

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TRITICALE, BAJO DOS SISTEMAS DE  
PRODUCCIÓN DE SEMILLAS EN REGIONES SEMIÁRIDAS DEL NORESTE  
DE MÉXICO**

**TESIS**

**Que presenta RUBÉN LECONA GARCÍA**

**Como requisito parcial para obtener el grado de  
MAESTRO EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS**

**Saltillo, Coahuila**

**Noviembre, 2020**

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TRITICALE, BAJO DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS EN REGIONES SEMIÁRIDAS DEL NORESTE DE MÉXICO

TESIS

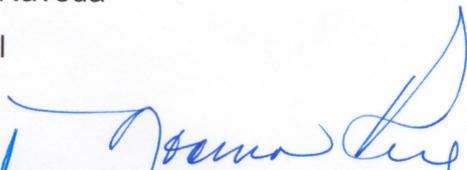
Elaborada por RUBÉN LECONA GARCÍA como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Tecnología de Granos y Semillas con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



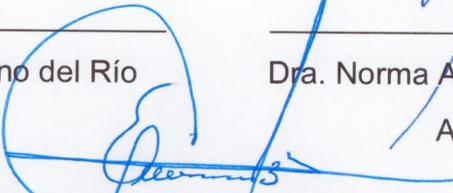
Dr. Antonio Flores Naveda  
Asesor principal



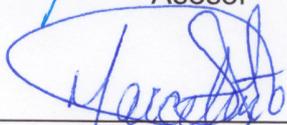
Dr. Alejandro Javier Lozano del Río  
Asesor



Dra. Norma Angélica Ruiz Torres  
Asesor



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo  
Asesor



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente  
Subdirector de Postgrado  
UAAAN

Saltillo, Coahuila

Noviembre, 2020

## AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por haberme permitido llegar a esta etapa de mi vida, por haberme dado salud y fortaleza para lograr cada uno de mis objetivos fijados. Por su amor y su infinita bondad durante mis estudios, además de haberme fortalecido durante los momentos difíciles y por estar presente en cada uno de mis sueños que he logrado cumplir.

A mi **ALMA TERRA MATER**, la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO** por darme la oportunidad de superarme, cumplir una meta más en la vida además de ser una institución noble y generosa, porque sin ella no lograríamos superarnos profesionalmente y ahora puedo decir con orgullo que soy Buitre y formar parte de la comunidad universitaria.

A mi **ALMA MATER** la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO** por los conocimientos y herramientas adquiridos que me dieron la fortaleza para emprender y terminar este ciclo académico

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología **CONACYT**, por darme la oportunidad de ser un becario más, por el sustento económico recibido durante mis estudios y estancia.

Al **Dr. Antonio Flores Naveda**, por permitirme el honor de dirigir este trabajo, por su apoyo moral y profesional, por compartir sus conocimientos y experiencias, también por el tiempo dedicado y por su comprensión.

Al **Dr. Alejandro Javier Lozano del Río**, por su valiosa amistad, enseñanza, asesorías y experiencias compartidas, además de formar parte de mi formación profesional y ser parte fundamental de este proyecto.

Al **Dra. Norma Angélica Ruiz Torres**, por su apoyo incondicional durante mi estancia, además de formar parte de mi formación académica, profesional y de amistad y por el tiempo dedicado a este proyecto.

Al **Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**, por su apoyo moral, su amistad y por sus valiosas aportaciones que enriquecieron este trabajo.

A todos mis compañeros de la maestría, **Sujey Vázquez, Omar y Abraham Cordero, Felícito Díaz e Isaí López**, por todas las experiencias vividas durante mi estancia.

A mis maestros, laboratoristas y trabajadores que me aportaron con sus enseñanzas durante la maestría.

A los alumnos de licenciatura que me apoyaron para el desarrollo de este proyecto, **Karina Coronado, Guadalupe Aguilar y Erodin Rodríguez**.

## DEDICATORIA

A mi familia:

A mis padres, **Porfirio Rubén Lecona Hernández** y **Mónica García Ortiz** por creer en mí, por su confianza plena, por su cariño, amor y sobre todo por su apoyo incondicional para lograr mis objetivos, además de ir por la vida con su ejemplo y sabiduría y ser un hombre de bien.

A mis hermanos, **Natalia** y **Pablo Lecona García** por su amor, su cariño, comprensión, su apoyo, y estar para mí cuando lo necesité.

A mi sobrina, **Valentina** la nueva integrante de la familia la cual adoro y quiero mucho.

A mis abuelitos, **Pablo García Trejo (†)** y **Prisca Ortiz Cadena** por sus ejemplos, enseñanzas, cariño y que me inculcaron el amor a la tierra, a la naturaleza, pero sobre todo a Dios.

A mi familia en general, a mis tíos, tías y primos que estuvieron apoyándome y motivándome siempre para culminar mi meta.

A mis amigos que estuvieron para mí apoyándome, que estuvieron presentes desde lejos y dándome ánimos siempre **Paulina, Salvador, Patty, Martin, Cano, Heder, Luis Enrique, Hugo, Zairy y Larissa.**

A mis amigos que hice durante mi estancia en Coahuila, a **Irasema, Enrique, Yaneth, Paul, Melisa y el Ing. Raúl Gándara.**

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	iii
DEDICATORIA.....	v
LISTA DE CUADROS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xiii
OBJETIVO GENERAL .....	xv
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	xv
HIPÓTESIS .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
Importancia mundial .....	2
Importancia nacional.....	2
Importancia en la Comarca Lagunera.....	2
Antecedentes del triticale.....	2
Características de la planta .....	3
Tipos de hábito .....	4
Manejo agronómico del cultivo .....	5
Preparación del terreno .....	5
Siembra .....	6
Periodos de siembra.....	6
Densidad de siembra.....	6
Riego .....	6
Fertilización.....	6
Control de malezas.....	6
Control de plagas y enfermedades.....	7

Cosecha.....	7
Registro de Variedades Vegetales de Triticale en México.....	7
Catálogo Nacional de Variedades Vegetales del SNICS.....	8
Fuente: SNICS, 2020. Títulos de obtentor en la Gaceta Oficial de Derecho de Obtentor de Variedades Vegetales del SNICS .....	9
Reglas para la calificación de semillas del SNICS.....	10
Criterios y especificaciones de campo.....	12
Unidad de inscripción.....	12
Aislamiento .....	12
Desmezcle .....	13
Número de inspecciones .....	13
Tolerancias de campo.....	14
Criterios y especificaciones de laboratorio.....	14
Calidad de semillas.....	16
Calidad física de la semilla .....	16
Pureza física .....	16
Contenido de humedad.....	17
Peso de 1000 semillas.....	17
Peso hectolitrico .....	17
Calidad fisiológica de la semilla .....	17
Porcentaje de germinación .....	18
MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
Localización del sitio experimental .....	21
Desarrollo del experimento .....	21
Material genético utilizado .....	21
Preparación del terreno .....	22
Fechas de siembra .....	22
Tamaño de la parcela .....	23
Croquis de las parcelas .....	23

Fertilización.....	24
Riegos.....	24
Control de plagas, enfermedades y malezas.....	24
Fecha de corte.....	24
Cosecha.....	24
Trilla y acondicionamiento de semilla .....	25
Diseño experimental utilizado en el experimento.....	25
Análisis estadísticos.....	25
Modelo estadístico de las variables agronómicas.....	25
Modelo estadístico de las variables evaluadas en laboratorio .....	26
Variables evaluadas en campo.....	27
Variables evaluadas en laboratorio.....	28
Determinación de calidad fisiológica de la semilla.....	29
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>31</b>
Variables agronómicas .....	31
Atributos de calidad en semillas de triticale .....	37
Calidad física .....	37
Calidad fisiológica.....	41
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>49</b>

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Variedades de triticale en México.....	9
Cuadro 2. Variedades de triticale con título de obtentor en México. ....	10
Cuadro 3. Equivalencias de categorías de semilla, de acuerdo con los esquemas de certificación de México, de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y de la Association of Official Seed Certifying Agencies (AOSCA). ....	11
Cuadro 4. Tolerancias de plantas de otras variedades o plantas fuera de tipo.	14
Cuadro 5. Estándares aceptados de acuerdo con cada categoría en la producción de variedades.....	15
Cuadro 6. Genotipos de triticale y aleatorización de los tratamientos utilizados en el experimento para el ciclo 2018-2019.....	22
Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables agronómicas .....	31
Cuadro 8. Prueba de comparación de medias para variables agronómicas. ....	33
Cuadro 9. Cuadrados medios del análisis de varianza para atributos de calidad física.....	37
Cuadro 10. Prueba de comparación de medias para atributos de calidad física	39
Cuadro 11. Cuadrados medios del análisis de varianza de atributos de calidad fisiológica:.....	41
Cuadro 12. Prueba de comparación de medias de atributos de calidad fisiológica: .....	44

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de siembra del rancho El Campanario.....	23
Figura 2. Croquis de siembra del Establo Lanchares.....	23

## **RESUMEN**

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TRITICALE, BAJO DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS EN REGIONES SEMIÁRIDAS DEL NORESTE DE MÉXICO

POR

RUBÉN LECONA GARCÍA

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. ANTONIO FLORES NAVEDA-ASESOR

Saltillo, Coahuila

Noviembre, 2020

En la Comarca Lagunera, que comprende los estados de Coahuila y Durango, se ha introducido como cultivo forrajero el triticale, como una opción rentable para el sector pecuario. Por lo tanto, es importante generar nuevas variedades de triticale, adaptadas a esta región para producción de forraje y que la semilla cumpla con atributos de calidad. El objetivo de la presente investigación fue evaluar diez genotipos de triticale bajo dos sistemas de producción en la Comarca Lagunera, en los municipios de Matamoros y Francisco I. Madero, para determinar rendimiento, calidad física y fisiológica de las semillas. El experimento se estableció durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2018-2019, en donde se evaluaron dos sistemas de producción, con y sin corte. Se evaluaron variables agronómicas a nivel de campo y atributos de calidad de la semilla en laboratorio. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial (2 localidades x 2 sistemas de producción x 10 variedades). Los resultados muestran para la localidad de Matamoros Coah., un mayor rendimiento de semilla, comparado con la localidad de Francisco I. Madero, sin embargo, para la variable número de semillas por espiga, fue mayor en la localidad Francisco I. Madero Coah. En la evaluación de calidad de las semillas, para la localidad Francisco I. Madero Coah., los valores más altos fueron en las variables peso de mil semillas y porcentaje de germinación. En la comparación de los sistemas de producción, la mejor respuesta fue para el sistema sin corte en ambas localidades, por lo tanto, se puede producir semilla de triticale de buena calidad, con un rendimiento aceptable.

**Palabras clave:** Triticale, semillas, calidad, sistemas.

# ABSTRACT

EVALUATION OF TRITICALE GENOTYPES, UNDER TWO SEED SYSTEMS IN  
SEMI-ARID REGIONS OF THE NORTHEAST OF MEXICO

BY

RUBEN LECONA GARCIA

MASTER'S IN TECHNOLOGY OF GRAINS AND SEEDS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. ANTONIO FLORES NAVEDA-ADVISOR

Saltillo, Coahuila

November, 2020

In the Comarca Lagunera region, that includes the states of Coahuila and Durango, triticale has been introduced as a forage crop, as a profitable option for the livestock sector. Therefore, it is important to generate new varieties of triticale, adapted to this region for forage production and with high seed quality attributes in the seed. The objective of the present research work was to evaluate ten triticale genotypes to evaluate the quality of the seeds, under two production systems (with one cut and without cut) for seed yield and physiologic quality in two counties of in the Comarca Lagunera in the Matamoros and Francisco I. Madero. The experiment was established during the autumn-winter 2018-2019 agricultural cycle agronomic variables were evaluated under at the field conditions and seed quality attributes of the seed in the laboratory. A randomized complete block experimental design with factorial arrangement (2 locations x 2 production system's x 10 varieties) was used. The results showed for Matamoros, a higher grain yield, compared to the municipality of Francisco I. Madero, however, for the variable number of grains per spike it was higher in L2. In the quality of seeds, the L2, the highest values were in the variables weight of a thousand seeds and percentage of germination. In the comparison of the production systems, the best response was for the system without cutting in both locations, therefore, good quality triticale seed can be produced with an acceptable grain yield.

**Keywords:** Triticale, seeds, quality, systems.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar diez genotipos de triticale, en dos sistemas de producción de semillas en regiones semiáridas de la Comarca Lagunera, y determinar el rendimiento de grano, y la calidad física y fisiológica

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar diez genotipos de triticale, bajo dos sistemas de producción de semillas (con y sin corte).
- Evaluar la calidad física y fisiológica de semilla de triticale proveniente de los dos sistemas de producción (con corte y sin corte).

## **HIPÓTESIS**

- A: Los sistemas de producción (con corte y sin corte) de genotipos de triticale, afectan la calidad física y fisiológica de las semillas.
- N: Los sistemas de producción (con corte y sin corte) de genotipos de triticale, no afectan la calidad física y fisiológica de las semillas.

## INTRODUCCIÓN

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack) es un cereal producto del cruzamiento realizado entre el trigo (*Triticum aestivum* L.) y el centeno (*Secale cereale* L.). Su nombre se ha formado con la mitad del nombre de cada uno de los géneros de sus progenitores (CIMMYT, 1976). Relativamente es un cultivo nuevo a nivel mundial, aunque sus investigaciones datan desde mediados del siglo pasado, con el objetivo de combinar características de ambas especies. Actualmente este cultivo representa una opción como cultivo forrajero presentando características como alta productividad, adecuada resistencia a enfermedades y plagas, tolerancia al estrés, alta capacidad de absorción de nutrientes, tolerancia a déficits de humedad, calidad nutritiva superior y rápido establecimiento en comparación con los cultivos tradicionales como la avena, trigo o cebada (Velázquez, 2018), resultando una buena alternativa para disminuir el déficit de forrajes para la alimentación animal. Actualmente, en el noreste de México representa una alternativa como planta forrajera debido a su buena capacidad de rebrote, permitiendo tener varios números de cortes siendo más competitivo que el ryegrass, cebada o avena (Ammar, 2013); además tiene un mayor contenido de nutrientes. Actualmente está ganando presencia este cultivo debido a la reconversión productiva en algunas zonas forrajeras y graníferas del país sustituyendo a algunos cultivos tradicionales. El uso que tiene este cereal en México es predominantemente para producción de forraje (planta), y su grano, como complemento de dietas animales, principalmente monogástricos (grano), además, para la alimentación humana, en forma de harinas panificables, en mezcla con trigos harineros. Actualmente, se busca la generación de variedades forrajeras con una adecuada producción y calidad de semilla, aspecto en el cual se carece de información actualizada con respecto a las nuevas variedades de este cultivo, lo cual es una limitante para la producción y liberación de nuevas variedades comerciales que cumplan con las demandas del mercado.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Importancia mundial**

El triticale representa en el mundo según la FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) en el 2018, se cosecharon 3,809,192 hectáreas, con un rendimiento promedio por hectárea de 3.361 t, lo que representa un total de producción 12,802,592 toneladas cosechadas.

### **Importancia nacional**

En México según el SIAP (2019), fueron cosechadas 24,604.24 hectáreas, las cuales se desglosan a continuación. Para triticale en verde (forrajero) se cosecharon 15,955.31 hectáreas con volumen de producción de 450,518.60 t, estimando un rendimiento por hectárea promedio de 28.24 t. Para triticale grano se cosecharon 8,197.43 hectáreas con un volumen de producción de 23,039.13 t, estimando un rendimiento por hectárea promedio de 2.81 t. En el caso de producción de semilla de triticale se cosecharon 451.50 hectáreas con un volumen de producción de 1,838.12 t, estimando un rendimiento por hectárea promedio de 4.07 t.

### **Importancia en la Comarca Lagunera**

La región de la Comarca Lagunera es una zona semidesértica, la cual está integrada por los estados de Coahuila y Durango. Según el SIAP (2019), el cultivo de triticale fue empleado para uso forrajero, por lo cual fueron cosechadas 1,345.9 hectáreas, con un volumen de producción de 49,387.6 t, estimando un rendimiento promedio por hectárea de 36.28 t. Según el SNICS (2020) para la producción de semilla de triticale certificada se cosecharon tres hectáreas de la variedad AN-184.

### **Antecedentes del triticale**

El triticale fue descrito por primera vez en 1875, y en aquella época se trataba de una planta de mal tipo agronómico (sobre todo muy alta) y estéril (no

producía semilla), como consecuencia de las diferencias en el número y estructura de los cromosomas de los dos padres o progenitores, lo que producía una progenie haploide (Mellado, 2008). Esta gramínea híbrida se cultivó por primera vez en Suecia y Escocia (Ortega, 2012). El avance fundamental en el mejoramiento de los triticales llegó en 1937, cuando se descubrió que una sustancia química llamada colchicina podía duplicar los cromosomas de las células tratadas con este producto (NRC, 1989). Con esta información disponible, la planta haploide que se obtenía al cruzar centeno con trigo se trató con colchicina, logrando plantas de triticales homocigotas y fértiles, las cuales eran capaces de reproducirse por sí mismas.

Los países donde inicialmente se empezaron los trabajos de investigación en triticales fueron Canadá, Polonia, España y Alemania. Sin embargo, a comienzos de la década de 1960, el CIMMYT, México, se constituyó en la base del mejoramiento del triticales a nivel internacional. El doctor Norman Borlaug comienza los trabajos de mejoramiento de triticales en México, debido a que vio un gran potencial para ser competitivo con el trigo en ambientes y suelos marginales, a pesar de que los pocos recursos genéticos de la época carecían de los requerimientos necesarios como precocidad, fertilidad de la espiga, buen llenado de grano y estabilidad genética. Gracias al mejoramiento genético realizado en México por parte del CIMMYT y sus colaboradores por más de cuatro décadas, el triticales primaverales dejó de ser una curiosidad científica y se volvió un cultivo competitivo frente a cualquier cereal de grano pequeño, de alto valor agronómico, con una adaptación sobresaliente a un amplio rango de sistemas de producción, calidad de suelo, condiciones climáticas y de siembra (Ammar, 2013).

### **Características de la planta**

La planta de triticales (*X Triticosecale* Wittmack) pertenece a la familia Poaceae. Posee una apariencia intermedia entre el trigo y el centeno. Los triticales completos se parecen más al centeno, en tanto que los triticales sustituidos se

asemejan al trigo. Normalmente el triticales es más alto y vigoroso que el trigo, de igual manera las hojas son más gruesas, más grandes y de mayor longitud. La lígula es pronunciada y sedimentada, las aurículas son de tamaño mediano, semiabrazadoras y sin pelos o cilios. La zona del tallo próxima a la espiga presenta una franja con pubescencia o vellosidad, y cierto grado de curvatura. La altura de planta que en las primeras variedades sobrepasaba los 120 cm, se ha ido reduciendo significativamente en la medida que se han incorporado genes de enanismo a través de la cruce con trigos harineros semienanos. En general las espigas son semicompactas, semidecumbentes, más largas que las del trigo, y de color café claro. El grano es alargado, más parecido al grano de centeno que al de trigo, de color café claro y con una cierta rugosidad en la cubierta, debido a chupadura; esta última característica que resultaba muy negativa desde el punto de vista comercial e industrial en las primeras variedades ha ido desapareciendo en las nuevas variedades de triticales (Mellado, 2008).

Los triticales tienen una tolerancia genética a los suelos ácidos, la cual es superior a la tolerancia que presentan los trigos harineros y candeales, debido a la resistencia a la acidez transmitida por el centeno (Lozano, 2004). Respecto a la tolerancia a condiciones de déficit hídrico del suelo, (Lozano, 2002), señalan que el triticales presenta un comportamiento satisfactorio, a pesar de tener un período de desarrollo más prolongado entre espigadura y madurez comparado con el trigo. Esta propiedad podría estar asociada a su sistema radical bien desarrollado.

### **Tipos de hábito**

Con base a su patrón productivo y hábito de crecimiento, en México se han desarrollado materiales de triticales para uso forrajero, principalmente para cortes múltiples o pastoreo (Lozano del Río, 2002). En este tipo de explotación es imprescindible la capacidad de rebrote de los genotipos, la cual depende principalmente del hábito de crecimiento y la etapa fenológica del corte, de las

condiciones climáticas, las prácticas de manejo, la humedad y fertilidad del suelo y de la presión del corte o pastoreo, entre otras (Poysa, 1985).

Existen varios hábitos de crecimiento en este cultivo, generalmente agrupados en primaverales, invernales y facultativos (Lozano del Río, 2002). Los triticales de hábito primaveral se caracterizan por su rápido crecimiento y diferenciación, sin requerimientos de vernalización, con crecimiento inicial erecto que favorece la cosecha mecánica, con amacollamiento reducido y baja capacidad de recuperación después del corte siendo adecuados para un solo corte. Los tipos invernales son convenientes para cortes o pastoreos múltiples. Los tipos facultativos son de rápido crecimiento y diferenciación, presentan crecimiento inicial semipostrado, amacollamiento intermedio y buena capacidad de recuperación después del corte o pastoreo, por lo que son adecuados para dos cortes o pastoreos. Un cuarto tipo, intermedios-invernales, presentan crecimiento y diferenciación medios, semipostrados, con buen ahijamiento y alta capacidad de rebrote que permite dar cortes múltiples, sin ser tan tardíos como los tipos invernales (Lozano, 2009). Estos últimos son excelentes en la producción de forraje para cortes o pastoreos múltiples debido a su capacidad de rebrote, alta calidad nutritiva, adecuado rendimiento de forraje seco y una mayor relación hoja-tallo, en comparación con los triticales facultativos, avena y trigo.

### **Manejo agronómico del cultivo**

De acuerdo con la Agenda Técnica Agrícola del estado de Coahuila (INIFAP, 2017), el paquete tecnológico del cultivo de triticales se compone de la siguiente manera:

#### **Preparación del terreno**

Barbecho a 30 centímetros (cm) de profundidad, rastreo cruzado y nivelación con pendiente de 5 a 10 cm en 100 metros (m).

## **Siembra**

Al voleo o con máquina sembradora. En terrenos arcillosos realizarla en seco, pero regar inmediatamente; en suelos francos es preferible sembrar en “besana”. Si la siembra se hace en seco, la semilla debe quedar aproximadamente de 4 a 5 cm de profundidad. Si se efectúa en “besana”, a una profundidad de 6 a 7 cm.

## **Periodos de siembra**

Del 15 de Julio al 30 de septiembre.

## **Densidad de siembra**

Al voleo: 120-180 kg de semilla / ha.

Con sembradora: 100-150 kg de semilla / ha.

## **Riego**

Se aplican de cuatro a cinco riegos a la siembra (40-50, 70-80 y 100-110 días). Requiere el aporte de riegos de auxilio.

## **Fertilización**

Se sugiere la fórmula de fertilización Nitrógeno-Fósforo-Potasio (N-P-K) 160-60-00. Tratamiento a la semilla: inocular con 500 g de Micorriza INIFAP por cada saco de semilla, una vez que esta se ha humedecido en una solución de agua más adherente (0.5 ml de VOGA® por litro de agua), se mezclan perfectamente y se extiende para que se encuentre seca al momento de sembrarla. Preferentemente recomienda realizar un análisis de suelo para realizar una recomendación más apropiada.

## **Control de malezas**

Si se siembra en la fecha de siembra recomendada no se tienen problemas, sin embargo, se debe realizar en post emergencia temprana. La gama de

productos es variable y son semejantes a los que se utilizan en trigo: Prosulfurón (30 g/ha), Thifensulfurón-metil (20-30 g/ha), Triasulfurón (10 g/ha), Metsulfurón metil + thifensulfurón metil (30 g/ha), para maleza de hoja ancha, chayotillo y calabacilla, cuando la planta tenga de 10-15 cm de altura. Se puede aplicar la mezcla de Prosulfurón (10 g/ha) + Triasulfurón (5 g/ha). En caso de que los problemas sean gramíneas como lo son pastos y coquillo aplicar Clodinafop-propagyl en dosis de 0.5-0.75 l/ha, flucarbozone sódico (1 dosis/ha), clodinafop propargil + pinoxaden (1 L/ha).

### **Control de plagas y enfermedades**

No existen plagas de importancia para este cultivo. Cabe mencionar que el triticale muestra en general una muy buena resistencia a enfermedades con un elevado nivel de tolerancia a *Septoria tritici*, así como a roya de la hoja y del tallo.

### **Cosecha**

Se recomienda la cosecha oportuna del grano para evitar al máximo pérdidas o deterioro del grano, o bien monitorear el desarrollo si se desea aprovechar planta entera para forraje. Cuando se utilice para henificado, ensilado o corte, la cosecha se efectúa cuando el grano presenta estado lechoso-masoso y porcentaje de materia seca de 28 a 35 %.

### **Registro de Variedades Vegetales de Triticale en México**

Las variedades que se pretenden calificar y/o verificar tienen que ser registradas en el CNVV (Catalogo Nacional de Variedades Vegetales), primer requisito para la inscripción en un programa de calificación de semillas, dichas variedades son sometidas a la revisión y análisis de los grupos de apoyo técnico, quienes examinan los elementos proporcionados y emiten opinión sobre el cumplimiento de las condiciones de su distinción, homogeneidad y estabilidad (DHE). Los materiales registrados ante el CNVV son considerados

variedades de referencia en aras de coadyuvar al trabajo que se realiza con las guías técnicas para la caracterización de variedades y que de forma complementaria se convierten en herramientas de la inspección de campo en los programas de calificación de semillas (SNICS, 2020).

### **Catálogo Nacional de Variedades Vegetales del SNICS**

Este Catálogo se establece únicamente con fines de calificación del material de propagación (semillas), y por tanto no confiere protección legal alguna sobre los derechos de los obtentores de variedades vegetales, ni implica que haya sido evaluado su comportamiento agronómico o su capacidad de adaptación y rendimiento en una región determinada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variedades de triticale en México.

<b>Variedad</b>	<b>Solicitante</b>	<b>Número de inscripción</b>
<b>CERRILLO TCL99</b>	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO	TCL-011-180213
<b>MARAVILLA TCL 99</b>	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO	TCL-012-180213
<b>QUEBRANTA HUESOS TCL99</b>	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO	TCL-013-180213
<b>TCLF-AN-105</b>	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO	TCL-009-251104
<b>BICENTENARIO TCL08</b>	INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN AGROPECUARIA, ACUÍCOLA Y FORESTAL DEL ESTADO DE MÉXICO	TCL-010-040211
<b>ANPELON</b>	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO	TCL-014010313
<b>AN38</b>	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO	TCL-015-010313
<b>IMPULSO TCL2016</b>	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS	TCL-016-230217
<b>AN184</b>	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO	TCL-017-270417
<b>AN66</b>	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO	TCL-018-270417

**Fuente: SNICS, 2020. Títulos de obtentor en la Gaceta Oficial de Derecho de Obtentor de Variedades Vegetales del SNICS**

La gaceta, es un documento que emite el SNICS (Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas), donde se publican estadísticas y datos

referentes al estatus de variedades vegetales solicitadas y protegidas mediante título de obtentor (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variedades de triticale con título de obtentor en México.

<b>Variedad</b>	<b>Fecha de presentación</b>	<b>Obtentor</b>	<b>Constancia de presentación</b>	<b>Título de obtentor</b>	<b>Vigencia</b>
<b>IMPULSO TCL2016</b>	8 sept. 2016	INIFAP	1518	1703	18/05/2032
<b>AN184</b>	25 nov. 2016	UAAAN	1598	1826	23/02/2033
<b>AN66</b>	25 nov. 2016	UAAAN	1599	1827	23/02/2033

Fuente: SNICS, 2020.

### **Reglas para la calificación de semillas del SNICS**

Para producir variedades, se deben utilizar semillas de las categorías Básica y Registrada, por lo que estas deben haber sido calificadas por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) u otro organismo autorizado para la certificación de semillas. Si la semilla no está calificada, dicha categoría no será aprobada para la producción de semilla y no se le podrá otorgar la categoría Certificada. En caso de iniciar la producción a partir de

semilla Original, se tiene que comprobar el origen a través de la Carta de Identidad Varietal emitida por el Obtentor o por quien registró la variedad en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV). Las variedades que se pretendan producir o multiplicar deben estar inscritas en el CNVV. En el caso de variedades de importación que se deseen producir o multiplicar, se debe comprobar la procedencia por medio de etiquetas de certificación emitidas por el organismo de certificación del país de origen y presentar el Certificado Fitosanitario (SNICS, 2014).

Se aceptan las categorías de semilla: Básica, Registrada y Certificada, producidas a partir de la semilla Original y cuya pureza genética es comprobable, para lo cual es necesario contar con la calificación del SNICS o del organismo certificador autorizado, nacional o internacional. De acuerdo con la Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas, la categoría Habilitada corresponde a la semilla que no cumple con la certificación, con base los estándares establecidos en campo y/o laboratorio; sin embargo, debe considerarse que su proceso estuvo inspeccionado por el SNICS.

Cuadro 3. Equivalencias de categorías de semilla, de acuerdo con los esquemas de certificación de México, de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y de la Association of Official Seed Certifying Agencies (AOSCA).

<b>México</b>	<b>OCDE</b>	<b>AOSCA</b>
<b>Básica</b>	Basic Seed	Foundation
<b>Registrada</b>	Certified Seed First Generation	Registered
<b>Certificada</b>	Certified Seed Second Generation	Certified
<b>Habilitada</b>	No aplica	No aplica

Fuente: SNICS, 2014.

## **Criterios y especificaciones de campo**

### **Unidad de inscripción**

Se acepta cualquier área o superficie que cumpla con las condiciones necesarias para la producción de semillas y que se encuentre libre de plantas voluntarias de la misma especie que se va a cultivar. Se requiere que, en el terreno destinado para la producción de semilla, anteriormente se haya sembrado una especie diferente de la que se pretende producir; a menos que en dicha área, se haya cultivado la misma variedad y esta haya sido inspeccionada y aprobada por el SNICS o por el organismo certificador autorizado nacional o internacional. La multiplicación de semilla de las categorías Básica y Registrada se hace a través de la siembra en surcos de una hilera o de doble hilera. La semilla Certificada se produce en melgas o de cualquier otro modo que permita disponer de andadores que faciliten las inspecciones y los desmezcles (SNICS, 2014).

### **Aislamiento**

Un lote de producción de semilla de avena, cebada, trigo o triticale, correspondiente a cualquier categoría, debe aislarse por lo menos 5 m.

El centeno tiene que aislarse 200 m de cualquier lote cultivado con otra variedad o con siembras comerciales de la misma variedad, que no cumplan con los requerimientos de pureza varietal de la categoría de la semilla calificada. De igual modo, la distancia de aislamiento entre diploides y tetraploides de centeno debe ser de al menos 5 m. Cuando es necesario eliminar una franja del cultivo para obtener un aislamiento apropiado, las plantas presentes en la franja removida deben eliminarse del lote que será inspeccionado. En el caso de estas especies de cereales no debe haber siembras conjuntas de las mismas sin que exista una barrera o espacio entre ellas, que permita la separación para evitar mezclas mecánicas y contaminación al momento de la cosecha (SNICS, 2014).

**Desmezcle**

Para que el lote sea aceptado para su certificación, las plantas fuera de tipo y de otras variedades tienen que eliminarse por completo, previamente a la antesis, en el caso del centeno, y antes de la cosecha, en lo concerniente a los demás cereales mencionados en esta Regla. Asimismo, antes de la cosecha se deben eliminar por completo las plantas de maleza y de otras especies cuyas semillas son difíciles de separar mediante el empleo del equipo de beneficio. Regla para la calificación de semilla de avena, cebada, centeno, trigo y triticale (SNICS, 2014)

**Número de inspecciones**

Se puede realizar una inspección antes de la floración, con la intención de comprobar la pureza varietal para recomendar la eliminación de plantas que no pertenecen a la variedad calificada. Se puede efectuar otra inspección después del periodo de llenado de grano del cultivo, ya que en ese momento es posible determinar si hay mezclas varietales, así como otros factores contaminantes, por ejemplo, la presencia de otras especies. A criterio del representante del SNICS o del organismo de certificación, se puede realizar una inspección adicional antes de la cosecha para descartar cualquier fuente de contaminación. La semilla que sea cosechada antes de la inspección de campo no es elegible para certificación (SNICS, 2014).

## Tolerancias de campo

Cuadro 4. Tolerancias de plantas de otras variedades o plantas fuera de tipo.

Factor	Categoría de semilla			
	Básica	Registrada	Certificada	Habilitada
<b>Espigas de otras variedades (máximo)</b>	0	25 por hectárea	50 por hectárea	75 por hectárea
<b>Espigas de otros cultivos inseparables (máximo)</b>	0	1 por cada 10,000	1 por cada 5,000	1 por cada 5,000
<b>Plantas de maleza (máximo)</b>	0	0	0	0
<b>Espigas atacadas por fitopatógenos transmitidos por semilla (máximo)</b>	0	0	0	0

Fuente. SNICS, 2014.

### Criterios y especificaciones de laboratorio

Para determinar los estándares de la muestra de trabajo, se hacen análisis que deben ajustarse a los parámetros definidos, con el objetivo de que sean aceptados para la certificación.

Cuadro 5. Estándares aceptados de acuerdo con cada categoría en la producción de variedades.

Factor		Categoría de semilla			
		Básica	Registrada	Certificada	Habilitada
<b>Semilla pura</b>	<b>(mínimo) (%)</b>	99	98	98	95
<b>Materia inerte</b>	<b>(máximo) (%)</b>	1	1	1	3
<b>Semillas de otros cultivos</b>	<b>(máximo)</b>	0	1 por cada 10,000	1 por cada 5,000	1 por cada 5,000
<b>Semillas de otras variedades</b>	<b>(máximo)</b>				
a) Cebada, trigo y triticale		0	1 por cada 1,000	1 por cada 5,000	1 por cada 500
b) Avena		0	3 por cada 1,000	1 por cada 200	1 por cada 200
<b>Semillas de cultivos inseparables</b>	<b>(máximo)</b>	0	0	3 por cada kg.	3 por cada kg
<b>Semillas de maleza nociva</b>	<b>(máximo)</b>	0	0	0	0
<b>Semillas de maleza común</b>	<b>(máximo)</b>	0	0	6 por cada kg	6 por cada kg
<b>Germinación</b>	<b>(mínimo) (%)</b>	90	90	90	85
<b>Humedad</b>	<b>(máximo) (%)</b>	13	13	13	13

Fuente: SNICS, 2014.

## **Calidad de semillas**

A fin de minimizar los riesgos que implica utilizar semillas que no tienen una adecuada capacidad para producir buenas cosechas, es de fundamental importancia realizar un control de calidad y dentro de este se ven involucrados los diferentes métodos útiles y confiables para determinar las principales características de una semilla de alta calidad, es decir cuando es pura, tiene germinación, alto vigor, está libre de enfermedades y tiene buena confirmación. Es importante mencionar que la semilla tiene cuatro atributos de calidad: calidad física, fisiológica, genética y sanitaria (Moreno,1996).

### **Calidad física de la semilla**

Se refiere al grado de pureza física de la semilla; es decir, si existe o no la presencia de semillas de otros cultivos o malezas, materia inerte (rastros), así como la integridad de la semilla (semilla quebrada, tamaño y peso de la semilla). La evaluación de este componente es a través del conteo de semillas extrañas, contenido de humedad, peso volumétrico y peso de 1000 semillas (Moreno, 1996).

### **Pureza física**

En el análisis de semillas un aspecto importante es la pureza física, ya que se encuentra aunado a otros parámetros como la pureza varietal, poder de germinación, el vigor, la sanidad y contenido de humedad, definen la calidad de las semillas, y para su evaluación se han desarrollado métodos específicos que pueden ser utilizados en los programas de producción y comercialización de las semillas certificadas (Moreno, 1996). Este análisis consiste en determinar la composición de la muestra y, por lo tanto, la composición del lote que se tomó, así como la identificación de las especies de las semillas y de materia inerte presentes en la muestra. Para lograrlo, esta se desglosa y se cuantifican sus componentes: semilla pura, otras semillas (de otros cultivos y malezas) y materia inerte. Esta se expresa en porcentajes.

### **Contenido de humedad**

Es un factor importante para la conservación de semillas ya que este favorece el desarrollo de insectos y hongos y tiene efectos sobre los procesos fisiológicos de las semillas, de lo que dependen de su pérdida de vigor y viabilidad.

Esta se define como la cantidad de agua que contienen las semillas; se expresa en porcentos calculados con base al peso húmedo o seco de la muestra (Moreno, 1996).

### **Peso de 1000 semillas**

Esta prueba es para determinar el peso de 1000 semillas, lo cual permite el cálculo de número de semillas por kg. El peso de las semillas va relacionado con la calidad de la semilla (Moreno, 1996). Cuando no hay ganancia de peso, es la señal de que dio un equilibrio siendo ese el punto de máximo peso de las semillas. Es un valor muy útil porque resume en un solo valor qué tan sano es el grano (Moreno,1996).

### **Peso hectolitrico**

Es el peso de una masa de grano que ocupa el volumen de 100 litros de agua. Para la realización de esta prueba se determina en un recipiente de un litro y después se traslapa a kg/HL. Esta prueba indica la densidad real del grano y/o semilla (Moreno, 1996).

### **Calidad fisiológica de la semilla**

Esta evalúa la capacidad de la semilla para producir una nueva planta; es decir, la viabilidad, capacidad de germinación y vigor. Para evaluar la calidad fisiológica se emplean distintas pruebas para cuantificar el nivel de actividad de la semilla, como son: Pruebas de viabilidad con tetrazolio, prueba estándar de germinación y pruebas de vigor (peso seco, crecimiento de plántula, envejecimiento acelerado, conductividad eléctrica, entre otras). Este

componente se expresa como el porcentaje de semilla fisiológicamente viable, con respecto al total de la muestra de un lote de semillas (Moreno, 1996).

### **Porcentaje de germinación**

La prueba de germinación estándar es el procedimiento más común para evaluar la calidad fisiológica de un lote de semillas. No obstante, debido a que esta prueba se realiza bajo condiciones óptimas para cada especie, en la práctica ha demostrado sobreestimar el comportamiento de las semillas y, además, resulta deficiente para discriminar lotes de semillas en relación con la rapidez y uniformidad de germinación (García, 2014). En este caso es necesario evaluar el vigor. La definición de vigor es relativamente novedosa en comparación con la germinación. El vigor de la semilla es un parámetro muy importante puesto que permite identificar las diferencias entre la germinación y la emergencia en campo, principalmente cuando las condiciones del campo pueden ocasionar estrés. Dentro de la utilidad práctica de los ensayos de vigor de semillas, se encuentra su uso en los programas de mejoramiento genético para el desarrollo de cultivares con mejor comportamiento de las semillas. Tiene además aplicaciones en el estudio de los aspectos de la producción de semilla, cosecha, acondicionamiento y procedimientos de almacenamiento (García, 2014).

La muestra de trabajo, donde ya fue homogenizado, determinado el contenido de humedad, la pureza física y varietal el lote de semillas, se elige al azar.

Las condiciones que debe cumplir una semilla para germinar es que sea vigorosa, que no tenga agentes patógenos, que no tenga daño mecánico, que no tenga daño por presencia de plagas, que no esté dañada por el envejecimiento natural.

La germinación se define como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una plántula normal bajo condiciones

favorables. Es por eso que se clasifican en plántulas normales, anormales, semillas duras y semillas frescas (Moreno, 1996).

Las plántulas normales en una prueba de germinación deberán presentar las siguientes estructuras:

- Sistema radicular bien desarrollado, incluyendo raíz primaria, excepto para aquellas plantas como las gramíneas, que generalmente presentan raíces seminales de las cuales deben estar presentes por los menos dos de ellas.
- Hipocótilo bien desarrollado intacto y/o sin daño en el tejido conductor, y en las dicotiledóneas una plúmula normal.
- Plúmula intacta en las gramíneas que deben presentar una hoja verde bien desarrollado dentro o fuera del coleóptilo.
- Un cotiledón en monocotiledóneas y dos cotiledones en dicotiledóneas.

Las plántulas anormales en una prueba de germinación deberán presentar los siguientes defectos al germinar:

- Plantas dañadas sin cotiledones con figuras o lesiones que dañen el tejido conductor del hipocótilo, epicotíleo o raíz; sin raíz primaria aquellas especies donde su estructura es esencial excepto: *Pisum*, *Vicia*, *Phaseolus*, *Lupinus*, *Vigna*, *Glycine*, *Arachis*, *Gossypium*, *Zea* y todas las cucurbitáceas en las que se han desarrollado raíces secundarias.
- Plántulas deformes con un desarrollo débil o desequilibrado de las estructuras primordiales; plúmulas retorcidas en espiral; plúmulas, hipocótilos y epicotíleos pocos desarrollados, talluelos hinchados y raíces sin desarrollo después de haber salido de los cotiledones.
- Plántulas con estructuras esenciales deterioradas por hongos y/o bacterias excepto en el caso que se determine que dicha infección no provenga de la semilla.

Las semillas duras son aquellas que permanecen duras al final de la prueba de germinación ya que no absorben agua porque tienen cubierta impermeable (Moreno,1996).

Las semillas frescas o latentes a las semillas viables que no germinan aun cuando estén bajo las condiciones que se especifican para dicha especie. La viabilidad de las semillas se puede determinar con la prueba de tetrazolio y su germinación se puede acelerar mediante escarificación o sustancias promotoras de la misma (Moreno, 1996).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del sitio experimental**

El presente estudio se realizó durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2018-2019, en dos localidades ubicadas en la Comarca Lagunera del estado de Coahuila.

La primera localidad fue el Rancho El Campanario en el municipio de Matamoros, ubicado entre las coordenadas 25° 30 '01.6" latitud Norte y 103° 09' 20.9" longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 1,120 m. s. n. m. La temperatura media máxima es de 31.5°C, la temperatura media mínima es de 12.9°C y la temperatura media normal es de 22.9°C. La precipitación media anual es de 176.1 mm (SMN, 2019). El tipo de suelo predominante es el Xerosol. El tipo de clima es muy seco semicálido (100%) (INEGI, 2009).

La segunda localidad fue el Establo Lanchares en el municipio de Francisco I. Madero, ubicado entre las siguientes coordenadas 25° 54' 24" latitud Norte y 103° 17' 45" longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 1,100 m. s. n. m. La temperatura media máxima es de 28.2°C, la temperatura media mínima es de 11.2°C y la temperatura media normal es de 19.7°C. La precipitación media anual es de 189.6 mm (SMN, 2019). El tipo de suelo predominante es el Xerosol y Litosol. El tipo de clima seco semicálido (86%) y seco muy cálido y cálido (14%) (INEGI, 2009).

### **Desarrollo del experimento**

#### **Material genético utilizado**

En el Cuadro 6 se incluyen los 10 genotipos utilizados en el experimento, los cuales fueron proveídos por el Proyecto de Triticale del Programa de Cereales del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Cuadro 6. Genotipos de triticale y aleatorización de los tratamientos utilizados en el experimento para el ciclo 2018-2019.

Tratamiento	Genotipos	Número de parcela		
		R I	R II	R III
1	F2-1	1	11	21
2	F3-23	2	12	22
3	F13-17	3	13	23
4	F14-9	4	14	24
5	Bicentenario	5	15	25
6	F3-13	6	16	26
7	F6-23	7	17	27
8	F16-12	8	18	28
9	F6-14	9	19	29
10	AN 184	10	20	30

### Preparación del terreno

Se realizaron las labores que de manera habitual se llevan a cabo para la siembra de cereales en la región, esto fue barbecho, rastreo, nivelación y surcado.

### Fechas de siembra

Las siembras se realizaron en húmedo en ambas localidades. En el rancho El Campanario el día 3 de diciembre de 2018 y para el Establo Lanchares el 5 de diciembre de 2018. Ambas se realizaron manualmente, a chorrillo depositando la semilla en el fondo del surco y posteriormente cubriendo con el pie. Se utilizó una densidad de siembra de 110 kg/ha, ajustado al tamaño de la parcela.

### Tamaño de la parcela

Cada unidad experimental estuvo conformada por 6 surcos de 0.30 m de espaciamiento por 10 m de largo, generando una dimensión de 18 m<sup>2</sup>.

### Croquis de las parcelas

Las parcelas se establecieron divididas por un bordo para identificar los sistemas de producción (triticales sin corte y triticales con corte).

Figura 1. Croquis de siembra del rancho El Campanario.

B O R D O	BORDO			B O R D O	BORDO			B O R D O
	P30	P29	P28		P30	P29	P28	
	P25	P26	P27		P25	P26	P27	
	P24	P23	P22		P24	P23	P22	
	P19	P20	P21		P19	P20	P21	
	P18	P17	P16		P18	P17	P16	
	P13	P14	P15		P13	P14	P15	
	P12	P11	P10		P12	P11	P10	
	P7	P8	P9		P7	P8	P9	
	P6	P5	P4		P6	P5	P4	
P1	P2	P3	P1	P2	P3			
Triticale con corte			Triticale sin corte					

Figura 2. Croquis de siembra del Establo Lanchares.

B O R D O	BORDO			B O R D O	BORDO			B O R D O
	P30	P29	P28		P30	P29	P28	
	P25	P26	P27		P25	P26	P27	
	P24	P23	P22		P24	P23	P22	
	P19	P20	P21		P19	P20	P21	
	P18	P17	P16		P18	P17	P16	
	P13	P14	P15		P13	P14	P15	
	P12	P11	P10		P12	P11	P10	
	P7	P8	P9		P7	P8	P9	
	P6	P5	P4		P6	P5	P4	
P1	P2	P3	P1	P2	P3			
Triticale sin corte			Triticale con corte					

### **Fertilización**

Se realizó la fertilización al mismo tiempo del trazo de los surcos con una sembradora de semillas pequeñas. La dosis de fertilización empleada para ambas localidades fue de 92-00-00, utilizado como fuente Sulfato de Amonio (20.5 % N).

### **Riegos**

A los experimentos se le aplicó un riego inmediatamente después de la siembra, el tipo de riego fue por gravedad o rodado. Posteriormente se dieron 4 riegos del mismo tipo en las etapas de amacollamiento, encañe, floración y llenado de grano, sin embargo, cabe mencionar que para los triticales que tuvieron corte se le añadió un riego después del corte en ambas localidades, dando un total de lámina de riego de 60 cm (aproximadamente 10 cm de lámina en cada riego).

### **Control de plagas, enfermedades y malezas**

Debido a que no se presentaron incidencia de plagas y enfermedades no se realizó el control de ningún tipo. En cuanto al control de malezas en etapa de amacolle se aplicó triasulfurón (10 g/ha.).

### **Fecha de corte**

En el experimento con corte, este se realizó a los 75 días después de la siembra en ambas localidades, cortando con segadora mecánica la totalidad de cada parcela, a una altura aproximada de corte de 4-5 cm.

### **Cosecha**

Se realizó la cosecha manual en cada unidad experimental, las cuales fueron posteriormente trasladadas al asoleadero del Programa de Cereales del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN para su completo secado. Antes de la realización del proceso de trilla se seleccionaron 10 espigas al azar,

para obtener los datos sobre longitud de espiga, número de espiguillas por espiga y número de semillas por espiga, y para estimar datos de potencial de rendimiento de grano.

### **Trilla y acondicionamiento de semilla**

La trilla se realizó en el edificio del Programa de Cereales del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN, con una maquina trilladora de cereales de grano pequeño de tipo estacionaria. La semilla obtenida como resultado del proceso de trilla se trasladó al Laboratorio de Acondicionamiento de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la UAAAN, donde se le dio el proceso de acondicionamiento a través de una máquina de aire-zarandas (Clipper ®) de tipo laboratorio, ahí se limpió la semilla de impurezas (rastros) y se eliminaron las semillas quebradas.

### **Diseño experimental utilizado en el experimento**

El diseño experimental empleado en campo fue de bloques completos al azar con arreglo factorial (2 localidades x 2 sistemas de producción x 10 variedades) con tres repeticiones.

### **Análisis estadísticos**

Se realizó considerando los genotipos evaluados en las dos localidades, con sus respectivas pruebas de comparación de medias (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.0 (2002).

### **Modelo estadístico de las variables agronómicas**

Se realizó de acuerdo con un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial (2 localidades x 2 sistemas de producción x 10 genotipos, con el modelo lineal siguiente:

Los factores analizados en el modelo lineal fueron:

- ✓ Localidades (Loc.1 Matamoros y Loc. 2 Francisco I. Madero)

- ✓ Sistema de Producción (sin corte y con corte)
- ✓ Variedades (10 genotipos)

Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + L_j + S_k + V_l + LS_{jk} + LV_{jl} + SV_{kl} + LSV_{jkl} + E_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Valor observado en el nivel del j-ésimo ambiente, en el k-ésimo sistema, del l-ésimo variedades.

$\mu$  = media general

$B_i$  = efecto del i-ésimo bloque.

$L_j$  = efecto de la j-ésima localidad.

$S_k$  = efecto del k-ésimo sistema de producción.

$V_l$  = efecto de l-ésimo variedad.

$LS_{jk}$  = efecto de la interacción del j-ésimo ambiente, con el k-ésimo sistema de producción.

$LV_{jl}$  = efecto de la interacción del j-ésimo localidad, con la l-ésima variedad.

$SV_{kl}$  = efecto de la interacción del k-ésima sistema de producción, con la l-ésima variedad.

$LSV_{jkl}$  = efecto de la interacción de la j-ésima localidad, con el k-ésimo sistema de producción, con la l-ésima variedad.

$E_{ijkl}$  = error experimental.

### **Modelo estadístico de las variables evaluadas en laboratorio**

Se realizó de acuerdo con un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial (2 localidades x 2 sistemas de producción x 10 genotipos), con el modelo lineal siguiente:

Los factores analizados en el modelo lineal fueron:

- ✓ Localidades (Loc.1 Matamoros, Coah. y Loc. 2 Francisco I. Madero, Coah.)
- ✓ Sistema de Producción (sin corte y con corte)
- ✓ Variedades (10 genotipos)

Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + S_j + V_k + LS_{ij} + LV_{ik} + SV_{jk} + ASV_{ijk} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Valor observado en el nivel del i-ésimo ambiente, en el j-ésimo sistema, de la k-esima variedad.

$\mu$ = media general.

$L_i$ = efecto del i-ésima localidad.

$S_j$ = efecto del j-ésimo sistema de producción.

$V_k$ = efecto de la k-ésima variedad.

$LS_{ij}$ = efecto de la interacción del i-ésimo ambiente, con el j-ésimo sistema de producción

$LV_{ik}$ = efecto de la interacción de la i-ésima localidad, con la k-ésima variedad.

$SV_{jk}$ = efecto de la interacción del j-ésimo sistema de producción, con la k-ésima variedad.

$LSV_{ijk}$ = efecto de la interacción de la i-ésimo localidad, con el j-ésimo sistema de producción, con la k-ésima variedad.

$E_{ijk}$ = error experimental.

### **Variables evaluadas en campo**

- Altura de planta (**AP**): Se midió con una cinta métrica desde la base de la planta hasta el extremo distal de la espiga, en cada unidad experimental y en cada muestreo, se registró en cm.

- Estimación de rendimiento (**Rend/ha**): La semilla trillada de cada unidad experimental fue pesada en una báscula electrónica y se registró en kg. Se estimó el rendimiento con la siguiente fórmula:

$$Estimacion\ rend. = \frac{(kg\ cosechados)\ (superficie\ de\ unidad\ experimental)}{10,000\ m^2}$$

### Variables evaluadas en laboratorio

- Longitud de espiga (**LE**): Se seleccionaron 10 espigas las cuales se midieron de la punta a la base en una hoja milimétrica y se expresó en cm.
- Número de espiguillas por espiga (**NEE**): Se contabilizaron el número de espiguillas por cada espiga de las 10 espigas seleccionadas.
- Número de semillas por espiga (**NSE**): De cada unidad experimental, las espigas que fueron seleccionadas al azar, se trillaron de manera manual y se contabilizó el número de semilla de diez espigas.
- Contenido de Humedad de la semilla (**CH**): se determinó el porcentaje de humedad con un determinador de campo portátil Multi-grain de marca (Seedburo Equipment Company®), calibrándolo previamente para el cultivo a evaluar. Cada valor fue determinado en porcentaje (%).
- Peso Hectolítrico (**PHEC**): Para determinar el peso volumétrico de semillas se puede utilizar la balanza volumétrica, sin embargo, por tener poca cantidad de semilla se empleó el método manual, con la siguiente metodología: a) se pesó un frasco de vidrio vacío. b) se llenó el frasco con agua al ras. c) se midió el agua del frasco en una probeta graduada. d) se secó el frasco con el papel secante. e) se agregó la muestra al frasco seco y se quitó el exceso mediante el uso de una regla de madera en forma de zigzag. f) se pesó el frasco con la muestra. Se calculó el

peso hectolitrico con la siguiente fórmula y el valor fue expresado en kg/hL:

$$P.Hec = \frac{\text{peso del frasco vacío} - \text{peso del frasco con semilla}}{\text{volumen de agua}} * 100$$

- **Peso de mil semillas (PMS):** de la semilla obtenida se tomaron al azar ocho repeticiones de 100 semillas cada una, el conteo se hizo de manera manual. Después se pesó cada una de las repeticiones en gramos con 3 decimales. Se determinó la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación. El dato es reportado en gramos y es el promedio de las ocho repeticiones multiplicado por 10 para reportar el peso de 1000 semillas. Cada muestra fue pesada en una balanza analítica de marca (OHAUS®).

#### **Determinación de calidad fisiológica de la semilla**

- **Porcentaje de germinación (PG):** El porcentaje de germinación, se evaluó 8 días después de la siembra, consistió en el conteo del total de plántulas normales y el resultado fue expresado en por ciento (%).
- **Plántulas anormales (PA):** Para obtener este porcentaje se consideró como plántulas anormales todas aquellas plántulas con raíz primaria dañadas, con deformidades, geotropismo negativo, sin raíces secundarias y con poco vigor, limitando su óptimo desarrollo y el resultado expresado en por ciento (%).
- **Semilla sin germinar (SSG):** Se contabilizó las semillas que no presentaron ningún signo de emergencia de radícula y el resultado fue expresado en por ciento (%).
- **Longitud de plúmula y de radícula (LP) y (LR):** Para estas variables se midieron las plantas normales, considerando las que no presentaron

alguna anomalía, la medición de cada una de las estructuras se llevó a cabo utilizando una tabla con una hoja milimétrica graduada en la escala en cm.

- **Peso seco de plántula (PS):** Después de que se determinaron las variables anteriores, el registro de esta variable consistió en depositar todas las plántulas normales **(PN)** por repetición, en bolsas de papel estraza perforadas e identificadas con el número de repetición y el tratamiento, después se colocaron en una estufa de secado marca (SHEL LAB®), con una temperatura de 72°C durante un lapso de 24 horas. Al concluir ese tiempo se situaron las muestras en un desecador con la finalidad de evitar que se humedecieran por efecto del ambiente, y no afectara en la toma de los datos. Posterior a eso, por cada repetición se pesaron las muestras en una balanza analítica (OHAUS), para determinar el valor del peso seco y se representó en mg/plántula.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables agronómicas

En el Cuadro 7 se presenta el análisis de varianza de las variables evaluadas en campo.

Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables agronómicas

F.V	GL	Rend/ha (t)	NSE	LE (cm)	NEE	AP (cm)
BLOQUE	2	12.22	11.78	1.02	4.07	118.76
LOC	1	10.77**	1725.20**	3.65 *	2.16**	3162.13**
SIS	1	8.23**	4212.67**	3.46*	29.00*	634.08*
VAR	9	1.32*	216.95*	4.24**	76.21**	4143.51**
LOC*SIS	1	5.54**	3.67	8.64	6.07	5.20
LOC*VAR	9	0.60	142.63	2.18	23.32*	206.32
SIS*VAR	9	2.79**	130.98	3.76**	12.69	759.87**
LOC*SIS*VAR	9	1.16*	154.61	1.05	17.38*	312.64*
ERROR	78	330.08	66.78	0.60	7.10	92.48
C.V. (%)		34.93	18.69	6.27	9.7	9.88

\*\*=altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ); \*= significativo ( $P \leq 0.05$ ); F. V.= Fuente de variación; GL= grados de libertad; Rend/ha= rendimiento por hectárea; NSE= número de semillas por espiga; LE= longitud de espiga; NEE= número de espiguillas por espiga; AP= altura de planta; MEDIA= media; C. V.= coeficiente de variación; LOC= Localidad; SIS= Sistemas de producción; VAR= Variedades; BLOQUE= Bloque.

La variable rendimiento por hectárea (**Rend/ha**) mostró diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), en las fuentes de variación localidades, sistemas de producción y en las interacciones localidades por sistemas de producción y sistemas de producción por variedades. Para variedades y las interacciones localidades por sistemas de producción por variedades hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). No hubo diferencias significativas en los bloques y para la interacción localidades por variedades.

Para la variable número de semillas por espiga (**NSE**), se observaron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) en las fuentes de variación localidades y sistemas de producción, entre variedades se presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). En los bloques y en las interacciones localidades por sistemas de producción, sistemas de producción por variedades, localidades por variedades y localidades por sistemas de producción por variedades, no hubo diferencias significativas.

Para la variable longitud de espigas (**LE**) se obtuvieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para las fuentes de variación variedades y para la interacción sistemas de producción por variedades. Para variedades se presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre localidades y sistemas. No hubo significancia estadística para bloques y las interacciones localidades por sistemas de producción, localidades por variedades y localidades por sistemas de producción por variedades.

Para la variable de número de espiguillas por espiga (**NEE**) se obtuvieron diferencia altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) en localidades y entre variedades. Para sistemas de producción y las interacciones localidades por variedades y localidades por sistemas de producción por variedades hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ). En el caso de los bloques y las interacciones de localidades por sistemas producción y sistemas de producción por variedades no hubo significancia estadística.

Para la variable altura (**AP**) se presentaron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para localidades, variedades y la interacción sistemas de producción por variedades. Asimismo, se presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ )

para sistemas de producción y la interacción de localidades por sistemas de producción por variedades. En los bloques y en las interacciones localidades por sistemas de producción y localidades por variedades no hubo significancia estadística.

A continuación, se presenta el Cuadro 8 con los resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey  $\geq 0.05$ ) para las variables evaluadas en campo.

Cuadro 8. Prueba de comparación de medias para variables agronómicas.

	<b>F.V</b>	<b>Rend/ha (t)</b>	<b>NSE</b>	<b>LE (cm)</b>	<b>NEE</b>	<b>AP (cm)</b>
<b>LOC</b>	<b>Matamoros</b>	1.96 a	39.46 b	12.64 a	29 a	92.47 b
	<b>Fco I. Madero</b>	1.36 b	47.05 a	12.29 b	26 b	102.74 a
	<b>DMS</b>	210.96	2.93	0.28	0.96	3.50
<b>SIS</b>	<b>Sin corte</b>	2.49 a	49.18 a	12.64 a	28 a	99.90 a
	<b>Con corte</b>	0.83 b	37.33 b	12.30 b	27 b	95.30 b
	<b>DMS</b>	210.16	2.93	0.28	0.96	3.50
<b>VAR</b>	<b>F2-1</b>	2.12 a	37.08 b	11.56 d	23 c	117.37 a
	<b>F3-23</b>	1.71 abc	44.08 ab	12.86 abc	28 ab	84.70 b
	<b>F13-17</b>	1.33 bc	43.41 ab	12.20 bcd	26 bc	112.58 a
	<b>F14-9</b>	1.15 c	42.75 b	12.59 abcd	28 ab	80.20 b
	<b>Bicentenario</b>	2.02 ab	42.33 b	11.83 cd	24 c	116.18 a
	<b>F3-13</b>	1.49 abc	42.75 b	12.47 abcd	29 ab	82.45 a
	<b>F6-23</b>	1.79 abc	54.08 a	11.97 cd	30 a	114.54 a
	<b>F16-12</b>	1.98 ab	42.66 b	13.47 a	30 a	79.25 b
	<b>F6-14</b>	1.72 abc	41.41 b	12.95 ab	29 ab	114.41 a
	<b>AN-184</b>	1.28 bc	42 b	12.86 abc	28 ab	74.33 b
	<b>DMS</b>	771.46	10.74	1.04	3.52	12.82

F.V.= Fuentes de variación; LOC= Localidad; SIS= Sistemas de producción; VAR= Variedades; DMS= diferencia mínima significativa; Rend/ha= rendimiento por hectárea; NSE= número de semillas por espiga; LE= longitud de espiga; NEE= número de espiguillas por espiga; AP= altura de planta.

Para la variable rendimiento por hectárea (**Rend/ha**) en el caso de la localidad Matamoros Coah., presentó mayor rendimiento en comparación que la localidad de Francisco I. Madero Coah., esto como resultado del manejo agronómico que

se le dio, debido a que en la localidad Francisco I. Madero Coah., los riegos no se aplicaron en el momento que lo demandaba el cultivo, por lo que se vio mermado el rendimiento en comparación de la localidad Matamoros, Coah. La diferencia en relación entre sistema de producción fue que sin corte obtuvo mayor rendimiento que con corte, esto porque el corte interrumpió el ciclo vegetativo por lo que la planta redujo la capacidad de rebrote y, por lo tanto, la producción de grano, esto se confirma Giunta *et. al.* (2015), quien indica que llegar a la floración fuera del período óptimo tiene profundas consecuencias negativas en la productividad de la semilla. En este caso el sistema de producción con corte se vio afectado en la floración, sin embargo, para llegar a lograr un rendimiento de semilla satisfactorio requiere que el corte no continúe más allá de la emergencia del ápice del suelo y el mejor predictor de la emergencia del ápice es el momento de la etapa terminal de la espiguilla. El comportamiento de las variedades se diferenció en los sistemas de producción, debido a que los triticales fueron de diferente hábito de crecimiento, desde tipos primaverales (precoces), en los que la tasa de desarrollo responde a temperatura y fotoperiodo, a cultivares que requieren vernalización de una manera obligada (tipos de invierno) o facultativa (tipos intermedios), como lo menciona Giunta *et. al.* (2015).

Para el caso de variedades, la que presentó mayor rendimiento fue la variedad F2-1 con un rendimiento promedio de 2.12 ton/ha, debido a su precocidad, superando a la variedad Bicentenario, sin embargo, Mendoza *et al.* (2011) reportó valores que oscilaron entre 6.61 y 1.4 ton ha<sup>-1</sup>. Mendoza *et. al.* (2014) reportó valores en variedades comerciales con rendimientos desde 3.24 a 8.56 ton ha<sup>-1</sup>. Por lo que las variedades que tuvieron mayor rendimiento de grano son más escasas de biomasa, y en cambio las que tienen mayor biomasa tienen menor rendimiento de grano, indicado por Gowda *et. al.* (2011).

Para número de semillas por espiga (**NSE**), en el caso de la localidad de Matamoros Coah., se observó un menor número, en comparación con la localidad Francisco I. Madero Coah., esto posiblemente relacionado con que las plantas en la localidad Francisco I. Madero se sometieron a mayor estrés, debido al manejo agronómico, por lo que se vio reflejado en mayor número de semillas, además es importante mencionar que Santiveri *et. al.* (1992) que el rendimiento de semilla por espiga se puede ver determinado por el periodo de iniciación de espiguillas, pero la incidencia de condiciones desfavorables puede originar la mortalidad de las espiguillas y disminuir el número final de granos. Entre los sistemas de producción sin corte y con corte hubo mayor número de semillas en el sistema sin corte, esto debido a que el cultivo se mantuvo sin el corte forrajero, además que con el corte que se realizó hubo menor rebrote y por lo tanto la planta solo alcanzó a producir espigas, pero con menor vigor y que por ende generaron menor número de semillas por espiga.

Entre las variedades oscilaron los valores de manera muy similar, sin embargo, la variedad F6-23 fue la que presentó el mayor valor promedio, con 54 semillas por espiga, por lo cual esto va directamente ligado con el número de espiguillas por espiga, pero reportó Velasco *et al.* (2020) resultados superiores de número de semillas por espiga, oscilando entre 73 y 59. Sin embargo, Paccapelo *et. al.* (2017) reportó valores que oscilaron entre 39 y 28 semillas por espiga.

En la prueba de comparación de medias para la variable longitud de espiga (**LE**), la localidad Matamoros Coah., presentó una longitud de 12.64 cm, siendo la mayor, y la localidad Francisco I. Madero Coah., con una longitud de 12.29 cm. Para el caso de los sistemas de producción, el sistema sin corte tuvo la mayor longitud con 12.64 cm, y el sistema con corte con una longitud de 12.30 cm, valores muy similares al de las localidades. Para las variedades, la variedad F16-12 fue la que presentó el mayor valor con una longitud de 13.47 cm, oscilando las demás variedades entre 11 y 13 cm., valores similares fueron

reportados por Velasco *et al.* (2020), que fluctuaron entre 10.8 y 12.9 cm. Mendoza *et. al* (2014) reportó valores superiores que oscilaron entre los 16.7 y 17.9 cm.

En la prueba de comparación de medias, para la variable número de espiguillas por espiga (**NEE**), la localidad Matamoros Coah., presentó el valor más alto con 29 espiguillas por espiga, y la localidad Francisco I. Madero Coah., un valor de 26 espiguillas por espiga. Con relación a los sistemas de producción, el sistema sin corte mostró el valor más alto y estadísticamente superior con 28 espiguillas por espiga, mientras que el sistema con corte obtuvo un valor de 27 espiguillas por espiga. Por otra parte, las variedades F6-23 y F16-12 compartieron la misma literal con el valor más alto de 30 espiguillas por espiga, sin embargo, Velasco *et al.* (2020) reportó valores que oscilan entre 26 y 36 espiguillas por espiga, los cuales van a depender del comportamiento de cada genotipo en diferentes ambientes. Es importante mencionar que esta variable se relaciona con el número de semillas por espiga (**NSE**), y que está ligada a la fertilidad de las florecillas, como reporta Santiveri *et. al.* (1992).

En la prueba de comparación de medias para la variable altura (**AP**), la localidad Francisco I. Madero Coah., presentó mayor altura con un valor promedio de 102.74 cm, mientras que la localidad Matamoros Coah., obtuvo una altura con un valor de 92.47 cm. En el caso de los sistemas de producción, el sistema sin corte en promedio presentó plantas más altas, con 99.90 cm, y el sistema con corte 95.30 cm. Para el caso de variedades, cinco de ellas se comportaron estadísticamente igual, siendo estas F2-1 con 117.37 cm, Bicentenario con 116.18 cm, F6-23 con 114.54 cm, F6-14 con 114.41 cm y por último F13-17 con 112.58 cm., estos valores fueron mayores a los reportados por Mendoza *et al.* (2014), aunque señalando que fueron genotipos diferentes a los de este estudio.

## Atributos de calidad en semillas de triticale

### Calidad física

A continuación, se muestra el Cuadro 9 de análisis de varianza para los atributos de calidad en semilla de triticale correspondiente a calidad física.

Cuadro 9. Cuadrados medios del análisis de varianza para atributos de calidad física.

<b>F.V</b>	<b>GL</b>	<b>CH (%)</b>	<b>PMS (g)</b>	<b>PHEC (kg/hL)</b>
<b>LOC</b>	1	0.867	0.788**	4.973
<b>SIS</b>	1	1.925	4.748**	196.531**
<b>VAR</b>	9	1.847 **	1.382**	69.981**
<b>LOC*SIS</b>	1	18.881 **	4.504**	29.790*
<b>LOC*VAR</b>	9	0.935 *	0.059*	5.00
<b>SIS*VAR</b>	9	1.396 *	0.701**	13.176**
<b>LOC*SIS*VAR</b>	9	0.832 *	0.079	5.654 *
<b>ERROR</b>	80	27.26	2.26	180.15
<b>MEDIA</b>		6.68	3.75	64.79
<b>C.V. (%)</b>		8.73	4.48	2.31

\*\*=altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ); \*= significativo ( $P \leq 0.05$ ); F. V.= Fuente de variación; GL= grados de libertad; LOC= Localidad; SIS= Sistemas de producción; VAR= Variedades; CH= contenido de humedad; PMS= peso de mil semillas; PHECT= peso hectolitrico; MEDIA= media; C. V.= coeficiente de variación

Para la variable contenido de humedad (**CH**), hubo diferencia altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) para la fuente de variación variedades, y la interacción de localidades por sistemas de producción. Para las interacciones localidades por variedades, sistemas de producción por variedades y localidades por sistema de producción por variedades se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). Para localidades y sistemas de producción no hubo significancia estadística.

Para peso de mil semillas (**PMS**), se observaron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para localidades, sistemas de producción, variedades y las interacciones localidades por sistemas de producción y sistemas de

producción por variedades. En la interacción localidades por variedades hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). No hubo significancia estadística en la triple interacción de localidades por sistemas de producción por variedades.

En la variable peso hectolitrico (**PHEC**), hubo diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para sistemas de producción, variedades y la interacción de sistemas de producción por variedades. En el caso de las interacciones de localidades por sistemas de producción y localidades por sistemas de producción por variedades hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ). Para localidades por variedades y localidades no hubo significancia.

A continuación, se muestra el Cuadro 10 con los resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey  $\geq 0.05$ ) para las variables evaluadas en laboratorio.

Cuadro 10. Prueba de comparación de medias para atributos de calidad física

	<b>F.V</b>	<b>CH</b> <b>(%)</b>	<b>PMS</b> <b>(g)</b>	<b>PHEC</b> <b>(kg/hL)</b>
<b>LOC</b>	<b>Matamoros</b>	6.59 a	36.7 b	64.59 a
	<b>Fco I. Madero</b>	6.76 a	38.3 a	64.99 a
	<b>DMS</b>	0.21	0.06	0.54
<b>SIS</b>	<b>Sin corte</b>	6.55 b	39.5 a	66.01 a
	<b>Con corte</b>	6.80 a	35.5 b	63.51 b
	<b>DMS</b>	0.212	0.06	0.54
<b>VAR</b>	<b>F2-1</b>	7.60 a	43.1 a	67.72 ab
	<b>F3-23</b>	6.61 b	35.3 de	62.25 e
	<b>F13-17</b>	6.76 b	39.1 b	66.69 bc
	<b>F14-9</b>	6.75 b	36.5 cd	65.08 cd
	<b>Bicentenario</b>	6.95 ab	42.4 a	69.38 a
	<b>F3-13</b>	6.22 b	34.2 ef	62.93 e
	<b>F6-23</b>	6.54 b	36.2 cde	62.21 e
	<b>F16-12</b>	6.53 b	37.4 bcd	63.67 de
	<b>F6-14</b>	6.24 b	38.3 bc	64.14 de
	<b>AN-184</b>	6.60 b	32.4 f	63.82 de
	<b>DMS</b>	0.77	0.22	1.99

F. V.= Fuente de variación; GL= grados de libertad; LOC= Localidad; SIS= Sistemas de producción; VAR= Variedades; CH= contenido de humedad; PMS= peso de mil semillas; PHECT= peso hectolítrico; DMS= diferencia mínima significativa.

En la prueba de comparación de medias para la variable contenido de humedad (**CH**), para localidades no hubo diferencia estadística, sin embargo, entre sistemas de producción si se observaron diferencias significativas, conteniendo mayor porcentaje de humedad en el sistema con corte, esto va directamente relacionado por el desfase de un sistema con otro en la cosecha. Para variedades, las semillas de F2-1 registraron 7.60 % de contenido de humedad, ya que fue la que maduró primero y por ende fue la primera en cosecharse debido a la precocidad de la variedad, las demás variedades sus valores son muy similares debido a que se cosecharon de manera simultánea.

Para la variable peso de mil semillas (**PMS**), la localidad de Francisco I. Madero Coah., registró un mayor valor que la localidad de Matamoros Coah., esto debido al estrés que sufrió la planta por el deficiente manejo agronómico (riegos), por lo que al hacer el conteo se observó que los tamaños de las semillas eran más grandes, en comparación con los de la localidad Matamoros Coah. En el caso de los sistemas de producción, el sistema sin corte tuvo un mayor valor en el peso de cien semillas debido a que el sistema con corte hizo que el vigor expresado por la planta para la producción de semillas generara semillas de menor tamaño y peso. Dentro de las variedades la F2-1 fue quien tuvo el valor 43.1 g y Bicentenario con un valor de 42.4 los cuales se debieron al tamaño de las semillas, los cual están dados por los genotipos y que hizo que se diferenciara de las demás variedades las cuales sus valores oscilaron de manera muy similar por su característica del tamaño de las semillas por lo que Paccapelo *et. al.* (2017) reportó en genotipos experimentales valores oscilando entre 32.5 y 40.2 g.

En la prueba de comparación de medias para peso hectolitrico (**PHEC**) entre localidades no hubo diferencia estadística pues los valores fueron estadísticamente iguales en la localidad Matamoros Coah., 64.54 kg/hL y en la localidad Francisco I. Madero Coah., 64.99 kg/hL. En el caso de sistemas de producción se presentaron diferencias significativas en el peso hectolitrico; para el sistema sin corte el valor fue de 66.01 kg/hL y para el sistema con corte fue de 63.51 kg/hL. Entre las variedades la que tuvo el mayor valor fue Bicentenario con 69.38 kg/hL; el valor más bajo lo obtuvo la variedad F6-23 con 62.21 kg/hL, por lo que supone la variación de los valores debido al genotipo y su hábito de crecimiento ya que al ser triticales forrajeros el valor es menor en el peso hectolíttrico que los graníferos, por lo que son valores bajos en comparación de trigos duros que son de 80 kg/hL descrito por Moreno *et. al* (1996), sin embargo, Mendoza *et. al* (2014) menciona valores que oscilan entre los 55.86 y 72.25 kg/hL en variedades comerciales.

### Calidad fisiológica

A continuación, se muestra el Cuadro 11 del análisis de varianza (ANOVA) de los atributos de calidad en semilla de triticale correspondiente a calidad fisiológica

Cuadro 11. Cuadrados medios del análisis de varianza de atributos de calidad fisiológica:

<b>F.V</b>	<b>GL</b>	<b>PG (%)</b>	<b>PA (%)</b>	<b>SSG (%)</b>	<b>PS (mg/plántula)</b>	<b>LP (cm)</b>	<b>LR (cm)</b>
<b>LOC</b>	1	1114.82	2110.44**	433.50	366.93 **	103.61	713.74**
<b>SIS</b>	1	40987.56**	46510.15**	27.21	55.64	3.07	62.67
<b>VAR</b>	9	1765.26**	1330.55**	95.07	45.91 **	102.83	70.07 **
<b>LOC*SIS</b>	1	17941.76**	13417.31**	643.34 **	8.15	92.66	13.26
<b>LOC*VAR</b>	9	617.17 **	1076.70	40.58	13.38	77.13	45.85
<b>SIS*VAR</b>	9	1325.26 **	1495.49 **	22.75	43.25 **	82.40	46.16
<b>LOC*SIS*VAR</b>	9	1172.41**	897.83*	35.84	16.30	44.78	21.85
<b>ERROR</b>	384	301.33	322.62	36.24	10.52	47.36	18.14
<b>MEDIA</b>		62.11	33.55	5.21	12.15	12.46	13.91
<b>C.V. (%)</b>		27.94	53.52	115.34	26.68	55.22	30.6

\*\*=altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ); \*= significativo ( $P \leq 0.05$ ); F. V.= Fuente de variación; GL= grados de libertad; LOC= Localidad; SIS= Sistemas de producción; VAR= Variedades; PG= porcentaje de germinación; PA= plántulas anormales; SSG= semillas sin germinar; PS= peso seco; LP= longitud de plúmula; LR= longitud de radícula; MEDIA= media; ERROR= error; C. V.= coeficiente de variación.

Para porcentaje de germinación (**PG**) hubo diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre sistemas de producción, variedades y en las interacciones localidades por sistemas de producción, localidades por variedades, sistemas de producción por variedades y localidades por sistemas de producción por variedades. Entre las localidades no hubo significancia estadística.

Para plántulas anormales (**PA**) hubo diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre localidades, sistemas de producción, variedades y en las interacciones localidades por sistemas de producción y sistemas de producción por variedades. Hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) para la interacción localidades por sistemas de producción por variedades. Para la interacción localidades por variedades no hubo significancia.

Para la variable semillas sin germinar (**SSG**) hubo diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) en la interacción localidades por sistemas de producción. No hubo diferencias significativas entre localidades, sistemas de producción, variedades ni en las interacciones localidades por variedades, sistemas de producción por variedades y localidades por sistemas de producción por variedades.

Para la variable peso seco (**PS**) hubo diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre localidades, variedades y la interacción sistemas de producción por variedades. Para sistemas de producción y en las interacciones localidades por variedades, localidades por sistemas de producción y localidades por sistemas de producción por variedades no hubo significancia estadística.

Para la variable longitud de plúmula (**LP**) no se registraron diferencias estadísticas en ninguna de las fuentes de variación del cuadro de análisis de varianza para esta variable.

Para la variable longitud de radícula (**LR**), se registraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) sólo entre localidades y variedades. Entre los sistemas de producción y las interacciones localidades por sistemas de producción, localidades por variedades, sistemas de producción por variedades y localidades por variedades por sistemas de producción no hubo diferencias significativas.

A continuación, el Cuadro 12 con los resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey  $\geq 0.05$ ) de las variables evaluadas en laboratorio.

Cuadro 12. Prueba de comparación de medias de atributos de calidad fisiológica:

	F.V	PN (%)	PA (%)	SSG (%)	PS (mg/plántula)	LP (cm)	LR (cm)
LOC	Matamoros	61.00 b	35.00 a	4.00 b	11.29 b	12.00 a	12.73 b
	Fco I. Madero	64.00 a	31.00 b	6.00 a	13.18 a	13.01 a	15.36 a
DMS		3.35	3.44	1.16	0.629	1.33	0.82
SIS	Sin corte	72.00 a	23.00 b	5.00 a	12.54 a	12.38 a	14.34 a
	Con corte	52.22 b	44.00 a	4.00 a	11.76 b	12.53 a	13.49 b
DMS		3.34	3.43	1.15	0.629	1.32	0.82
VAR	F2-1	46.50 c	45.75 a	7.12 ab	12.76 abc	8.62 b	12.46 b
	F3-23	69.44 a	26.89 c	3.66 bc	10.87 c	13.43 ab	13.33 b
	F13-17	57.50 abc	37.10 abc	5.40 abc	12.45 abc	11.99 ab	16.63 a
	F14-9	68.40 a	28.80 c	2.80 c	12.62 abc	11.21 ab	14.85 ab
	Bicentenario	54.00 <u>bc</u>	41.44 ab	8.00 a	14.04 a	13.54 a	14.84 ab
	F3-13	62.75 ab	36.16 abc	4.26 abc	10.99 c	12.85 ab	12.12 b
	F6-23	67.83 a	26.88 c	5.00 abc	13.57 ab	13.18 ab	14.23 ab
	F16-12	62.97 b	32.91 <u>bc</u>	5.66 abc	11.39 <u>bc</u>	12.13 ab	13.36 b
	F6-14	57.95 abc	36.16 abc	6.66 abc	11.79 abc	11.76 ab	13.57 b
	AN-184	68.25 b	27.33 c	4.25 abc	11.51 <u>bc</u>	14.84 a	13.84 ab
DMS		12.22	12.54	4.22	2.29	4.84	3.00

F. V.= Fuente de variación; GL= grados de libertad; LOC= Localidad; SIS= Sistemas de producción; VAR= Variedades; PG= porcentaje de germinación; PA= plántulas anormales; SSG= semillas sin germinar; PS= peso seco; LP= longitud de plúmula; LR= longitud de radícula; MEDIA= media; ERROR= error; DMS= diferencia mínima significativa.

En la prueba de comparación de medias para porcentaje de germinación (**PG**) en las localidades si hubo una diferencia estadística entre literales posicionando a la localidad Francisco I Madero con 63.91% de germinación y a la localidad Matamoros con un 60.62% de germinación esto va ligado con la fertilidad de las espigas, el cual se vio reflejado con el número de semillas por espiga los cuales fueron mayor en la localidad Francisco I Madero debido al estrés que sufrió por el manejo agronómico que hubo en esa localidad que al final repercutió de manera positiva en la germinación ya la planta aseguro su progenie ante ese estrés. En el caso de sistemas de producción para la comparación de medias para el sistema sin corte hubo 72.13% de germinación que el sistema con corte con un 52.22% de germinación la variación va directa relacionado por el corte que recibió la planta lo que en el rebrote del sistema con corte tuvo menor fertilidad que se vio reflejado con un número menor de semillas por espigas que va ligado con el número de espiguillas por espiga. Para el caso de variedades la que tuvo un mayor porcentaje de germinación fue la variedad F3-23 con un 69.44% y la variedad F6-23 con un 67.83%, pudo verse afectado el porcentaje de germinación por diversos factores adversos durante la producción, beneficio, almacenamiento y transporte de las semillas Garcia *et. al.* (2014), pero Mendoza *et. al.* (2011) reportó porcentajes de germinación oscilando entre 81.00 y 96.06% pero influyó por las densidades de siembra en el caso de Mendoza.

En la prueba de comparación de medias de la variable de peso seco (**PS**) para localidades, la localidad Francisco I Madero se presentó mayor peso con 13.18 mg/plántula con relación a la localidad Matamoros con 11.29 mg/plántula. En el caso de sistemas de producción para el sistema sin corte 12.54 mg/plántula que el sistema con corte con 11.76mg/plántula. Dentro de las variedades la que obtuvo el mayor valor en esta variable fue la variedad Bicentenario con 14.04 mg/plántula, sin embargo, Fernández *et. al* (2015) reporta que en trigos las variedades con alto vigor y ambientes favorables repercuten de manera positiva en el peso seco por

plántula, ya que plántulas vigorosas y con alta velocidad de emergencia incrementan el peso seco.

Para la variable longitud de plúmula (**LP**) para el caso de localidades se comportó en la prueba de comparación de medias con la misma literal en la localidad Francisco I Madero con un valor de 13.01 cm y en la localidad Matamoros con un valor de 12.06 cm. Para el caso de los sistemas de producción no hubo diferencia en la prueba de medias ya que la literal fue para los dos sistemas de producción para el sistema con corte el valor fue de 12.53 cm y para el sistema sin corte el valor fue de 12.38 cm. Esta variable para la prueba de comparación de medias para variedades dos resultaron con la misma literal para la variedad AN-184 con un valor de 14.84 cm y la variedad 5 (bicentenario) con un valor de 13.54 cm. Fernández *et. al* (2015) menciona en trigos que la longitud de plántula se ve favorecida por la variedad, el ambiente de producción y el manejo agronómico, ya que variedades con alto vigor de germinación refleja también en la velocidad de emergencia; además, en ambientes con condiciones favorables que ayudan a un mayor desarrollo de las plántulas normales, lo cual se refleja en mayor longitud de la plántula.

En la prueba de comparación de medias para la variable longitud de radícula (**LR**) en las localidades la localidad Francisco I Madero presento un mayor valor con 15.36 cm en relación con la localidad Matamoros con un valor de 12.73 cm. Para el caso de los sistemas de producción el sistema sin corte con una longitud de 14.34 cm y el sistema con corte con una longitud de 13.49 cm. Para las variedades la variedad F13-17 que obtuvo el valor más alto fue de 16.63 cm. Esto va directamente relacionado con el vigor de la semilla y la capacidad de establecer en campo.

## CONCLUSIONES

Con base en el estudio realizado en el presente trabajo de investigación se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Se observó que en la localidad Matamoros Coah., se presentó mayor rendimiento de semilla de los genotipos estudiados, debido a que se dieron mejores condiciones de manejo agronómico para la producción, en comparación de la localidad Francisco I Madero Coah.
- Para el caso de los sistemas de producción de semillas, el que presentó un mejor rendimiento fue el sistema sin corte, ya que al hacer un corte forrajero se retrasa la fenología del cultivo e incide en el rebrote de tallos y en el número de espiguillas, además influye en su fertilidad y que va relacionado directamente con el número de granos por espiga. Es importante mencionar que, aunque hubo bajos rendimientos en la localidad Francisco I. Madero Coah., destacó en variables como altura de planta y número de semillas por espiga, y la localidad Matamoros, Coah. en longitud de espiga y número de espiguillas por espiga. Para los sistemas de producción de semillas destacó el sistema sin corte en las variables altura de planta, longitud de espiga, número de espiguillas por espigas y número de semillas por espiga.
- Para las variables evaluadas en las pruebas de calidad física, para peso de mil semillas, se observó un valor bajo, en donde se esperaba una mejor respuesta, ya que en la localidad Francisco I. Madero Coah., los factores abióticos limitaron el desarrollo adecuado del cultivo.
- En los sistemas de producción, se presentó un mayor contenido de humedad en las semillas obtenidas en el sistema con corte, esto debido a la época de la cosecha y a la madurez fisiológica de la planta. En el sistema sin corte se observaron mejores valores en las variables peso de mil semillas y peso hectolitrico, ambas relacionadas con la calidad de las semillas.

- En los resultados de los análisis de calidad fisiológica se presentó un mayor porcentaje de germinación y mayor peso seco de plántula y longitud de radícula, en la semilla cosechada en la localidad de Francisco I. Madero Coah., sin embargo, se esperaba, lo contrario debido a las circunstancias de manejo agronómico. La localidad Matamoros Coah., presentó mayor porcentaje de plántulas anormales, siendo un indicador de deterioro de la semilla, relacionado con una menor calidad fisiológica.
- En cuanto a los sistemas de producción de semillas, el sistema sin corte presentó valores altos en el porcentaje de germinación, peso seco de plántula y longitud de radícula.
- Por lo tanto, se concluye que, para la producción de semillas de triticale, los sistemas de producción si afectan el rendimiento, y la calidad física y fisiológica de las semillas, por lo que, en este trabajo de investigación, el sistema de producción de semillas sin corte resultó ser el idóneo. Es importante realizar un buen manejo agronómico al cultivo de triticale, ya que se adapta a condiciones de estrés por lo que ante los factores abióticos presenta una mayor respuesta en la calidad física y fisiológica, para producir semillas de buena calidad cumpliendo los criterios y especificaciones de campo y laboratorio para la producción de semillas. De igual manera se recomienda probar estas variedades en otras regiones de México para evaluar su comportamiento

## REFERENCIAS

- Ammar, K. 2013. Promoción y mejoramiento genético del triticale. ENLACE No16: 27-29.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1976. Trigo X Centeno = Triticale. CIMMYT. 5: 16p.
- Fernández, S.R., Carballo, C.A., Villaseñor, M.H.E., Hernández. L.A. 2015. Calidad de la semilla de trigo de temporal en función al ambiente de producción. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6: pp. 1239-1251.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. (FAOSTAT). Producción de cultivos. (<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>).
- García, L., J.I., Ruiz, T.N.A., Lira, S. R.H., Vera, R.I., Méndez, A.B. 2014. Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a Dosis de Nanopartículas. Centro de Investigación de Química Aplicada. pp. 129-140.
- Giunta, F., Cabiglieri, A., Viridis, A., Motzo, R. 2015. Dual-purpose use affects phenology of triticale. Field Crops Research.183: pp.111-116.
- Gowda, M., Hahn, V., Reif, J. C., Longin, C. F. H., Alheit, K., Maurer, H. P. 2011. Potential for simultaneous improvement of grain and biomass yield in Central European winter triticale germplasm. Field Crops Research. 121(1): pp. 153-157.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Francisco I. Madero, Coahuila de Zaragoza
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Matamoros, Coahuila de Zaragoza.

- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Agenda Técnica Agrícola de Coahuila. 2017. Paquete Tecnológico Triticale. pp. 85-87.
- Lati, R.N., Filin, S., Eizenberg, H. 2011. Robust methods for measurement of leaf-cover area and biomass from image data. *Weed Sci.* 59: pp. 276– 284.
- Lozano, D.R., A.J., Hernández S. A., González I.R., y Béjar H.M. 2004. Triticale in México. 123-124p. *In: Triticale improvement and production.* FAO. Roma Italia. 154 p.
- Lozano, D.R., A.J. 2002. Triticales forrajeros para la Región Lagunera. *Revista Agropecuaria Laguna.* 29: pp. 4-5.
- Lozano, D.R., A. J., Zamora V. V.M., Ibarra J.L., Rodríguez H. S. A., De la Cruz L. E., y De la Rosa I. M. 2009. Análisis de la interacción genotipo-ambiente mediante el modelo AMMI y potencial de producción de triticales forrajeros (*X Triticosecale* Wittmack.). *Universidad y Ciencia.* 25: p. 81
- Mellado, Z.M, Matus TI y Madariaga BR. 2008. Antecedes de triticale en Chile y en otros países. *INIA.* pp. 5, 6, 15.
- Mendoza, E.M., Cortez B.E., Rivera R.J.G., Rangel L.J.A., Andrio E.E. y Cervantes O.F. 2011. Época y densidad de siembra en la producción de triticale (*X Triticosecale* Wittmack). *Agronomía Mesoamericana* 22: pp. 309-316.
- Mendoza, E.M., Sámano R.S., Cervantes O.F., Andrio E.E., Rangel L.J.A., Rivera R.J.G., Guevara A.L.P., Moreno M.E. 2014. Evaluación de fertilización integral en la producción de semillas (*X Triticum secale* Wittmack). *Revista internacional de botánica experimental* 83: pp. 93-100.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Tercera edición Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 63,113-119, 259-261.
- National Research Council. 1989. Triticale: A promising addition to the world's cereal grains. National Academy Press. p.105.

- Ortega, J. 2012. El cultivo del triticale: una alternativa con valor nutritivo. ENLACE 11: pp. 24-25.
- Paccapelo, H., Ferreira V., Picca A., Ferrari E., Domínguez R., Grassi E., Ferreira A., Di Santo H., Castillo E. 2017. Triticale (x *Triticosecale* Wittmack): Rendimiento y sus componentes en un ambiente semiáridos de la Argentina. Chilean journal of agricultural & animal sciences. 33: pp. 45-58.
- Poysa, V.W. 1985. Effect of forage harvest on grain yield and agronomic performance of winter triticale, wheat and rye. Can. J. Plant Sci. 65: pp. 879-888.
- SAS Institute Inc. 2001. (SAS®) 9.2 Procedures Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Santiveri, M.P. 1992. Influencia del hábito de crecimiento sobre el comportamiento agronómico y fisiológico del Triticale Hexaploide (*Xtriticosecale*, Wittmack). Tesis Doctoral. Universidad de Lleida. p. 75.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Cierre de la producción agrícola. Anuario Estadístico Nacional de la Producción Agrícola 2019. (<http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>).
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 2020. Catálogo Nacional de Variedades Vegetales. (<https://datastudio.google.com/reporting/5b7206ba-e190-48fe-9696-73523bfccf58/page/itBWB>).
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 2014. Regla de para la calificación de semillas de avena, cebada, centeno, trigo y triticale. pp. 10-13.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 2019. Gaceta oficial de los derechos de obtentor de variedades vegetales. p. 84.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2010. Información Estadística Climatológica. Normales Meteorológicas 1981-2010 Matamoros, Coahuila.

(<https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales8110/NORMAL05027.TXT>)

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2010. Información Estadística Climatológica. Normales Meteorológicas 1981-2010 Francisco I. Madero, Coahuila. (<https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales8110/NORMAL05180.TXT>)

Velasco, L.J.L., Soto O.R., Ail C.C.E., Grimaldo J.O., Avilés M.S.M., Lozano D.A.J. 2020. Rendimiento de biomasa y grano en variedades de triticale en el valle de Mexicali. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(5): pp. 1097-1109.

Velázquez, M., J.L. 2018. Estimación de biomasa en triticales con índices de vegetación. Tesis de Ingeniero Agrónomo en Producción. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. p.12