas por el efecto del ingrediente activo, junto con el estado de desarrollo en la planta, así como las condiciones ambientales y tiempos de aplicación. Otro estudio realizado menciona haber obtenido reducciones en altura de forma significativa con la aplicación de Trinexapac-etil, en donde la altura se redujo un 22% comparado en el testigo (Schürch, 2006).

Al comparar las medias para variables de calidad fisiológica, en semillas procedentes de genotipos con y sin aplicación de Moddus 250 CE ® (Cuadro 4), se observó que el testigo mostró un comportamiento superior en cuanto a vigor (86 %), mostrando una diferencia del 6% comparado con el tratamiento de Trinexapac-etil. Lo anterior difiere con Koch *et al.* (2017) en donde evaluaron la calidad fisiológica de la semilla con la aplicación de trinexapac-etil, y mencionan que con la aplicación de Trinexapac-etil se produce mayor vigor de semilla. Sin embargo, esto puede diferir de acuerdo al cultivar, aplicación del producto y condiciones de germinado.

En cuanto a la variable de germinación se presentó mayor germinación en el testigo (87 %) en comparación con el regulador de crecimiento, con una comparación del 5 % entre tratamientos. Para peso seco de plántula y longitud de plúmula se presentan valores más altos en el tratamiento testigo comparado con el regulador de crecimiento con un 8 y 11 % respectivamente (Cuadro 4). Lo anterior se atribuye principalmente a la respuesta a la aplicación de Moddus 250 CE ®, que inhibe la síntesis del principal promotor de la germinación, el ácido giberélico (Koch *et al.*, 2017).

La germinación de la semilla se puede ver afectada por la inhibición que causan los reguladores de crecimiento en las giberelinas, las cuales son consideradas promotoras de la iniciación enzimática en el proceso de germinación (Gil y Miranda, 2008).

El Cuadro 4 indica disminución en germinación y vigor con la aplicación de Trinexapac-etil. Sin embargo, se tuvieron problemas de hongo en las semillas de ambas localidades para los dos tratamientos, por lo que los parámetros de calidad de semilla se vieron afectados con y sin regulador de crecimiento.

Los datos anteriores (Cuadro 4) muestran que, entre más rendimiento, mayor vigor y germinación de semillas, por lo que se relaciona al rendimiento con la calidad de semilla. Lo anterior coincide con lo descrito por Mendoza *et al.* (2011), quienes mencionan que el vigor es un componente importante de la calidad de semilla, ya que se relaciona con una germinación deseable y plantas competitivas.

Se presentan los resultados del análisis de varianza para las variables longitud y grosor de entrenudos de genotipos de triticale (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables longitud y grosor de entrenudos evaluados en dos localidades en 2020.

FV	GL	LENT1 (cm)	LENT2 (cm)	LENT3 (cm)	LENT4 (cm)	GENT1 (cm)	GENT2 (cm)	GENT3 (cm)	GENT4 (cm)
Localidades (Loc)	1	38.72 **	18.22	21.04	59.66	12.45	0.89	13.69	763.26 **
Tratamientos (Trt)	1	23.64 **	920.93 **	839.75 **	63052.57 **	71.14	17.78	671.11 **	2819.91 **
Loc x Trt	1	25.52 **	0.47	36.81 *	2660.00 **	97.96 *	201.66 *	1132.45 **	1376.00 **
Repeticiones / Loc x Trt	8	0.88	11.99 **	7.69 **	464.24 **	20.60	52.82 **	26.73	83.96 **
Genotipos (Gen)	44	2.35 **	10.02 **	14.38 **	156.79 **	42.28 **	38.67 **	49.79 **	103.90 **
Trt x Gen	44	2.29 **	5.08 **	7.39 **	103.49 *	13.94	18.83	29.70 **	80.92 **
Loc x Gen	44	1.92 **	4.40 **	7.31 **	116.05 **	23.77 **	23.38	36.90 **	105.00 **
Loc x Trt x Gen	44	1.82 **	3.09	3.60	93.68	17.16	17.26	34.39 **	124.24 **
Error	352	0.67	2.37	3.39	74.71	13.31	18.26	20.44	41.89
CV (%)		13.47	13.20	11.86	17.01	8.62	10.36	11.99	26.81

*, **= Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente; FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de variación; LENT= Longitud de entrenudos; GENT= Grosor de entrenudo.

Los resultados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre localidades para la longitud de entrenudo uno (LENT1) y grosor de entrenudo cuatro (GENT4), las diferencias entre el resto de los entrenudos en longitud y grosor resultaron no significativos. Lo anterior indica que las condiciones ambientales no tuvieron gran influencia el cuanto a los entrenudos de la planta.

El análisis de varianza para la fuente de variación tratamientos mostró resultados significativos ($P \leq 0.01$) para longitud de entrenudos. Para el grosor de entrenudos no se encontraron diferencias en el grosor de entrenudos uno y dos, mientras que para el grosor de entrenudos tres y cuatro, se obtuvieron diferencias significativas ($P \leq 0.01$).

Los resultados entre genotipos son significativos ($P \leq 0.01$) para longitud de entrenudos y grosor de entrenudos, esto atribuido a la diferencia genética que existe entre cada genotipo de triticale empleado en el presente estudio.

La prueba de comparación de medias de las variables longitud de entrenudos y grosor de entrenudos para los ambientes de evaluación se muestra en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Comparación de medias de localidades en la evaluación de genotipos de triticale para longitud y grosor de entrenudos en 2020.

Localidades	LENT1 (cm)	LENT2 (cm)	LENT3 (cm)	LENT4 (cm)	GENT1 (cm)	GENT2 (cm)	GENT3 (cm)	GENT4 (cm)
Aldama	6.38 a†	11.84 a	15.72 a	50.45 a	42.45 a	41.18 a	37.86 a	22.94 b
Matamoros	5.84 b	11.48 a	15.33 a	51.12 a	42.15 a	41.26 a	37.54 a	25.32 a
\bar{x}	6.11	11.66	15.53	50.79	42.30	41.22	37.70	24.13
Tukey ($\alpha=0.05$)	0.18	0.68	0.55	4.27	0.90	1.44	1.02	1.81

† Valores con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes; LENT= Longitud de entrenudo; GENT= Grosor de entrenudo.

La longitud del primer entrenudo demostró ser superior en la localidad de Aldama Chih. (Cuadro 6) con un 8.5 %. y el grosor de entrenudos cuatro, siendo superior la localidad de Matamoros Coah. con un 10 %. La longitud de tallo puede variar incluso dentro de un mismo tallo, regularmente el primer nudo o basal, es más corto, el segundo más largo y así sucesivamente, el entrenudo que sostiene a la espiga o pedúnculo es el más largo (Moreno *et al.*, 2001).

Uno de los factores más importantes en el crecimiento de la planta son los factores ambientales como la intensidad lumínica y la temperatura. La baja intensidad lumínica promueve la elongación de entrenudos por lo que a mayor temperatura habrá mayor formación de macollos. Por el contrario, una alta intensidad lumínica provoca un bloqueo en el paso de giberelinas, las cuales son encargadas de la división y elongación celular lo que bloqueara el crecimiento de entrenudos (Pinthus, 1973), por lo que se cree que los datos presentados (Cuadro 6), obtuvieron intensidades lumínicas y temperaturas similares entre localidades, lo que provoca que no haya diferencias significativas en la longitud y grosor de entrenudos en su mayoría.

En el Cuadro 7 se presenta la prueba de comparación de medias de las variables longitud de entrenudos y grosor de entrenudos para los tratamientos de evaluación.

Cuadro 7. Comparación de medias de tratamientos en la evaluación de genotipos de triticale para longitud y grosor de entrenudos en 2020.

Tratamientos	LENT1 (cm)	LENT2 (cm)	LEN3 (cm)	LENT4 (cm)	GENT1 (cm)	GENT2 (cm)	GENT3 (cm)	GENT4 (cm)
Testigo	6.32 a†	12.97 a	16.77 a	61.59 a	41.94 a	41.40 a	38.82 a	26.42 b
Regulador	5.90 b	10.35 b	14.28 b	39.98 b	42.66 a	41.04 a	36.59 a	21.85 a
\bar{x}	6.11	11.66	15.53	50.78	42.30	41.22	37.70	24.13
Tukey ($\alpha=0.05$)	0.18	0.68	0.55	4.27	0.90	1.44	1.02	1.81

† Valores con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes; LENT= Longitud de entrenudo; GENT= Grosor de entrenudo.

La comparación de medias entre tratamientos presentó diferencias para la variable longitud de entrenudo uno, dos, tres y entrenudo 4 con una diferencia de 6, 20, 15 y 35 % respectivamente, obteniendo mayor longitud de entrenudos el tratamiento sin aplicación de Moddus 250 CE ®, siendo el último entrenudo (pedúnculo) el más largo con una longitud de 61.59 cm. Se ha reportado que los reguladores de crecimiento causan cambios en el balance hormonal de las plantas, provocando una disminución en la longitud de entrenudos (Athaide y Lamas 1999; Mondino y Peterlin, 2002). La acción de estos productos ayuda a enfrentar problemas de acame que se ven reflejados en el rendimiento

debido a que actúa en la reducción de la altura de plantas (Faigenbaum, 2003) y por consecuencia ocasiona entrenudos más cortos

En cuanto al grosor de entrenudos, no se encontraron diferencias entre los tratamientos (con y sin regulador de crecimiento), lo cual coincide con los resultados obtenidos por Schürch (2006) y Kandus (2002), en donde mencionan no haber encontrado diferencias significativas sobre el diámetro de tallo en respuesta a la aplicación de reguladores de crecimiento. En cuanto a grosor de tallo sólo se registraron diferencias estadísticas del 17 % entre los tratamientos en el grosor de entrenudo cuatro (pedúnculo), siendo mayor el tratamiento testigo.

Análisis de varianza por grupos de hábito de crecimiento

Se presentan los resultados del análisis de varianza (Cuadro 8) para las variables rendimiento, peso hectolítrico, granos por espiga, biomasa seca, y altura de planta para Grupos (Grp) o hábitos de crecimiento (primaveral, facultativo, intermedio e invernal).

Cuadro 8. Cuadrados medios del análisis de varianza para genotipos de triticale agrupados por hábitos de crecimiento evaluados en dos localidades en 2020.

FV	GL	REND (t ha ⁻¹)	PH (kg hL ⁻¹)	GESP	BS (g)	AP (cm)
Localidades (Loc)	1	74.67 **	75.18 **	3830.40 **	802.41 **	364.24
Tratamientos (Trt)	1	111.95 **	70.48 **	1.94	413.26 **	81979.74 **
Loc x Trt	1	8.39 **	8.58	4442.18 **	34.54	8628.00 **
Repeticiones /Loc x Trt	8	0.59 **	4.48 **	137.61 **	24.44 **	760.50 **
Grupos (Grp)	3	29.59 **	173.52 **	3187.05 **	0.87	1260.44 **
Trt x Grp	3	1.11 *	21.43 **	98.82	38.45 **	127.86 *
Loc x Grp	3	22.92 **	118.15 **	27.70	130.04 **	166.08 **
Loc x Trt x Grp	3	0.19	6.15	1.93	68.84 **	44.35
Error	516	0.49	4.94	77.13	10.43	53.69
CV (%)		19.24	3.30	19.31	18.00	7.36

*, **= Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente; FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de variación; REND= Rendimiento de semilla; PH= Peso hectolítrico; GESP= Granos por espiga; BS= Biomasa seca; AP= Altura de planta.

En el Cuadro 8 se muestran diferencias significativas ($P \leq 0.01$). para rendimiento, peso hectolitrico, granos por espiga, biomasa seca, excepto para la variable altura de planta lo cual está relacionado con los datos presentados en Cuadro 6 en donde los ambientes no modificaron significativamente la longitud y grosor de entrenudos en su mayoría. En cuanto a tratamientos se presentan diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para las variables altura de planta, peso hectolitrico, biomasa seca y altura de planta. No se encontraron diferencias significativas en granos por espiga. Lo anterior indica que la aplicación del regulador de crecimiento si modifica diferentes parámetros de la planta además de la altura, pero Tinexapac-etil no influyó en modificar el número de granos dentro de cada espiga.

En cuanto a grupos, los resultados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para las variables de rendimiento, peso hectolitrico, granos por espiga y altura de planta y diferencias no significativas para la variable biomasa seca.

En cuanto a la interacción tratamientos x grupos se muestran diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para peso hectolitrico, biomasa seca y altura de planta, y ($P \leq 0.05$) para rendimiento. La variable granos por espiga no mostró diferencias significativas para dicha interacción. La interacción localidades x grupos mostró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para todas las variables con excepción de granos por espiga, en donde no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 8).

Los resultados anteriores (Cuadro 8), indicaron que tanto las condiciones ambientales, la aplicación de productos químicos y hábitos de crecimiento son factores de gran importancia por lo que su consideración en los programas de mejoramiento es esencial. En este sentido, Moreno *et al.* (2001) mencionan que el crecimiento en las plantas es afectado por el año, fecha de siembra, localidad etc. Muchos criterios de interés en la agricultura se han mejorado genéticamente, pero si bien es cierto el comportamiento del cultivo puede variar en diferentes localidades aun tratándose de un mismo genotipo, demostrándose así el efecto del ambiente.

Se presenta en el Cuadro 9 la comparación de medias entre cuatro grupos de hábito de crecimiento (primaverales, facultativos, intermedios e invernales), para triticale.

Cuadro 9. Comparación de medias de grupos en la evaluación de genotipos de triticale para diferentes hábitos de crecimiento evaluados en dos localidades en 2020..

Hábitos de crecimiento	REND (t ha ⁻¹)		PH (kg/hl)		GESP		BM (g)		AP (cm)	
Primaveral	4.10	a†	69.37	a	47.59	ab	17.86	a	93.50	c
Facultativos	3.99	a	68.05	b	50.36	a	18.03	a	98.04	b
Intermedios	3.68	b	66.94	c	45.10	b	17.88	a	101.93	a
Invernales	2.95	c	66.18	c	38.68	c	17.97	a	100.32	ab
\bar{x}	3.68		67.64		45.43		17.94		98.45	
Tukey ($\alpha=0.05$)	0.24		0.77		3.05		1.12		2.54	

† Valores con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes; REND= Rendimiento de semilla; PH= Peso hectolitrico; GESP= Granos por espiga; BS= Biomasa seca; AP= Altura de planta;

El Cuadro 9 presenta que para rendimiento y peso hectolitrico el grupo de genotipos pertenecientes al tipo primaveral fueron los que obtuvieron una media más alta con un rendimiento de 4.10 t ha⁻¹ y peso hectolitrico de 69.37 kg hL⁻¹ los cuales difieren con un 28% y 5 % respectivamente, comparado con los invernales, los cuales obtuvieron un rendimiento y peso hectolitrico más bajo. Basandose en los datos de rendimiento para cada uno de los genotipos (Anexo 1), sobresale la variable 43 con un rendimiento de 4.91 t ha⁻¹ la cual es de hábito de crecimiento primaveral (precoz). Lo anterior difiere con lo mencionado por Ilumäe (2002), en donde menciona que, en los cereales de invierno, específicamente en trigo, se aumenta el rendimiento con la aplicación del regulador de crecimiento Trinexapac-etil. Sin embargo, esto puede variar de acuerdo a las fechas de aplicación, así como las condiciones ambientales (Berry *et al.*, 2004).

Los triticales facultativos presentaron mayor número de granos por espiga seguido de los primaverales siendo superiores con un 23% en comparación con los invernales los cuales resultaron con menor número de granos por espiga. En cuanto a la altura de planta también se tuvieron diferencias entre hábitos de crecimiento, destacándose con más altura los materiales agrupados como intermedios con una media de 93.50 cm y una diferencia del 9 % en comparación con los menos altos, los cuales corresponden a los primaverales.

En la comparación de medias de altura de planta entre genotipos (Anexo 3) se obtuvo mayor altura de planta en el genotipo dos, perteneciente al hábito de crecimiento intermedio, seguido de los genotipos 44, 17, y 33, las cuales son de hábito invernal e intermedio. Se ha reportado que las variedades de trigo invernal han resultado con mayor altura debido a que su crecimiento activo sucede cuando existe gran disponibilidad de humedad por lo que tienden a crecer antes de la llegada de vientos calientes y secos (Moreno *et al* 2001).

Los genotipos de triticale pertenecientes al hábito de crecimiento primaveral obtuvieron mejores resultados en variables importantes como rendimiento, peso hectolitrico y granos por espiga. De acuerdo a lo anterior se puede tener relación con la aplicación de Trinexapac-etil como lo mencionan Subedi *et al.*, (2021) en donde la aplicación de trinexapac-etil puede aumentar el rendimiento y calidad de cereales de invierno.

En el Cuadro 10 se presenta el análisis de varianza para las variables longitud y grosor de entrenudos para hábitos de crecimiento de genotipos de triticale.

Cuadro 10. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables longitud y grosor de entrenudos de genotipos de triticale agrupados por hábitos de crecimiento en 2020.

FV	GL	LENT1 (cm)	LENT2 (cm)	LENT3 (cm)	LENT4 (cm)	GENT1 (cm)	GENT2 (cm)	GENT3 (cm)	GENT4 (cm)
Localidades (Loc)	1	38.72 **	18.22 *	21.04 **	59.66	12.45	0.89	13.69	763.26 **
Tratamientos (Trt)	1	23.64 **	920.93 **	839.75 **	63052.57 **	71.14 **	17.78	671.11 **	2819.91 **
Loc x Trt	1	25.52 **	0.47	36.81	2660.00	97.96	201.66	1132.45 **	1376.00 **
Repeticiones / Loc x Trt	8	0.88	11.99 **	7.69 **	464.24 **	20.60	52.82 **	26.73	83.96
Grupos (Grp)	3	5.94 **	39.08 **	77.37 **	590.86 **	122.76 **	109.42 **	49.42	311.48 **
Trt x Grp	3	2.41 *	11.09 **	11.98 **	174.90	15.57	15.77	26.53	221.20 **
Loc x Grp	3	0.63	11.64 **	20.46 **	185.16 *	35.52 *	18.11	25.20	77.17
Loc x Trt x Grp	3	3.47 **	1.60	9.87	77.17	15.50	17.52	58.13 *	105.47
Error	516	1.10	3.17	4.40 *	85.07	16.27	19.89	25.87	59.73
CV (%)		17.19	15.28	13.51	18.15	9.53	10.81	13.49	32.01

*,**= Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente; FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de variación; LENT= Longitud de entrenudos; GENT= Grosor de entrenudo.

El Cuadro 10 indica diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre localidades solamente para longitud del entrenado uno y diferencias de ($P \leq 0.05$) para longitud del entrenado tres. Para grosor de entrenados solo resultado significativo ($P \leq 0.01$) el entrenado cuatro. Lo anterior indica que las diferencias ambientales no tuvieron gran efecto en cuanto a entrenado como ya se discutió en el Cuadro 6

Para tratamientos el Cuadro 10 presentó diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para longitud de entrenados. En cuanto al grosor de entrenados se mostraron diferencias significativas en el entrenado uno, tres y cuatro, mientras que el grosor del entrenado dos, no presentó diferencias significativas.

De acuerdo a los hábitos de crecimiento analizados para longitud y grosor de entrenados se mostraron diferencias significativas para ($P \leq 0.01$) en cuanto a la longitud de cada uno de los entrenados del tallo. El grosor de entrenados presentó diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en todos los entrenados excepto la longitud del entrenado dos.

El comportamiento que presentan los triticales en cuanto a hábitos de crecimiento es importante para determinar el impacto que tiene la planta en cuanto a la altura y desarrolló. Sin embargo, en este estudio se cree que el trinexapac-etil fue clave para las diferencias entre los distintos genotipos en cuanto a entrenados.

En el Cuadro 11 se presenta la comparación de medias para las variables de longitud y grosor de entrenudos en cuanto a hábitos de crecimiento en triticale.

Cuadro 11. Comparación de medias de genotipos de triticale para longitud y grosor de entrenudos en 2020.

Grupos	LENT1 (cm)	LENT2 (cm)	LENT3 (cm)	LENT4 (cm)	GENT1 (cm)	GENT2 (cm)	GENT3 (cm)	GENT4 (cm)
Primaveral	5.78 b	10.84 c	15.16 bc	48.33 b	41.96 b	40.95 ab	37.65 a	22.08 b
Facultativos	6.01 ab	11.71 ab	16.26 a	48.67 b	41.22 b	40.19 b	36.96 a	23.42 b
Intermedios	6.32 a†	12.15 a	15.70 ab	52.12 a	41.52 ab	41.44 ab	37.88 a	23.97 ab
Invernales	6.06 ab	11.18 bc	14.47 c	52.49 a	43.49 a	42.33 a	38.39 a	26.36 a
\bar{x}	6.04	11.47	15.40	50.40	42.05	41.23	37.72	23.96
Tukey (0.05)	0.36	0.61	0.72	3.20	1.20	1.54	1.76	2.68

† Valores con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes; LENT= Longitud de entrenudo; GENT= Grosor de entrenudo

Los triticales de hábito de crecimiento intermedio-invernal e invernal resultaron con entrenudos más largos, mientras que los entrenudos más cortos pertenecieron en su mayoría al grupo de los primaverales. Los triticales de hábito de crecimiento invernal presentaron mayor grosor de tallo. El grosor de tallo suele ir disminuyendo a medida que está más cerca de la espiga (pedúnculo) y lo mismo ocurre con la longitud de entrenudos (Cuadro 11).

Los resultados en el Cuadro 11 fueron muy variables en cuanto a hábitos de crecimiento y cada longitud y grosor de entrenudos corresponde a cada uno de los hábitos. El patrón de crecimiento de los entrenudos es de gran utilidad para entender la genética y variación de crecimiento en cereales (Jagadev, 2020). Sin embargo, en los resultados obtenidos (Cuadro 11) los resultados indican un patrón inestable en cuanto al crecimiento de entrenudos para cada uno de los hábitos de crecimiento.

Se presenta la Figura 1 referente a rendimiento de grano de genotipos de triticale para el tratamiento testigo y con regulador de crecimiento Trinexapac-etil, evaluados en dos localidades.

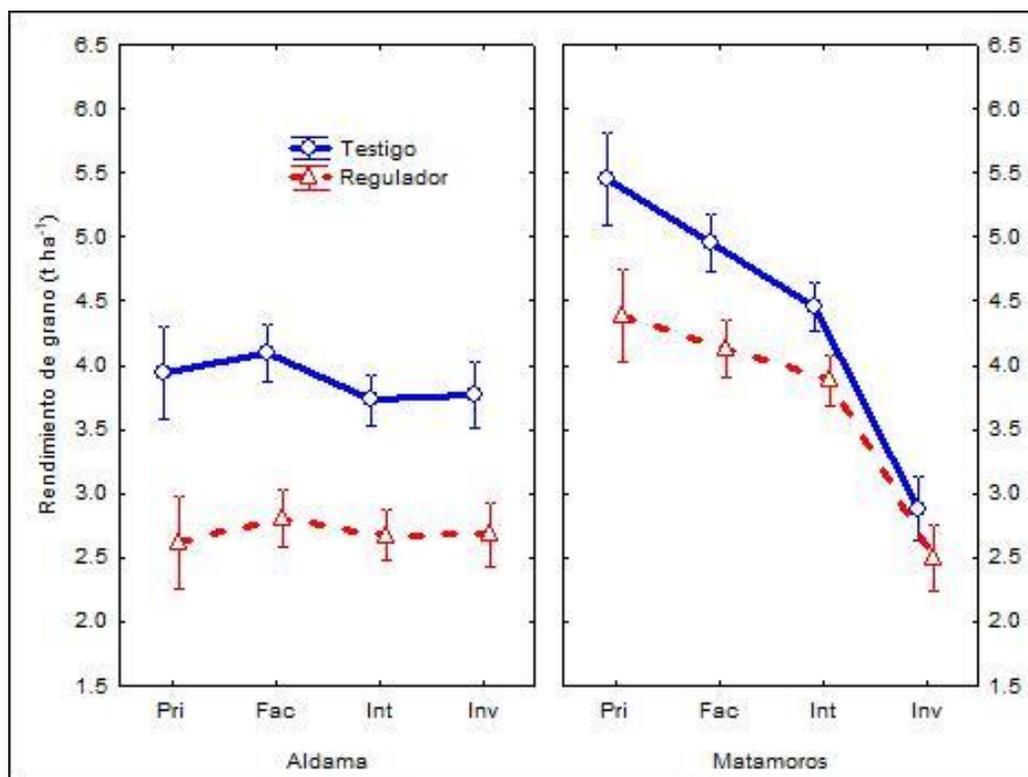


Figura 1. Comportamiento de la variable rendimiento de grano en la interacción de tratamientos x grupos. Pri = primaverales; Fac = facultativos; Int = intermedios; Inv = invernales.

En la Figura 1 se aprecia el comportamiento de los tratamientos evaluados en cuanto a rendimiento por hábito de crecimiento y localidad. Los triticales con regulador de crecimiento (Trinexapac-etil) presentaron menor rendimiento de grano comparado con el testigo, el cual obtuvo mayor rendimiento. En cuanto a localidades, la localidad de Matamoros Coah. fue superior en rendimiento sin regulador de crecimiento, siendo el grupo primaveral el mejor grupo para esta variable como se mencionó en el Cuadro 10. Los mejores resultados para rendimiento se obtuvieron en los genotipos cultivados sin regulador de crecimiento, con hábito de crecimiento primaveral principalmente, seguido de los facultativos o semi-precoces, los cuales también sobresalieron en vigor y germinación de semilla.

En el Anexo 1 se muestran los genotipos sobresalientes en rendimiento, siendo el genotipo 43 el más alto con 4.91 t ha^{-1} , después le siguen los genotipos 19, 38 y 29. Para vigor de germinación, el mayor porcentaje se obtuvo en el genotipo 24 con un 92 %, seguido de los genotipos 29, 11 y 19 (Anexo 4), y por último el mayor porcentaje de germinación se obtuvo en la variedad 40 con un 93 %, posteriormente los genotipos 11, 29 y 39 (Anexo 5).

El hábito de crecimiento primaveral o precoz, debido a su precocidad, normalmente es el de mayor rendimiento de grano en triticale, debido a sus cualidades fenológicas y fisiológicas como: fecha de floración, buen llenado de grano, excelente peso del grano, exuberante cubierta vegetal en floración y buen número de espigas por m^2 (Santiveri, 1999).

Se muestra la Figura 2 referente a la variable altura de planta de genotipos de triticale para tratamiento testigo y regulador de crecimiento evaluados en dos localidades.

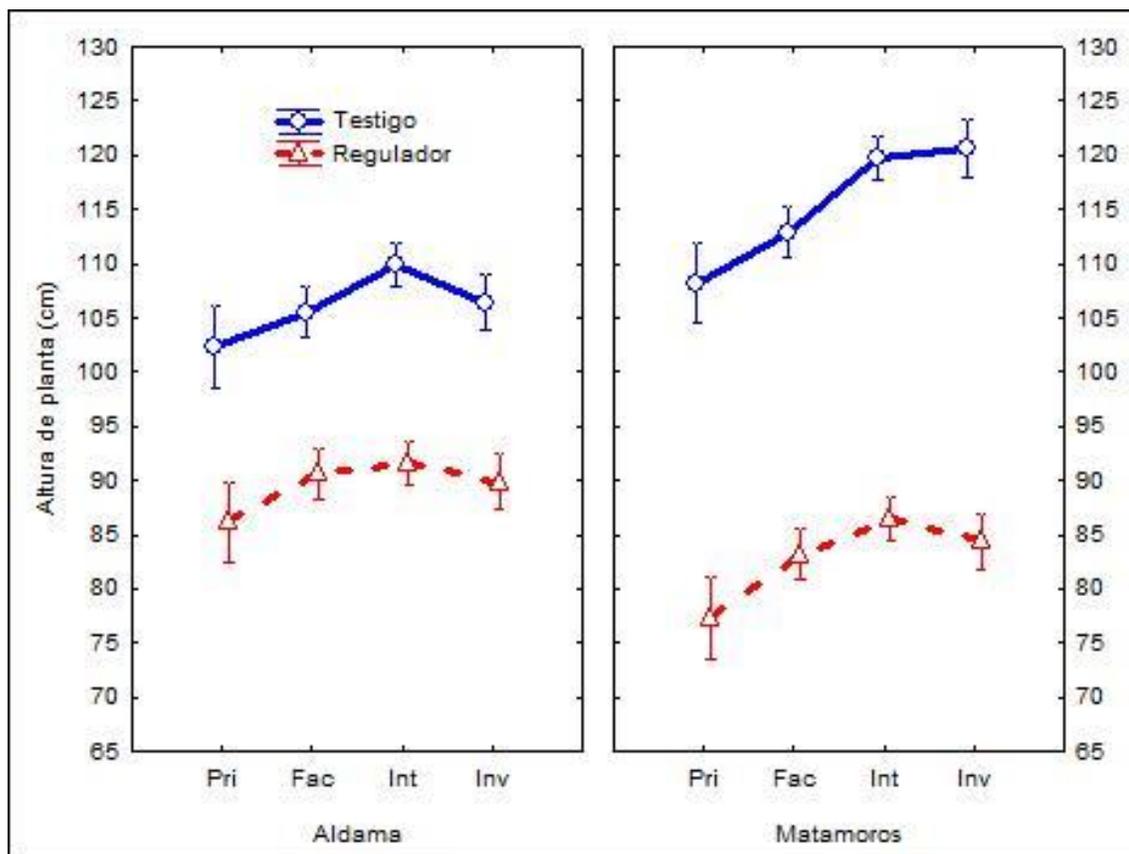


Figura 2. Comportamiento de la variable altura de planta en la interacción localidades x tratamientos x grupos. Pri = primaveral; Fac = facultativos; Int= intermedios; Inv= invernales.

Los resultados obtenidos (Figura 2) muestran mayor altura de planta en el tratamiento testigo, siendo la localidad de Matamoros superior a la de Aldama, Chih. La comparación entre grupos indicó que el grupo tres (intermedios) contienen los triticales con mayor altura.

El tratamiento con regulador presentó plantas más enanas en comparación con el tratamiento testigo a consecuencia de la aplicación del producto; a diferencia del testigo, en el tratamiento con regulador de crecimiento se obtuvieron plantas con mayor altura en la localidad de Aldama, Chih. Al igual que en el tratamiento testigo, el grupo intermedio registró las plantas con mayor altura.

CONCLUSIONES

La aplicación de trinexapac-etil en el cultivo de triticale tiene efecto en el comportamiento agronómico y producción de semilla. El presente estudio corroboró que el regulador de crecimiento trinexapac-etil reduce la altura de planta al disminuir la longitud de entrenudos y disminuyó el rendimiento de grano de manera significativa.

Además del rendimiento de grano y caracteres morfológicos, el regulador de crecimiento trinexapac-etil afectó la calidad de la semilla como una disminución en el vigor y germinación,

REFERENCIAS

- Álvarez, R. M., M. Pérez, E. Reyes, O. J. Moreno, N. Delgado, G. T. Torrealba, M. A. Acevedo, W. A. Castillo, M. I. Navas, M. Salazar, O. J. Torres, P. J. García, y A. Pérez. 2008. Evaluación comparativa de híbridos y variedades de arroz en los llanos centroccidentales de Venezuela. *Agronomía tropical*. 58(2): 101-110.
- Athayde, M. L. y F. M. Lamas. 1999. Aplicação sequencial de cloreto de mepiquat em algodoeiro. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 34 (3): 369-375.
- Berry, P., M. Sterling, H. Spink, C. Baker, R. Sylvester B., S. Mooney, A. Tams and A. Ennos. 2004. Understanding and reducing lodging in cereals. *Advances in Agronomy*. 84: 217-271.
- Bijanzadeh, E., V. Barati, Y. Emam and Pessarakli. 2019. Sowing date effects on dry matter remobilization and yield of triticale (*Triticosecale* Wittmack) under late season drought stress. *Journal of Plant Nutrition*. 42(7): 681-695.
- Bishaw Z., A. Niane A., Y. Gan. 2007. Quality Seed Production. En Yadav SS, McNeil DL, Stevenson PC (Eds.) *Lentil. An Ancient Crop for Modern Times*. Springer. Holanda. pp. 349-383.
- Castro N., R. Domínguez y H. Paccapelo. 2020. Análisis del rendimiento de grano y sus componentes en cereales sintéticos (trícepiros y triticales). *Rev. Semiárida*, 22: 13-21.
- Chávez S., L., A. Álvarez F., and R. Ramírez F. 2012. Notes of the influence of some plant growth regulators in the abiotic stress plant response. *Cultivos Tropicales*, 33(3): 47-56.
- Cruz M., M., A. Gabriel., L. H. Ilkiu V., O. Possatto J., M. Ventura F. y O. A. Camargo J. 2015. Biorregulador aplicado em diferentes estádios fenológicos na cultura do trigo. *Rev. Agroambiente*. 9(4): 476-480.
- Dordas, C. 2006. Foliar boron application improves seed set, seed yield, and seed quality of alfalfa. *Agronomy Journal*. 98(4): 907-913.
- Faigenbaum, H. 2003. *Labranza, siembra, y producción de los principales cultivos de Chile*. Impresora y Editora Ograma S.A., Santiago, Chile. 760 pp.
- Ferreira V., E. Grassi, A. Ferreira, H. di Santo, E. Castillo, y H. Paccapelo. 2015. Triticales y trícepiros: interacción genotipo-ambiente y estabilidad del rendimiento de grano. *Chilean J. Agric. Anim. Sci*. 31(2): 93-104.
- França N., J. de B., F. C. Kryzanowsky, G. Pizzolante de P., N. Pereira da C. y A. Assis H. 2007. *Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade - Série Sementes*. Circular Técnica No. 40. Londrina: EMBRAPACNPSO, 12 pp.

- Fraś A., K. Gołębiowska, D. Gołębiowski, D. R. Mańkowski, D. Boros, and P. Szcówka. 2016. Variability in the chemical composition of triticale grain, flour, and bread. *Journal of Cereal Science*. 71: 66-72.
- Gil, A. I., y D. Miranda 2008. Efecto de la temperatura, inmersión en agua y concentración de fitoreguladores sobre la germinación de semillas de papaya (*Carica papaya* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 2(1): 9-20.
- Giunta F, R. Motzo and M. Deida. 1999. Grain yield analysis of a triticale (X *Triticosecale* Wittmack) collection grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*. 63: 199-210.
- González T., F., y C. Rojo H. 2005. *Prontuario de Agricultura. Cultivos Agrícolas*. Editorial Mundi: Prensa Grupo Mundi-Prensa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).
- Grijalva C., R. L., R. Macías D., G. Martínez D., G., F. Robles C., and F. Nuñez R. 2012. Effects of trinexapac-ethyl on different wheat varieties under desert conditions of Mexico. *Agricultural Sciences*, 3(5): 658-662.
- Guerrero A. 1999. *Cultivos Herbáceos Extensivos*. Editorial Mundi Prensa.
- Gupta, P. K., and P. M. Priyadarshan, 1982. Triticale: present status and prospects. *Advances in genetics*. 21: 255-345.
- Ilumäe, E. 2002. The influence of growth regulator Moddus 250 EC on different cereal species. *Journal of Agricultural Science*. 13(2): 73-78.
- ISTA. 2009. *International Rules for Seed Testing*. Edition 2009. The International Seed Testing Association (ISTA). Zürichstr 50 CH-8303, Bassersdorf, Switzerland. 249. p.
- Jagadev, P. N. 2020. Indices based on culm-leaf growth, spike-grain development and relative yield for identification of heat tolerant genotypes in triticale and wheat. *International Journal of Chemical Studies*. 8(6): 1977-1982
- Jobet C., J. Zúñiga, D. Castillo, I. Matus, C. Alfaro, y J. C. García. 2019. Emperador inia: nueva variedad de triticale (x *Triticosecale* wittmack) de invierno para el sur de Chile. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*. 35(2): 173-177.
- Kandus M. 2002. Identificación del momento óptimo de aplicación de reguladores de crecimiento para aumentar el rendimiento en trigo y cebada. Tesis Ing. Agr. Buenos Aires, Argentina. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 65 p.
- Koch F., G. R. Aisenberg, M. A. Monteiro, T. Pedó, P. D. Zimmer, F. A. Villela, y T. Z. Aumonde. 2017. Crecimiento de plantas de trigo sometidas a la aplicación del regulador decrecimiento trinexapac-ethyl y vigor de las semillas producidas. *Agrociencia Uruguay*. 21(1): 24-32.

- Llera F. 2002. Triticale: El cereal del futuro. Nuevas perspectivas y variedades: grano, forraje y doble aptitud. Secretaría General de la Junta de Extremadura. Badajoz: España. 56 p.
- Lozano A. J. 1990. Studies on triticale forage production under semiarid conditions of northern Mexico. Proceedings of the second international triticale symposium. Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil. 267 p.
- Lozano Del R., A. J., V. M. Zamora V., L. Ibarra J., S. A. Rodríguez H., E. Cruz L., and M. Rosa I. 2009. Análisis de la interacción genotipo-ambiente mediante el modelo Ammi y potencial de producción de triticales forrajeros (*X Triticosecale* Wittm.). Universidad y ciencia. 25(1): 81-92.
- Lozano, A. J., V. M. Zamora V., H. D. Solis, M. Mergoum and W. H. Pfeiffer. 1998. Triticale forage production and nutritional value in the northern region of Mexico. In: Proc. 4th Int. Triticale Symp. Vol. 2. Alberta Agric. Rural Dev. Ctr., Lacombe, AB, Canada. p. 259.
- Matysiak K., and S. Kaczmarek. 2009. The influence of plant growth regulator trinexapac-ethyl and its mixture with chlorocholine chloride on growth and morphological traits of winter triticale depending on nitrogen fertilisation dose. Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis, Agricultura, Alimentaria, Piscaria et Zootechnica. 274(12): 27-38.
- Medina, G. A. 2014. Manual de Cultivos Forrajeros. F.C.A. Universidad Autónoma del Estado de México. 116 p.
- Mellado Z., M., I. Matus T. y R. Madariaga B. 2008. Antecedentes sobre el triticale en Chile y otros países. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA no. 183-74 p.
- Mendoza E., M., E. Cortez B., J. G. Rivera R., J. A. Rangel L., E. Andrio E., y F. Cervantes O. 2011. Época y densidad de siembra en la producción y calidad de semilla de triticale (*X Triticosecale* Wittmack). Rev. Agronomía Mesoamericana. 22(2): 309-316
- Mendoza M, E. Andrio, J. G. Garcia. 2006. El Triticale: un cereal para forraje con futuro para zonas marginadas. Artículo de Difusión. Revista TECNOAGRO 26: 48-50.
- Mergoum, M., P. K. Singh, R. J. Peña, A. J. Lozano Del R., K. V. Cooper, D. F. Salmon, and H. Gómez Macpherson. (2009) Triticale: A “New” Crop with Old Challenges. In: Carena MJ (ed.). Cereals. New York, NY. Pp: 267-287. DOI: 10.1007/978-0-387-72297-9.
- Mondino, M. H., y O. A. Peterlín 2002. Diferentes criterios de decisión para la aplicación de reguladores de crecimiento y su influencia sobre el rendimiento y el crecimiento del algodón (*Gossypium hirsutum* L.). Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA). 31(2): 117-126.

- Moreno G., R., y J. E. Rodríguez P. 1993. Triticale. In: Producción y genotecnia de plantas autógamias. Márquez S. F. (ed). AGT Editor. México. pp: 213-230.
- Moreno I., A. Ramírez, R. Plana y L. Iglesias. 2001. El cultivo del trigo. Algunos resultados de su producción en Cuba. *Cultivos Tropicales*. 22(4): 55-67.
- Murillo, A., A. Escobar H., H. Fraga, M. y R. Pargas, L. 2001. Rendimiento de grano y forraje de líneas de triticale y centeno en Baja California Sur, México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 24 (2): 145-153.
- Myer, R. and A.J. Lozano del R. 2004. Triticale as animal feed. In: Mergoum, M. and Gómez-Macpherson, H. (eds.). *Triticale improvement and production*. FAO Plant Production and Protection Paper No. 179. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome. pp. 49–58.
- Passioura, J. B., and J. F. Angus. 2010. Improving productivity of crops in water-limited environments. *Adv. Agron.* 106: 37-75.
- Perkowski J., M. Busko, J. Chmielewski, T. Góral and B. Tyrakowska. 2008. Content of trichodiene and analysis of fungal volatiles (electronic nose) in wheat and triticale grain naturally infected and inoculated with *Fusarium culmorum*. *International Journal of Food Microbiology*. pp. 127-134.
- Pinthus, M. J. 1973. Lodging in wheat, barley and oats: The phenomenon, its causes and preventive measures. *Advances in Agronomy*. 25: 209-263.
- Plana Ll., R. R., P. J. González C. y F. Soto C. 2016. Uso combinado de Ecomic®, Fitomas-e® y fertilizantes minerales en la producción de forraje para la alimentación animal a base de triticale (x. Triticosecale Wittmack), cv INCA TT-7. *Rev. Cultivos Tropicales*. 37(4): 76-83.
- Popinigis F (1985) *Fisiología da Semente*. 2ª Ed. Brasilia. 289 p.
- Rademacher W. 2000. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 501-531.
- Ramírez C., J. J., T. Cervantes S., H. E. Villaseñor M. y C. López C. 2003. Selección para componentes del rendimiento de grano en triticale irradiado. *Agrociencia*. 37(6): 595-603.
- Rivera, R., J. G., E. Cortez B., A. R. Urbina. y E. Andrio, E. 1997. Componentes de rendimiento de trigo (*Triticum aestivum* L.) variedad Salamanca S75. In VII Congreso Nacional y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. DGETA (Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria). 106 pp.
- Royo C, R. Blanco. 1999. Growth analysis of five spring and five winter triticale genotypes. *Agronomy Journal*. 91: 305-311.

- Salinas, A. R., A.N. Yoldjian, R. M. Craviotto y V. Bisaro. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 36(2): 371-379.
- Santiveri M., P. 1992. Influencia del hábito de crecimiento sobre el comportamiento agronómico y fisiológico del Triticale Hexaploide (X Triticosecale, Wittmack). Tesis Doctoral. Universitat de Lleida
- SAS Institute 2018. SAS/STAT® 15.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA.
- Sawan, Z. M. 2013. Direct and residual effects of plant nutrition's and plant growth retardants, on cottonseed. *Agricultural Sciences*. 4(12): 66-88.
- Schürch, G. C. 2006. Efecto de diferentes reguladores de crecimiento sobre la morfología y rendimiento de tres genotipos de trigo en la provincia de Bio-Bio. Tesis de licenciatura. Universidad Austral de Chile, 52 p.
- Subedi, M., R. Karimi, Z. Wang, Z., R. J. Graf, R. M. Mohr, J. T. O'Donovan and B. L. Beres. 2021. Winter cereal responses to dose and application timing of Trinexapacetyl. *Rev. Crop Science*. DOI: 10.1002/csc2.20472.
- Varughese, G., T. Barker, and E. Saari. 1987. Triticale. Centro Internacional de Maíz y Trigo (CIMMYT), México D.F., 32 P.
- Vieira, R. D., J. A. Paiva, A. Perecin and D. Perecin. 1999. Electrical conductivity and field performance of soybean seeds. *Seed Technology*, 21(1): 15-24.
- Villaroel N., y J. Méndez N. 2007. Calidad de semilla de nueve lotes de diferentes cultivares de maíz (*Zea mays* L.) afectada por el envejecimiento acelerado. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*. 24(1): 89-94.
- Ye C., W. E., H. Díaz S., A. J. Lozano Del R., V. M. Zamora V. y M. J. Ayala O. 2001. Agrupamiento de germoplasma de triticale forrajero por rendimiento, ahijamiento y gustosidad. *Técnica Pecuaria en México*. 39 (1): 15-30.
- Zadoks, J. C., T. T. Chang and C. F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*. 14: 415-421.
- Zamora V. M., A. J. Lozano del R., A. López B., M. H. Reyes V., H. Díaz S., J. M. Martínez R. y J. M. Fuentes R. 2002. Clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva en dos localidades de Coahuila. *Técnica Pecuaria en México*; 40(3): 229-242.

ANEXOS.

Anexo 1. Comparación de medias por genotipo para la variable rendimiento de grano.

Variedades	Media	Agrupamiento Tukey																						
43	4.190	a†																						
19	4.481	a	b																					
38	4.449	a	b	c																				
29	4.386	a	b	c	d																			
35	4.323	a	b	c	d	e																		
22	4.282	a	b	c	d	e	f																	
26	4.227	a	b	c	d	e	f																	
5	4.197		b	c	d	e	f	g	h															
37	4.194		b	c	d	e	f	g	h															
25	4.143		b	c	d	e	f	g	h	i														
23	4.089		b	c	d	e	f	g	h	i														
34	4.037		b	c	d	e	f	g	h	i														
30	3.981		b	c	d	e	f	g	h	i														
1	3.967		b	c	d	e	f	g	h	i														
31	3.946		b	c	d	e	f	g	h	i														
39	3.910		b	c	d	e	f	g	h	i	j													
6	3.858		b	c	d	e	f	g	h	i	j													
40	3.856		b	c	d	e	f	g	h	i	j													
21	3.837		b	c	d	e	f	g	h	i	j													
28	3.771			c	d	e	f	g	h	i	j	k												
4	3.762			c	d	e	f	g	h	i	j	K												
14	3.754			c	d	e	f	g	h	i	j	K												
32	3.735				d	e	f	g	h	i	j	k	l											
7	3.663					e	f	g	h	i	j	k	l	m										
20	3.626						e	f	g	h	i	j	k	l	m									
11	3.623						e	f	g	h	i	j	k	l	m									
9	3.620						e	f	g	h	i	j	k	l	m									
10	3.591							f	g	h	i	j	k	l	m	n								
17	3.580								f	g	h	i	j	k	l	m	n							
8	3.548									g	h	i	j	k	l	m	n							
24	3.536										g	h	i	j	k	l	m	n						
16	3.520											h	i	j	k	l	m	n						

33	3.517	h	i	j	k	l	m	n		
18	3.467	h	i	j	k	l	m	n		
27	3.446		i	j	k	l	m	n		
13	3.225		i	j	k	l	m	n		
3	3.222			j	k	l	m	n		
2	3.110				k	l	m	n		
15	3.034					l	m	n	o	
36	3.022						m	n	o	
12	3.020						m	n	o	
41	2.908							n	o	
42	2.374							n	o	p
44	2.077								o	p
45	1.853									p

† Valores con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes.

Anexo 2. Comparación de medias por genotipo para la variable altura de planta.

Variedades	Media	Agrupamiento Tukey							
2	111.042	a†							
44	107.083	a	b						
17	105.917	a	b	c					
33	105.517	a	b	c	d				
24	105.417	a	b	c	d				
14	105.000	a	b	c	d	e			
12	105.000	a	b	c	d	e			
10	104.375	a	b	c	d	e			
30	102.917	a	b	c	d	e	f		
45	102.833	a	b	c	d	e	f		
4	102.292	a	b	c	d	e	f		
16	102.083	a	b	c	d	e	f		
7	101.875	a	b	c	d	e	f		
11	101.667	a	b	c	d	e	f		
38	101.667	a	b	c	d	e	f		
22	101.667	a	b	c	d	e	f		
42	101.558	a	b	c	d	e	f		
15	101.458	a	b	c	d	e	f		

34	101.458	a	b	c	d	e	f			
3	101.350	a	b	c	d	e	f	gg		
13	101.042	a	b	c	d	e	f	gg	h	
8	101.042	a	b	c	d	e	f	gg	h	
20	101.042	a	b	c	d	e	f	gg	h	
31	99.792		b	c	d	e	f	gg	h	i
41	99.583		b	c	d	e	f	gg	h	i
25	99.583		b	c	d	e	f	gg	h	i
40	98.750		b	c	d	e	f	gg	h	i
36	98.542		b	c	d	e	f	gg	h	i
26	97.917		b	c	d	e	f	gg	h	i
21	97.500		b	c	d	e	f	gg	h	i
18	97.183		b	c	d	e	f	gg	h	i
29	96.667		b	c	d	e	f	gg	h	i
37	96.250			c	d	e	f	gg	h	i
27	96.042			c	d	e	f	gg	h	i
9	96.042			c	d	e	f	gg	h	i
19	95.725			c	d	e	f	gg	h	i
39	95.208				d	e	f	gg	h	i
5	94.583					e	f	gg	h	i
43	93.542						f	gg	h	i
32	93.542						f	gg	h	i
23	93.125						f	gg	h	i
35	92.500						f	gg	h	i
28	90.833							gg	h	i
1	90.625								h	i
6	89.375									i

† Valores con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes.

Anexo 3. Comparación de medias por genotipo para la variable granos por espiga.

Variedades	Media	Agrupamiento Tukey										
23	61.408	a†										
5	54.092	a	b									
21	54.025	a	b									
19	53.833	a	b									
31	53.558	a	b									
2	53.050	a	b									
37	52.300	a	b	c								
16	52.125	a	b	c								
40	50.967	a	b	c	d							
26	50.550	a	b	c	d	e						
17	50.142	a	b	c	d	e	f					
29	49.958	a	b	c	d	e	f	g				
35	49.450		b	c	d	e	f	g				
4	49.442		b	c	d	e	f	g				
34	49.258		b	c	d	e	f	g				
39	48.108		b	c	d	e	f	g	h			
11	48.092		b	c	d	e	f	g	h			
1	47.825		b	c	d	e	f	g	h	i		
7	47.433		b	c	d	e	f	g	h	i		
25	47.217		b	c	d	e	f	g	h	i		
38	46.775		b	c	d	e	f	g	h	i		
22	46.608		b	c	d	e	f	g	h	i		
43	45.967		b	c	d	e	f	g	h	i		
9	45.867		b	c	d	e	f	g	h	i		
30	45.525		b	c	d	e	f	g	h	i		
6	45.125		b	c	d	e	f	g	h	i	j	
41	44.683		b	c	d	e	f	g	h	i	j	
3	43.983		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k

13	43.667	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
14	43.233	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
24	41.075		c	d	e	f	g	h	i	j	k
32	40.517			d	e	f	g	h	i	j	k
28	40.367			d	e	f	g	h	i	j	k
20	39.917			d	e	f	g	h	i	j	k
15	39.800			d	e	f	g	h	i	j	k
10	39.667			d	e	f	g	h	i	j	k
8	39.367				e	f	g	h	i	j	k
18	38.883					f	g	h	i	j	k
42	38.450						g	h	i	j	k
12	37.508							h	i	j	k
33	37.258							h	i	j	k
45	36.617							h	i	j	k
44	36.317								i	j	k
36	33.650									j	k
27	32.792										k

† Valores con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes

Anexo 4. Comparación de medias por genotipo para vigor.

Variedades	Media	Agrupamiento Tukey			
24	92.000	a†			
29	91.333	a	b		
11	91.333	a	b		
19	89.667	a	b	c	
39	89.333	a	b	c	
31	89.000	a	b	c	d
16	89.000	a	b	c	d
9	88.000	a	b	c	d
7	88.000	a	b	c	d
22	87.667	a	b	c	d
21	87.000	a	b	c	d

25	87.000	a	b	c	d		
44	86.333	a	b	c	d		
17	86.333	a	b	c	d		
5	86.333	a	b	c	d		
23	86.333	a	b	c	d		
13	86.333	a	b	c	d		
10	84.667	a	b	c	d	e	
3	84.333	a	b	c	d	e	
18	84.333	a	b	c	d	e	
27	84.000	a	b	c	d	e	
1	84.000	a	b	c	d	e	
40	83.667	a	b	c	d	e	
6	83.667	a	b	c	d	e	
14	83.333	a	b	c	d	e	
43	83.333	a	b	c	d	e	
2	83.333	a	b	c	d	e	
20	83.000	a	b	c	d	e	
45	82.667	a	b	c	d	e	
4	82.333	a	b	c	d	e	
36	81.667	a	b	c	d	e	
32	81.333	a	b	c	d	e	
12	81.333	a	b	c	d	e	
42	81.333	a	b	c	d	e	
30	81.000		b	c	d	e	
28	80.333			c	d	e	
37	80.000			c	d	e	
33	80.000			c	d	e	
35	80.000			c	d	e	
34	79.667			c	d	e	
26	78.333				d	e	f
15	78.333				d	e	f
38	75.333					e	f
8	75.000					e	f
41	68.333						f

† Valores con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes.

Anexo 5. Comparación de medias para porcentaje de germinación por genotipo.

Variedades	Media	Agrupamiento Tukey								
40	93.333	a†								
11	92.667	a	b							
29	91.667	a	b	c						
39	91.333	a	b	c	d					
16	90.333	a	b	c	d	e				
19	90.000	a	b	c	d	e	f			
22	89.333	a	b	c	d	e	f	g		
9	88.667	a	b	c	d	e	f	g		
27	88.444	a	b	c	d	e	f	g		
25	88.333	a	b	c	d	e	f	g		
44	87.667	a	b	c	d	e	f	g		
31	87.667	a	b	c	d	e	f	g		
23	87.667	a	b	c	d	e	f	g		
13	87.667	a	b	c	d	e	f	g		
17	87.333	a	b	c	d	e	f	g		
5	87.333	a	b	c	d	e	f	g		
43	87.333	a	b	c	d	e	f	g		
21	87.000	a	b	c	d	e	f	g		
3	86.667	a	b	c	d	e	f	g		
18	86.667	a	b	c	d	e	f	g		
10	86.333	a	b	c	d	e	f	g		
7	86.333	a	b	c	d	e	f	g		
14	85.333	a	b	c	d	e	f	g	h	
2	85.000	a	b	c	d	e	f	g	h	
24	84.667	a	b	c	d	e	f	g	h	
1	84.667	a	b	c	d	e	f	g	h	
20	84.333	a	b	c	d	e	f	g	h	
6	84.333	a	b	c	d	e	f	g	h	
36	84.333	a	b	c	d	e	f	g	h	
45	84.000	a	b	c	d	e	f	g	h	
4	83.667	a	b	c	d	e	f	g	h	
42	83.667	a	b	c	d	e	f	g	h	
32	83.333	a	b	c	d	e	f	g	h	
15	82.667		b	c	d	e	f	g	h	i

37	82.333	c	d	e	f	g	h	i
12	82.000	c	d	e	f	g	h	i
28	81.667	c	d	e	f	g	h	i
30	81.333		d	e	f	g	h	i
33	81.000			e	f	g	h	i
26	80.000				f	g	h	i
38	80.000				f	g	h	i
34	79.667					g	h	i
35	79.333					g	h	i
8	76.000						h	i
8	76.000							i

† Valores con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes.