



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE GERMINACIÓN EN EL PROCESO DE
MALTEO EN EL TRITICALE (*X Triticosecale Wittmack*)

TESIS

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO INDUSTRIAL

PRESENTA:

RAÚL ANTONIO ROSAS SÁNCHEZ

(NÚMERO DE CUENTA 1143042)

(GENERACIÓN 42)

MODALIDAD: TESIS INDIVIDUAL

ASESORES:

DRA. MARÍA DOLORES MARIEZCURRENA BERASAIN

M. en Ed. ALFREDO MEDINA GARCÍA

CAMPUS UNIVERSITARIO "EL CERRILLO", EL CERRILLO

PIEDRAS BLANCAS, TOLUCA, MEX.

NOVIEMBRE 2019



ÍNDICE

Índice de figuras	IV
Índice de gráficas.....	V
Índice de cuadros.....	VI
Dedicatorias	VII
Agradecimientos.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades del triticale	4
2.1.1 Composición química del grano de Triticale (<i>X. Triticosecale</i> W.)	6
2.1.2 Características de la planta del triticale.....	9
2.1.3 Triticale (<i>X. Triticosecale</i> W.) en la industria cervecera	10
2.1.4 Malta.....	11
2.1.5 Malteo del grano	11
2.1.5.1 Selección y limpieza del grano	12
2.1.5.2 Remojo.....	13
2.1.5.3 Germinación.....	14
2.1.5.4 Secado	18
2.1.5.5 Molienda y eliminación de raicillas	20

2.1.6	Enzimas implicadas en el proceso de malteo	22
2.1.7	Calidad maltera	23
2.1.8	Parámetros de calidad maltera	23
2.1.8.1	Humedad	24
2.1.8.2	Extracto de malta	24
2.1.8.3	Poder diastásico	25
2.1.8.4	Nitrógeno soluble	27
III.	HIPÓTESIS	28
IV.	JUSTIFICACIÓN	29
V.	OBJETIVOS	30
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	31
6.1	Descripción de las operaciones del proceso de malteo	32
6.1.1	Operaciones Previas	32
6.1.1.1	Limpieza del grano	32
6.1.1.2	Porcentaje de germinación	32
6.2	Malteo.....	32
6.2.1	Remojo general del grano	34
6.2.2	Germinación general del grano	34
6.2.3	Secado de los granos germinados.....	35

6.2.4 Eliminación de raicillas y molienda.....	36
6.2.3 Proceso de maceración.....	37
6.3 Calidad maltera	38
6.3.1 Humedad	38
6.3.2 Extracto de malta	38
6.3.2 Poder diastásico de malta.....	39
6.3.3 Grados Brix (°Bx).....	40
6.5.1 Análisis estadístico	42
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
7.1 Grados Brix (°Bx).....	45
7.1.2 Grados plato (°P).....	48
7.1.3 Humedad	50
7.1.4 Gravedad específica	52
7.1.5 Poder diastásico	54
7.1.6 Extracto de malta	56
8.1 Conclusiones	58
9.1 Sugerencia	59
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No 1. Fotografía de Triticale.....	5
Figura No 2. Fotografía de la malta de triticale (X. <i>Triticosecale</i> W.)	5
Figura No 3. Estructura del grano de triticale (X. <i>Triticosecale</i> W.)	7
Figura No 4. Grano de cereales. A: Centeno (<i>Secale cereale</i>), B: Triticale (X <i>Triticosecale</i> W.), C y D Trigo harinero (<i>Triticum spp</i>).....	9
Figura No 5. Grano limpio de la Malta de triticale (X. <i>Triticosecale</i> W.)	12
Figura No 6. Remojo del grano de triticale (X. <i>Triticosecale</i> W.).....	14
Figura No 7. Proceso de germinación del grano de triticale (X. <i>Triticosecale</i> W.)	15
Figura No 8. Selección de la germinación del grano de triticale (X. <i>Triticosecale</i> W.)	18
Figura No 9. Secado experimental de la Malta de triticale (X. <i>Triticosecale</i> W.) ..	20
Figura No 10. Molino para la molienda de la Malta de triticale (X. <i>Triticosecale</i> W.)	21
Figura No 11. Peso de la molienda de malta de triticale (X. <i>Triticosecale</i> W.)	21
Figura No 12. Extracto de malta de triticale (X. <i>Triticosecale</i> W.)	25
Figura No 13. Proceso de determinación de poder diastásico	26
Figura No 14. Diagrama de flujo del proceso de malteo	33
Figura No 15. Germinación del grano	34
Figura No 16. Proceso de secado de la malta.....	35
Figura No 17. Molienda de la malta.....	36
Figura No 18. Proceso de maceración	37
Figura No 19. Medición de poder diastásico	40

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica No 1. Resultados de las medias de los tratamientos para °Bx	47
Gráfica No 2. Resultados de las medias de los tratamientos para °P	49
Gráfica No 3. Resultados de las medias de los tratamientos para humedad	51
Gráfica No 4. Resultados de las medias de los tratamientos para gravedad específica.	53
Gráfica No 5. Resultados de las medias de los tratamientos para poder diastásico	55
Gráfica No 6. Resultados de las medias de los tratamientos para extracto de malta	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No 1. Productores de triticales (X <i>Triticosecale</i> W.) a nivel mundial y nacional	6
Cuadro No 2. Composición química del grano de triticales (X <i>Triticosecale</i> W.).....	8
Cuadro No 3. Resultados de las medidas de tratamientos para °Bx, Humedad, Porcentaje de Extracto, Gravedad Específica, °Plato y Poder diastásico.....	44

RESUMEN

El triticale (*X. Triticosecale* W.) es una cruce de trigo (*Triticum spp*) y centeno (*Secale cereale*) creado genéticamente por el hombre, este cereal combina la calidad de ambos, como el rendimiento del trigo, y la resistencia del centeno. La Cebada es utilizada principalmente en la producción de cerveza y se ha detectado que el triticale (*X Triticosecale* W.) tiene propiedades semejantes a está por lo que en la presente investigación se sugiere realizar una malta a base de triticale (*X Triticosecale* W.), debido a que es la fase principal en la elaboración de cerveza, el malteado consta de tres partes: remojo, germinación y secado. Sin embargo, también se trata de enfocar en la optimización de la etapa de germinación durante el proceso de malteado, tomando como eje la evaluación de la temperatura, la cual es una etapa importante donde se generan las enzimas encargadas de hidrolizar el almidón para obtener azúcares y aminoácidos, compuestos utilizados por la levadura durante la elaboración de cerveza. Para evaluar la calidad de la malta se utilizaron variables

como °Brix, porcentaje de humedad, % de extracto de malta, gravedad específica, grados plato (°L) y poder diastásico conforme a las normas ASBC 2003, AOAC 2002 y EBC 2003. Los tratamientos que se evaluaron tomaron como variable de estudio la temperatura de germinación que fue de 20 °C. 25 °C y 30 °C, los resultados indicaron que no existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), en las variables de estudio, excepto para poder diastásico. En relación a los °Brix, % de humedad, °p y la gravedad espesífca todos los tratamientos obtuvieron un valor superior a lo reportado por la literatura. En relación a poder diastásico (°L) el mejor tratamiento

fue el T1 que corresponde a 20 °C con un valor superior a lo reportado en literatura. Esta variable es la más importante en el proceso de malteo ya que sugiere la actividad enzimática reportada para lograr una fermentación de azúcares fermentables. Finalmente, en relación al extracto de malta, ocurre lo contrario, aunque también está por encima de lo reportado en la literatura, ésta característica, no es muy aceptable en el proceso de la elaboración de cerveza ya que podría ocasionar turbidez en el producto final.

Por conclusión, podemos decir que las maltas de triticale (*X. Triticosecale W.*) presentan excelentes características para el proceso de malteo durante la elaboración de cerveza. Sin embargo, por el resultado de extracto de malta, se sugiere que el triticale no sea utilizado para una malta base, sino como un cereal adjunto para la elaboración de dicho producto.

Palabras clave: triticale (*X. Triticosecale W.*), cerveza, malteo y germinación

ABSTRACT

Triticale (*X. Triticosecale W.*) is a grain genetically created by man, and comes from wheat (*Triticum spp*) and rye (*Secale cereale*). This cereal combines wheat yield and rye resistance. Beer is created by Barley grain by these characteristics, then, triticale has been detected (*X. Triticosecale W.*) it has similar properties to this. The main phase in brewing is the malting process, which consist of three-parts, soaking, germination and drying. So that, this investigation, is about germination, especially the temperature. During the malting process enzymes are generated in order to hydrolyze starch, as a result the starch produced is consumed by yest during the process of brewing. To assess the malt quality can be measure it by °Brix, %humidity, %extract, specific gravity, diastatic power and °L, through ASBC 2003, AOAC 2002 and EBC 2003 standards. The treatments that were evaluated are T1:20 °C, T2:25 °C and T3:30 °C. The results indicated that there were no significant differences in the study variables, except for the diastatic power. In relation to the °Bx, %humidity, %extract, specific gravity specific and °L all the treatments obtained a greater amount than it was reported in the literature, wich in the correct purpose. In relation to diastatic power, the best treatment was T1 (20 °C) with a higher value than it was reported in the literature. This result is important because the variable in the process of malting provides an approach to the enzymatic activity, reported to achieve a fermentation of fermentable sugars. Finally, malt extract, opposite to the previous results reported in the literature, is not an acceptable characteristic since it could cause turbidity in the final product.

In conclusion, we can say that triticale (*X. Triticosecale W.*) malts have excellent characteristics for the malting process. However, due to the malt extract result, it is

suggested that triticale (*X. Triticosecale* W.) is not used for a malt base, but as an attached cereal so as to make beer.

Keywords: Triticale (*X. Triticosecale* W.), Brewing, malt process, germination

I. INTRODUCCIÓN

Triticale (*X. Triticosecale* W.) es un cereal creado genéticamente por el hombre, a partir de la cruce del trigo (*Triticum spp*) y el centeno (*Secale cereale*). Este cereal tiene un alto potencial productivo en suelos de poca humedad, baja fertilidad y salinos como se observa. Dicho cereal tiene las características de ambos cereales, ya que combina la calidad y el rendimiento del trigo, y la resistencia del centeno (Baier *et al.*, 1998).

De acuerdo a Peña, 2004, en la producción de cerveza, la primera fase de la producción de la misma es el malteado, la cual se lleva a cabo mediante tres etapas principales: remojo, germinación y secado. Industrialmente, la principal aplicación en los granos de cebada en México es la producción de malta, ya que la cebada al igual que el triticale son sometidos a una germinación controlada, hasta lograr cierto contenido enzimático. Cualquier grano puede ser malteado. La mejor malta se obtiene cuando el grano es de variedad maltera, con granos enteros, secos, sanos, bien desarrollados, de tamaño uniforme, es pesado y germina vigorosamente. Si el grano no es viable, puede absorber agua igualmente, pero no germina. Los granos viables son aquellos maduros e inmaduros que pueden germinar y que pueden maltearse. Los inmaduros requieren un tiempo para que termine el periodo de inactividad ó latencia (*dormancy*) de manera natural, o bien puede terminarse mediante un tratamiento físico o químico. Dicho estado de latencia es una defensa natural del grano para evitar una germinación extemporánea y para que la duración sea menor es importante secar adecuadamente el grano y almacenarlo en lugar seco. Los factores que vencen el estado de latencia y permiten el inicio de la

germinación son: la entrada de oxígeno, ya sea por un buen aireado ó por la adición de oxidantes como H₂O₂, y el contacto con el agua (Baier *et al.*, 1998).

Actualmente, el triticale tiene usos dentro de la industria panificadora, ya que es utilizado en mezclas con harina de trigo para la producción de pan. Igualmente, la malta como un producto del triticale es recurrente para la elaboración de cerveza y otras bebidas tales como whiskey y vodka, a partir de la mezcla de éste con otros cereales (Santoyo y Quiroz, 2010).

De manera natural, esto sucede entre 6 y 8 semanas después de la cosecha. Al contacto con agua y oxígeno, el embrión activa la formación de ácido giberélico, fitohormona que a su vez activa la producción de α -amilasa, que aun no existe en el grano. Las amilasas α y β producen azúcares para que el embrión se alimente. Durante el malteo se presenta también una intensa actividad enzimática sobre la pared celular: las proteasas transforman proteínas insolubles en aminoácidos solubles y las β -glucanasas liberan glucosa; por ello el grano, que inicialmente es duro, se vuelve suave y harinoso. La malta se utiliza para producir cerveza, y para la obtención de otros derivados como jarabes de extracto de malta o extracto de malta seco; el extracto acuoso de la malta seca y molida, se filtra y se concentra a 70–80 % (o más) de sólidos; puede contener o no conservadores y se utiliza como aditivo y saborizante y especialmente, para la producción de cerveza en escala pequeña o doméstica (Peña, 2004).

Es así que la investigación se enfoca en el proceso de malteado, y en ello, la optimización de la etapa de germinación dentro de dicho proceso, tomando como eje la evaluación de la temperatura. Importante etapa en tanto que se genera las

enzimas encargadas de hidrolizar el almidón para obtener azúcares y aminoácidos, compuestos utilizados por la levadura durante la elaboración de cerveza.

Derivado de lo descrito con anterioridad, el objetivo de la presente investigación fue determinar la temperatura óptima durante el proceso de germinación en el grano de Triticale (*X. Triticosecale* W.) que genere mayor actividad enzimática.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del triticale

Triticale (*X. Triticosecale* W.), es una especie creada genéticamente mediante la cruce de trigo (*Triticum aestivum*) y centeno (*Secale cereale*), mismo que tiene un alto potencial nutritivo en suelos con poca humedad, baja fertilidad y salinos. Dicho híbrido (Fig. No.1) tiene las características de ambos cereales, ya que combina la calidad y el rendimiento del trigo, y la resistencia del centeno (Baier *et al.*, 1998).

Es importante comentar que el consumo de éste grano es interno en cada país que se produce (Mellado *et al.*, 2008), es decir no se presentan datos de exportación.

El triticale se puede usar en pastoreo, ensilaje, alimento para animales, procesos de panificación en combinación con el trigo, a nivel industrial en producción de bioetanol y actualmente es utilizado como un cereal adjunto (Fig. No.2) para procesos de elaboración de cerveza (Furman, 2004).

En relación a la producción mundial y nacional del triticale de acuerdo a los datos de la (FAO, 2015), se estima que se siembra más de 3 millones de h de triticale alrededor del mundo. En el 2015 en México se cultivaron alrededor de 23,000 h, en su mayoría para la producción de grano, con una producción de 40,123.41 t (SIAP, 2015).

En la Figura No 1 se muestra el cultivo de triticale aun sin ser cosechado.



Figura No 1. Fotografía del cultivo de Triticale (*X. Triticosecale* W.)

En la Figura No 2, se muestra la malta de triticale limpia y en proceso de germinación.



Figura No 2. Fotografía de la malta de Triticale (*X. Triticosecale* W.)

Cuadro No. 1. Productores de Triticale (*X. Triticosecale* W.) a nivel mundial y nacional.

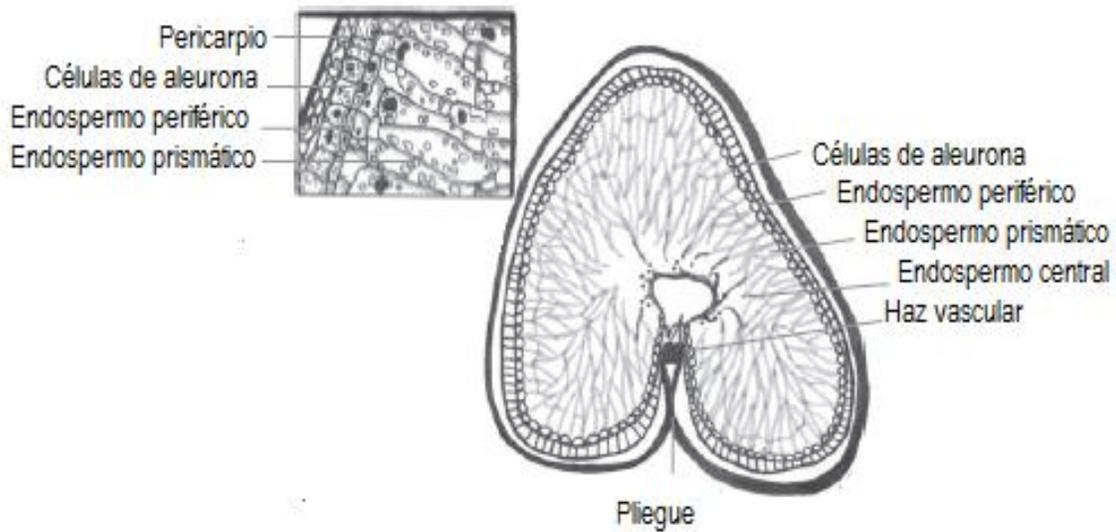
Productores a nivel mundial	Producción	Productores a nivel nacional	Producción
Polonia	5.2 millones de toneladas	San Luis Potosí	10 t/ha
Alemania	3 millones de toneladas		
Francia	2 millones de toneladas	Tlaxcala	10-11 t/ha
Federación de Rusia	0.7 millones de toneladas		
China	0.5 millones de toneladas	Estado de México	10-12 t/ha

SIAP, 2015.

2.1.1 Composición química del grano de Triticale (*X. Triticosecale* W.)

El grano del Triticale (*X. Triticosecale* W.) presenta dos compartimentos especiales, que son el embrión y el endoesperma. Ambas zonas están rodeadas por dos capas el pericarpio y la testa, como se muestran en la Figura No 3. Esta configuración es importante en el almacenamiento, ya que le confiere una protección vital (Callejo, 2002).

El endospermo es el lugar en donde se almacena el almidón y esta cubierto por la capa de aleurona. Tanto las paredes celulares del endospermo amiláceo como las que conforman la aleurona, se encuentran cubiertas por los polisacáridos no amiláceos, tales como arabinosilanos y en menor cantidad unidas celulosa. (Macgregor y Batty, 1996). El endospermo del grano también es rico en nitrógeno, el cual, se encuentra en forma de enzima y de proteína de reserva (Hornsey, 1999). En el embrión se promueve la formación de enzimas que potencian la degradación de dichos componentes (almidón y proteína). La producción de enzimas durante la germinación inicia en el escutelo (cotiledón transformado en órgano absorbente) (Ruiz, 2006).



Fuente: Ruiz, 2006

Figura No 3. Estructura del grano del Triticale (*X. Triticosecale* W.).

Martini (2015), señala que la composición química del grano del triticale (*X. Triticosecale W.*) revela un menor contenido de proteínas, pero con un mayor porcentaje de grasa y una cantidad de carbohidratos intermedia en comparación con el trigo.

De acuerdo a su valor nutricional el triticale (*X. Triticosecale W.*) puede convertirse en un grano de suma importancia para la alimentación humana y animal; sus factores nutricionales más importantes son el contenido de almidón, cantidad y calidad de sus proteínas, fósforo y lisina (Martini, 2015).

En el cuadro No. 2, se muestra la composición química grano de triticale (*X. Triticosecale W.*) en ella se ve una mayor proporción de carbohidratos un 72.0%, en cuanto a proteína se encuentra entre el 10.0 y 15.0%, y la cantidad de lípidos vitaminas y minerales es muy baja.

Cuadro No 2. Composición química del grano del Triticale (*X. Triticosecale W.*)

Nutriente	Contenido (%)
Carbohidratos	72.1
Almidón	53.0–63.0
Azúcares	3.7-7.6
Fibra cruda	2.3–4.5
Proteína	10.2–15.6
Materia inorgánica	1.4–2.9
Lípidos	1.1-2.4
Vitaminas y Minerales	1.0–2.0

Fuente: INFOAGRO, 2017.

2.1.2 Características de la planta del triticale

Es grano de Triticale (*X. Triticosecale* W.) es un cereal de apariencia intermedia entre el trigo y el centeno, aunque morfológicamente es más similar al primero.

En esta Figura No. 4, se presentan las diferentes características de ambos cereales. En la opción A se encuentra al grano de centeno (*Secale cereale*), en la opción B el grano de triticale (*X. Triticosecale* W.) y las opciones C y D tenemos al grano de trigo harinero (*Triticum spp*), en la combinación de la opción A y las opciones C y D esta el grano de triticale (*X. Triticosecale* W.) y se puede observar que es de un tamaño medio en comparación a los granos de los cuales se obtuvo esta nueva especie.



Fuete de Mellado *et al*, (1993)

Figura No. 4. Grano de cereales. A: Centeno (*Secale cereale*), B: Triticale (*X. Triticosecale* W.), C y D: Trigo harinero (*Triticum spp*)

Su altura va desde un metro hasta un metro y medio, Sus hojas son como las del trigo (*Triticum spp*) pero más grandes y de mayor grosor. Las espigas son de mayor tamaño que las del trigo (INFOAGRO, 2017).

2.1.3 Triticale (*X. Triticosecale* W.) en la industria cervecera

La elaboración de mostos cerveceros ha cambiado sus procesos de fabricación, debido a que se estima que pueden combinarse las maltas cerveceras y los adjuntos hasta en un 90.0% para la elaboración de bebidas alcohólicas, esto sin modificar la calidad del producto final (Ande *et al.*, 1998).

En el año 2003 se han investigado líneas y variedades de triticale (*X. Triticosecale* W.) para procesos cerveceros y se ha demostrado que el triticale (*X. Triticosecale* W.) es de alta conveniencia ya que reduce costos y tiempo para servir como adjunto en la elaboración de cerveza (Glatthar *et al*, 2003).

Es importante mencionar que los adjuntos comúnmente utilizados en la elaboración de cerveza de cebada principalmente son el trigo (*Triticum spp*), arroz (*Oryza sativa*) y maíz (*Zea mays*). En su mayoría no son sometidos a proceso de malteo, resaltando así que, para preparar una bebida alcohólica.

2.1.4 Malta

La malta se refiere al grano germinado, generalmente cebada (*Hordeum vulgare*), sometida a una germinación controlada, hasta lograr la actividad enzimática (Aguilar *et al.*, 2013).

La germinación, es un proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una nueva planta. Este proceso se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe. Para lograr esto, toda nueva planta requiere de elementos básicos para su desarrollo como son temperatura, agua, oxígeno y sales minerales (Castillejo, 2014).

En la actualidad, la malta se utiliza principalmente en cervecería, también, se utiliza en destilería para la fabricación de whisky (Glatthar, 2003).

Por último, también se puede utilizar como componente (extracto de malta) en la alimentación humana (panificación, barras de cereales y bebidas energéticas,) (MacGregor and Batty, 1996).

2.1.5 Malteo del grano

El malteo, es un proceso bioquímico durante el cual, ocurren cambios en las características fisicoquímicas del grano, mismos que se describen en los siguientes apartados. Durante el malteo, de manera general, los granos desarrollan y activan sus sistemas enzimáticos, y modifican sus reservas alimenticias de manera que puedan ser hidrolizadas durante su maceración (Reyna *et al.*, 2004). Las etapas mencionadas se indican a continuación.

2.1.5.1 Selección y limpieza del grano

Es una actividad cualitativa que se realiza con base en propiedades visuales de la cebada (*Hordeum vulgare*), o de cualquier grano. Consiste en comprobar la uniformidad del grano que este libre de materias extrañas, tales como semillas, ausencia de granos rotos, heces de roedores y piedras, entre otros (Glatthar, 2003).

De acuerdo a la norma mexicana NMX-FF-043-SCFI-2003, la limpieza del grano consiste en eliminar cualquier sustancia ajena a la misma, granos dañados, vanos, inmaduros, chupados o verdes que pudiesen existir. Un grano limpio se muestra en la Figura No. 5.



Figura No 5. Grano limpio de la malta de Triticale (*X. Triticosecale* W.).

2.1.5.2 Remojo

El remojo, es un factor importante, y es necesario que la cebada tenga en promedio un 40 a un 45% de humedad para favorecer que el grano pueda germinar de manera adecuada. Es una fase crítica del malteo debido a que del remojo depende en gran medida la capacidad de germinación del grano (French y MacRuer, 1990). Consiste en suministrar agua al interior del grano con el objetivo primordial de incrementar su humedad final (EBC, 2003).

Para iniciar la germinación, se requiere una humedad de 40%, lo que se logra en uno o 2 días, según la temperatura del agua que generalmente se usa a 40 ó 45 °C. En la industria, se alternan periodos con y sin agua, pero es indispensable airear para que el grano no se ahogue. El grano flotante se elimina (por que no hay embrión o si se encuentra esta muerto) y el remojo se detiene cuando el grano ha comenzado a puntear, es decir cuando las raicillas empiezan a aparecer (French y MacRuer, 1990).

El objetivo del remojo es que los granos absorban suficiente cantidad de agua bajo condiciones aeróbicas, estos son sumergidos en agua y a una temperatura controlada (20-30 °C) en un proceso que dura 24h para el Triticale (*X. Triticosecale* W.) (EBC, 2003).

El remojo, se realiza con el fin de romper el estado durmiente del grano y así, activar las enzimas que se encargan de romper el almidón y las proteínas en pequeñas estructuras fácilmente consumidas por las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) (Hough, 1990).

En la Figura No. 6, se muestra el grano de triticale (*X. Triticosecale* W.) en el proceso de remojo que posteriormente, ser sometido al proceso de germinación.



Figura No. 6. Remojo del grano de Triticale (*X. Triticosecale* W.).

2.1.5.3 Germinación

La germinación es un proceso bioquímico en el cual el grano comienza a acelerar sus actividades fisiológicas cuando se reúnen condiciones apropiadas de humedad, temperatura, oxigenación y sales minerales (López-Perea, 2011; Castillejo, 2014).

En la Figura No. 7, se muestra un grano de triticale (*X. Triticosecale* W.) con tres días de germinación en donde se pueden ver plúmulas y raicillas.



Figura No. 7. Proceso de germinación del grano Triticale (*X. Triticosecale* W.).

La importancia de este proceso en la semilla es vital, pues si no hay germinación no hay planta y sin planta, no hay cosecha (Castillejo, 2014).

La germinación es la principal característica para el proceso de malteo, ya que todos los granos deberían germinar. Los granos que no germinan no colaborarán en la producción de enzimas y serán más atacados por los microorganismos. Los granos que no germinen jamás serán malta sino adjuntos (o grano crudo), depreciando el producto final (Arias, 1991).

Para que el proceso de germinación, es decir, la recuperación de la actividad biológica por parte de la semilla, tenga lugar, es necesario que se den una serie de condiciones ambientales favorables. Un sustrato húmedo, suficiente disponibilidad de oxígeno que permita la respiración aerobia y una temperatura adecuada para los distintos procesos metabólicos y para el desarrollo de la plántula (Castillejo, 2014; Arias, 1991). La absorción de agua por la semilla desencadena una secuencia de

cambios metabólicos, que incluyen la respiración, la síntesis proteica y la movilización de reservas. A su vez, la división y el alargamiento celular en el embrión provocan la rotura de las cubiertas seminales, que generalmente se produce por la emergencia de la radícula. Sin embargo, las semillas de muchas especies son incapaces de germinar, incluso cuando se encuentran en condiciones favorables. Esto es debido a que las semillas se encuentran en estado de latencia. Por ello, mientras no se den las condiciones adecuadas para la germinación, la semilla se mantendrá latente durante un tiempo variable, dependiendo de la especie, hasta que pierda su capacidad de germinar (Castillejo, 2014).

La germinación se divide en tres fases. En la 1^o fase de hidratación, la absorción de agua es el primer paso de la germinación, sin el cual el proceso no puede darse. Durante esta fase se produce una intensa absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla. Dicho incremento va acompañado de un aumento proporcional en la actividad respiratoria (Castillejo, 2014).

En la segunda fase de germinación, ocurre el verdadero proceso de germinación. En ella se producen las transformaciones metabólicas, necesarias para el correcto desarrollo de la plántula. En esta fase la absorción de agua se reduce considerablemente, llegando incluso a detenerse (Castillejo, 2014; Arias, 1991).

En la tercera fase de crecimiento que corresponde a la última fase de la germinación ocurre la emergencia de la radícula (cambio morfológico visible). Esta fase se caracteriza porque la absorción de agua vuelve a aumentar, así como la actividad respiratoria (Castillejo, 2014).

De acuerdo al grano, los cambios comienzan en el extremo germinal y se continúa hacia el extremo distal. La germinación del grano es controlada mediante la estabilización de la humedad de la muestra con suministro de oxígeno, la eliminación del dióxido de carbono y la eliminación del exceso de calor generado por la respiración de la semilla (MacGregor y Batty, 1996).

De acuerdo a Castillejo, (2014), existen algunos factores que pueden afectar el proceso de germinación tales como, la madurez de la semilla morfológica, que se consigue, cuando las distintas estructuras de la semilla han completado su desarrollo, dándose por finalizada cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo.

La humedad es importante ya que el agua es básica para que se inicie el proceso de germinación, si se tiene una humedad demasiado baja para lo que requiere una especie determinada, no logra activar el proceso de germinado ya que una humedad demasiado elevada podría impedir la captación de oxígeno del suelo lo cual, es necesario para comenzar a crecer y podría facilitar la aparición de enfermedades. Por lo tanto, se debe de mantener un nivel mayor 60.0% de humedad en el medio ambiente de las semillas. Para una buena germinación se deberá de tener una humedad relativa de 70.0 a 80.0%. La temperatura es otro factor que determina la germinación al activar una serie de enzimas que inician los metabolitos adecuados (Castillejo, 2014).

La mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de O₂ y CO₂.

De esta forma el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas (Castillejo, 2014).

En la Figura No. 8, se muestra los granos germinados con mejores características.



Figura No. 8. Selección de la germinación del grano de Triticale

(*X. Triticosecale W.*).

2.1.5.4 Secado

Consiste en la aplicación de calor al grano, ocupando una rampa de temperatura que inicia con 35 °C y termina 65 °C. Después de que ha culminado la fase de germinación, el objetivo fue el reducir la humedad hasta 2.0 a 5.0%. Para mantener la estabilidad de la malta. Con el secado de la malta, también se pretende detener

la actividad enzimática, sin destruir las enzimas desarrolladas durante la germinación (MacGregor y Batty, 1996).

Las semillas germinadas o malta son transportadas hasta el molino. La molienda puede ser seca o húmeda. Se recurre al secado para eliminar la mayor cantidad de agua de los granos para una humedad próxima al 5.0%, esto sirve para prolongar los tiempos de almacenado del grano si no se va a moler inmediatamente después de germinar (Hornsey, 2000).

Para detener el crecimiento de la plántula y conservar la actividad enzimática, la germinación se interrumpe mediante el secado. En el cual, se reduce la humedad del grano de 45.0% hasta 4.0 ó 5.0%, en unas 24 h, mediante un proceso de 2 etapas para evitar la inactivación de enzimas. La primera etapa, se lleva a cabo a temperaturas entre 55 a 60 °C, hasta llegar a 12.0% de humedad. En la segunda se utilizan temperaturas entre 65 y 75 °C para alcanzar 4.0 ó 5.0% de humedad. El control de la temperatura es fundamental para conservar la actividad enzimática (Peña, 2004).

En la Figura No. 9, se muestra el proceso de secado experimental.



Figura No. 9. Secado experimental de la malta de Triticale (*X. Triticosecale* W.).

2.1.5.5 Molienda y eliminación de raicillas

Consiste en desechar la mayor parte de raicillas formadas durante el malteo ya que no tienen una función importante en procesos posteriores. El peso de las raicillas supone de 3 a 5 % de peso total de la malta y se elimina manualmente por método de tamizado (Pelembé *et al.*, 2002).

La molienda de la malta se realizará en un molino, tal como se muestra en la Figura No. 10. El molino deberá permitir obtener una malta molida fina (Figura No. 11.) y la molienda será mas eficaz con un peso de 50 g entre cada muestra el molino se limpiará para evitar residuos de muestras anteriores (AOAC, 200. Método 935.30).



Figura No. 10. Molino para la molienda de la malta de Triticale (*X. Triticosecale* W.)

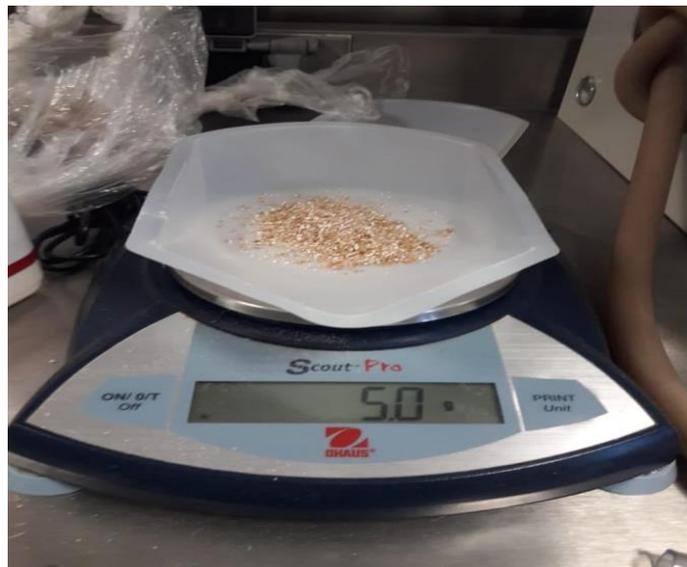


Figura No 11. Peso de la molienda de malta de Triticale (*X. Triticosecale* W.).

2.1.6 Enzimas implicadas en el proceso de malteo

La degradación de compuestos como almidón, proteínas y otros polímeros para su conversión en nutrientes sencillos y necesarios para la germinación, se lleva a cabo mediante reacciones enzimáticas específicas que implican principalmente, la actividad de enzimas α -amilasa y β -amilasas, dextrinasas, proteasas y β -glucanasa (Hornsey, 1999).

Las amilasas, específicamente α -amilasa y β -amilasas, son encargadas de la degradación de almidón a dextrinas (sustancias químicamente intermedias entre el almidón y monosacáridos) y azúcares sencillos, la actividad combinada de estas enzimas es conocida como poder diastásico (PD). En los procesos de elaboración de cerveza se requieren altos niveles de PD para obtener una conversión adecuada del almidón (Evans *et al.*, 1996).

La β -amilasa tiene una actividad dextrinogénica, es decir genera mas cantidades de dextrinas, en tanto que la α -amilasa tiene una acción sacarogenica; es decir completa la degradación del almidón hasta azúcares. A temperaturas entre 65 y 75 °C estas enzimas son viables (Wolfgang, 1999).

Las dextrinasas son enzimas encargadas de acelerar la degradación de proteínas y pentosanos. Estas enzimas al igual que la α -amilasa, también se generan durante el malteado gracias a la actividad del ácido giberélico, una hormona vegetal natural (Ruiz, 2016).

La β -glucanasa se trata de una enzima con peso molecular cercano a 20 000 daltuns (Yin *et MacGregor*, 1989), se activa durante el malteado después de la formación

de la α -amilasa en el embrión del Triticale (*X. Triticosecale* W.), específicamente en la aleurona y el escutelo, y está implicada en la degradación de β -glucanos ya que la presencia de esta enzima en concentraciones elevadas se traduce directamente a una mejor calidad maltera (Etokapkan, 1993).

2.1.7 Calidad maltera

La calidad maltera, es un carácter complejo ya que depende tanto de las propiedades físicas del grano maduro como de las enzimas sintetizadas durante la germinación (Thomas *et al.*,1996). Por lo tanto, se define como el producto de un conjunto de caracteres, siendo los más estudiados energía de germinación, extracto de malta, viscosidad del mosto, contenido de nitrógeno en el grano malteado y poder diastásico (Rivas y Barriga, 2002).

Los resultados de estas determinaciones varían de acuerdo a las características genéticas de la variedad utilizada, medio ambiente y tecnología del malteo (Arias, 1991).

2.1.8 Parámetros de calidad maltera

La calidad de la malta esta determinar por la humedad al término del secado y (AOAC, 2000. Método 935.29); extracto de malta (Figuroa, 1985; AOAC, 2000. Método 935.30; EBC, 2003. Método 4.5.1); poder diastásico (López, 2011), y cantidad de azúcares reductores formados por la acción amilolítica (yodometría, Barley ASBC, 2004. Method 8). Además de lo anterior, la calidad de malta esta determinada por las exigencias por proveedor, variedades de origen, análisis

fisicoquímicos, cumplimiento de HACCP. En resumen, la calidad maltera tiene que ver con la Humedad, extracto molienda fina, diferencia de extracto, color, tiempo de sacarificación, pH, proteínas, tiempo de filtración y viscosidad. Aunado en la calidad de la cerveza en donde se tendrá que evaluar post-color, nitrógeno soluble, FAN (amino nitrógeno libre), atenuación límite aparente, poder diastásico y α -amilasa. Todos los parámetros antes descritos podrán determinar si una malta de triticale (*X. Triticosecale W.*) o de otro cereal, cumple con los requisitos para poder competir con una malta de cebada (Figueroa, 1985).

2.1.8.1 Humedad

La humedad es el contenido de agua presente en el grano, se especifica un máximo de humedad por razones económicas y de almacenamiento. Altos contenidos de humedad generan moliendas más gruesas y afectan el rendimiento de la maceración. De acuerdo a los protocolos de la calidad de la malta la humedad se debe encontrar en un porcentaje de 4.0 a 5.0% de humedad para la elaboración de cerveza (Ambriz, 2015).

2.1.8.2 Extracto de malta

El extracto de malta es la solución concentrada a partir de una maceración con agua. En la Figura No. 12, se muestra la fotografía de un extracto de malta de triticale (*X. Triticosecale W.*). La principal característica del extracto de malta es su contenido de azúcares solubles que son transformados en alcohol para obtener una cerveza. Para lograr una producción alta de cerveza, se persiguen valores altos de

malta lo anterior depende de la naturaleza del grano que se utilice y del grado de modificación logrado durante el malteo (Arias, 1991).

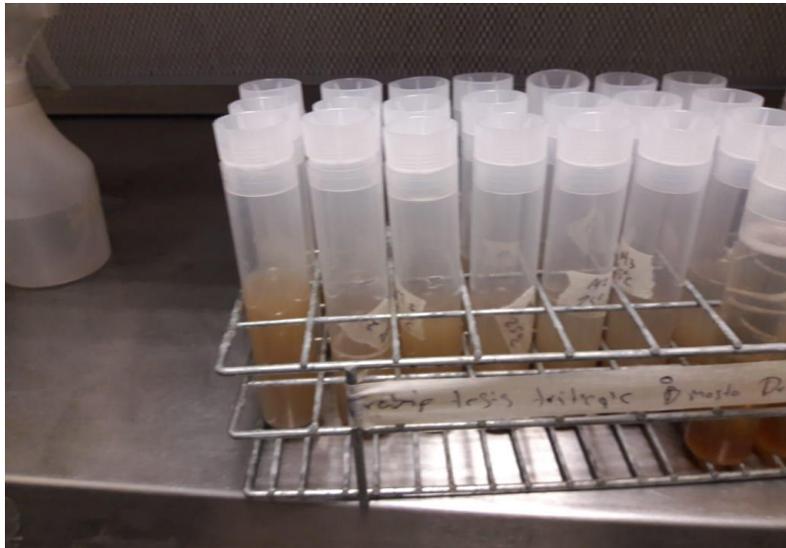


Figura No 12. Extracto de la malta de Triticale (*X. Triticosecale* W.).

2.1.8.3 Poder diastásico

El poder diastásico, es la capacidad que tiene el grano de convertirse en azúcares fermentables, reacción que se provoca durante el proceso de macerado. De esta forma, se puede conocer si el contenido de enzimas es ideal para procesos cerveceros, ya que el almidón (azúcares fermentables) ha sido degradado en su mayoría. La unidad de medida para el poder diastásico es el grado Litne (°L). Se puede transformar en equivalentes de maltosa. Lo anterior, refiere a una medida de las enzimas que degradan el almidón presente en la malta. El poder diastásico de la malta es determinado por la interacción genética y ambiental (López, 2001; Arias, 1991).

Los valores están influenciados por la variedad del grano utilizado y el contenido de proteína. La modificación de la malta y las condiciones de secado también ayudan a determinar el nivel de enzimas en la malta. Las especificaciones varían mucho dependiendo de los programas de maceración, así como de la proporción de adjuntos no malteados que se utilizan. En la Figura No. 13, se presenta una fotografía del proceso de determinación experimental de poder diastásico (López, 2011; Arias, 1991).



Figura No. 13. Proceso de determinación de poder diastásico.

2.1.8.4 Nitrógeno soluble

El nitrógeno soluble es una medida indirecta de la cantidad de proteína presente en el cereal malteado. La mayor parte del nitrógeno del grano está localizado en el endospermo como proteína de reserva y proteína enzimática. Ambas proteínas se hidrolizan durante el proceso de malteo y las que no lograron esta modificación, lo harán en la etapa de macerado (López, 2011).

III. HIPÓTESIS

La actividad enzimática determinada por medio del poder diastásico en el malteo del triticales (*X. Triticosecale* W.) se aumentará cuando se aumente la temperatura de germinación.

IV. JUSTIFICACIÓN

El cultivo triticales (*X. Triticosecale W.*) y su uso en la industria alimentaria son poco conocidos. Actualmente, el grano es utilizado como forraje para la alimentación de ganado. Sin embargo, debido a sus características y composición, el triticales (*X. Triticosecale W.*) puede emplearse para otros fines. Uno de ellos, es la utilización del cereal para la producción de malta, ingrediente principal para la elaboración de cerveza, esto debido a que posee enzimas propias para degradar al almidón. Durante el proceso de fabricación de cerveza, se transforma el almidón de los granos en maltosa y glucosa, que luego será convertido en alcohol durante el proceso de fermentación. Sin embargo, los granos como tal, no pueden ser utilizados, si no se lleva previamente la transformación del almidón a través de un proceso de malteo con la finalidad de activar las enzimas en el grano. La calidad de la malta depende de las propiedades fisicoquímicas del grano, así como de las condiciones de tiempo y temperatura de las fases del malteo. Por tanto, resulta relevante determinar por medio del poder diastásico el efecto de la temperatura sobre la actividad enzimática durante el proceso de germinación del triticales (*X. Triticosecale W.*) en el malteo.

V. OBJETIVOS

a. General

Determinar por medio del poder diastásico el efecto de la temperatura sobre la actividad enzimática durante el proceso de germinación del triticale (*X. Triticosecale* W.) en el malteo.

b. Particulares

- Generar 3 maltas de Triticale (*X. Triticosecale* W.), modificando las temperaturas de germinación (20, 25 y 30 °C).
- Determinar mediante poder diastásico la actividad enzimática de las maltas obtenidas.
- Realizar los análisis de ° Brix, humedad, extracto de malta, gravedad específica, ° Plato y poder diastásico (°L) para determinar la temperatura de germinación.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizará en el Laboratorio de Control de Calidad de los Productos Agropecuarios y el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Agrícolas, de la Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Universitario “El Cerillo Piedras Blancas”.

Se trabajó con la variedad de Triticale Bicentenario, cosechada en el ciclo otoño-invierno 2018 proporcionada por el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal.

6.1 Descripción de las operaciones del proceso de malteo

6.1.1. Operaciones Previas

6.1.1.1. Limpieza del grano

Se realizó la limpieza del grano, retirando toda aquella partícula extraña como basuras y piedras, entre otras cosas. De igual manera, se homogenizó el tamaño del grano, mediante cribado, para retirar granos rotos y malformados (López, 2011).

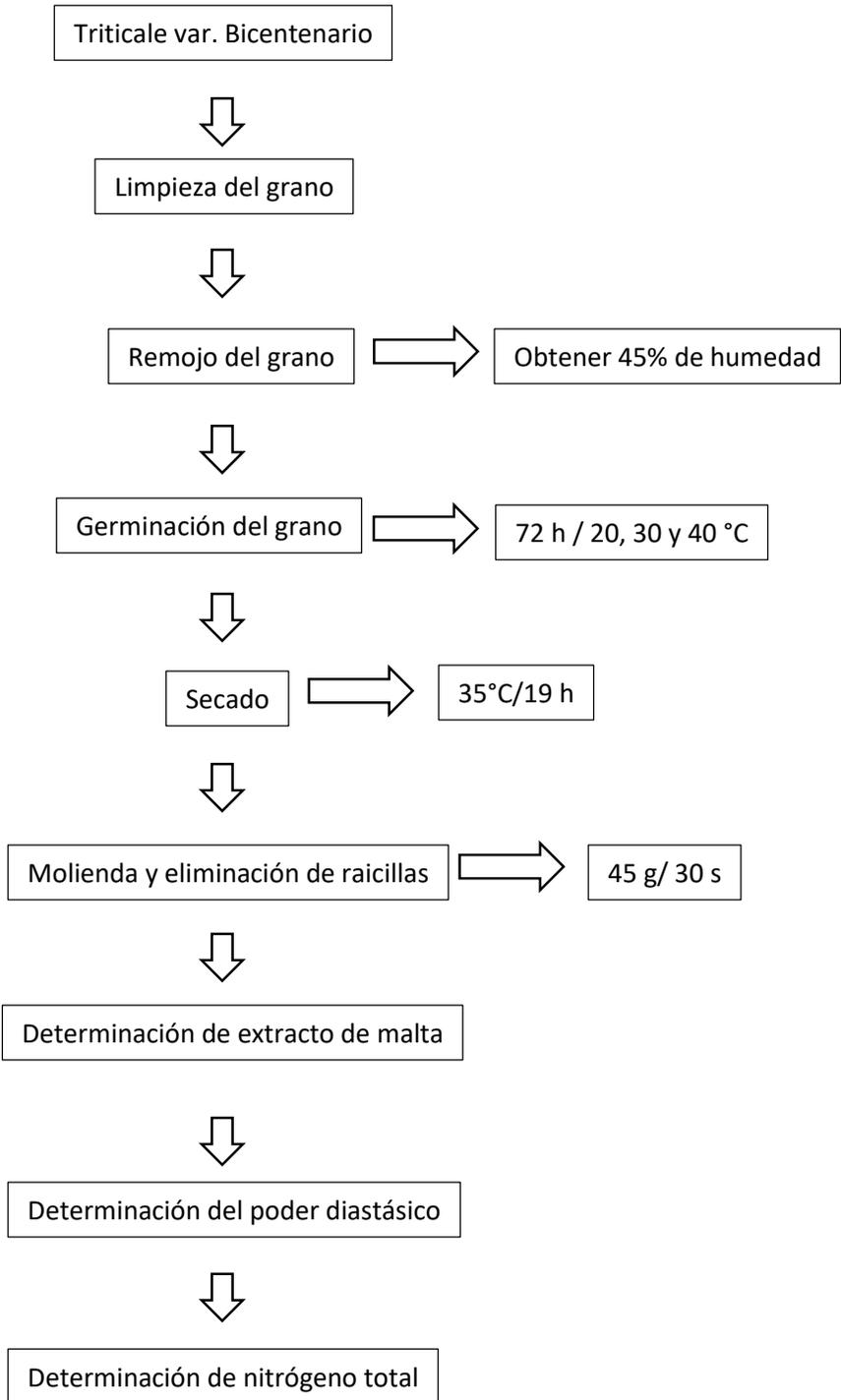
6.1.1.2. Porcentaje de germinación

Se colocaron 100 granos secos en papel absorbente humedecido y se observó la germinación después de 2 y 3 días de incubación en condiciones óptimas con luz y oxígeno (Figuroa, 1985). En la Figura No. 15 se muestra el grano en proceso de germinación.

6.2. Malteo

En la Figura No. 14 se muestran las operaciones que se siguieron para obtener los tratamientos.

Figura No. 14. Diagrama de flujo del proceso de malteo.



(Figuroa, 1985).

6.2.1. Remojo general del grano

Se colocaron 300 g de grano por triplicado en vasos de precipitados de 500 mL. Se sumergieron en 400 mL de agua destilada con hipoclorito de calcio al 1% (p/v) para evitar contaminación por hongos. Se retiraron y se colocaron en 400 mL de agua destilada, hasta que alcanzó una humedad aproximada de 45%

6.2.2. Germinación general del grano

Se germinó el triticale (*X Triticosecale* W.) en condiciones controladas, en una cámara de germinación Marca Electrolux, modelo, ERWW084MSKBM, hasta que la plúmula alcanzó un tamaño de aproximadamente $\frac{3}{4}$ del grano (AOAC, 2000. method 935.30). Se utilizaron 3 temperaturas 20, 25 y 30 °C por 72 h. Se realizaron volteos diarios para evitar el entrecruzamiento de las raicillas (Figura No. 15). Una vez terminada la germinación se procedió al secado.



Figura No. 15. Germinación del grano.

6.2.3. Secado de los granos germinados

Se realizó en una estufa Marca Felisa, modelo FE-292ADP, como se muestra en la Figura No 16. Las muestras se distribuyeron en charolas de aluminio y se colocaron en la estufa, iniciando a 35 °C durante 19h, posteriormente se incrementó la temperatura a 45 °C por 24h. Luego se pasó a 65 °C por 25h. Finalmente, se disminuyó la temperatura a 30 °C por 14h. Las muestras secas se recolectaron en bolsas de plástico herméticas, para su posterior molienda. Al término del secado se determinó la humedad empleando el método 935.29 (AOAC, 2000).



Figura No. 16. Proceso de secado de la malta.

6.2.4 Eliminación de raicillas y molienda

Las maltas obtenidas se colocaron en un cernidor para eliminar todas raicillas, con la finalidad de obtener una malta limpia. La molienda se realizó en un molino de martillos marca Hamilton Beach, modelo 8035OR, 30 s. Se pesaron por triplicado 45 g de malta para cada uno de los métodos de maceración como se muestra en la Figura No. 18. Entre cada molienda el molino se limpió para evitar residuos de muestras anteriores (AOAC, 2000. Método 935.30). Posteriormente, se realizó la maceración.

Entre cada muestra el molino se limpió para evitar residuos de muestras anteriores. Las maltas molidas se empaquetaron en bolsas herméticas para su posterior análisis (AOAC, 2000. Método 935.30).



Figura No. 17. Molienda de la malta.

6.2.3. Proceso de maceración

Se realizó la obtención del mosto por maceración, según el método indicado por el método 935.30 (AOAC, 2000). Se colocó 50 g de malta molida y 270 mL de agua destilada en un frasco de vidrio de 460 mL en un baño maria con agitación marca Felisa, Modelo, 372, a una temperatura de: 45 °C durante 30 min, y se aumentó 1 °C por min, hasta que alcanzó una temperatura de 70 °C, 60 min. Al término de la maceración los frascos con el mosto se enfriaron a temperatura ambiente (Figura No. 18).



Figura No. 18. Proceso de maceración.

6.3. Calidad maltera

Para determinar la calidad de las maltas de triticale que se obtuvieron, se determinaron los siguientes análisis fisicoquímicos:

6.3.1. Humedad

Se determinó por triplicado, empleando el método 935.29 de la (AOAC, 2000). El cual, consistió en colocar 3 g de malta molida, en crisoles de porcelana en una estufa de secado 150 °C, 4 h.

6.3.2. Extracto de malta

Se determinó por triplicado, empleando el método 935.30 (AOAC, 2000). El cual, consistió en la elaboración de mosto, al que se le determinó la gravedad específica y los grados plato (°P). Se tomó agua destilada como estándar. Se aplicó la siguiente fórmula (Figueroa, 1985).

$$\text{°p} = (\text{GS} \times 244.26872) - 244.03851$$

$$\% \text{ E (BS)} = \frac{\text{°p} (H + 800) \times 100}{(100 - \text{°p}) (100 - H)}$$

En donde:

$^{\circ}\text{p}$ = Grado plato.

GS = Gravedad específica a 20 °C.

% E (BS) = Porcentaje de extracto.

H = Porcentaje de humedad del grano malteado (%).

6.3.2 Poder diastásico de malta

Se determinó el poder diastásico de la malta bajo condiciones estandarizadas. Se colocaron 50 g de malta molida en matraces Erlenmeyer con 500 mL de solución de NaCl al 0.5%. Se dejó reposar por 2.5 h, 20°C. Se preparó la solución al 2% de almidón para ser hidrolizada por las enzimas contenidas en la malta a baño maría con agitación con agua a 40 °C para la separación de las enzimas. La cantidad de azúcares reductores formados por la acción amilolítica, se tituló con la solución estandarizada de tiosulfato de sodio. Se preparó la solución de blanco con 20 mL de NaOH 0,5 N. A 10 mL de extracto de malta diluido se agregaron 200 mL de solución de almidón y se tituló con tiosulfato de sodio. En la Figura No. 19, se muestra el proceso del poder diastásico (ASBC, 2004. Método Malt-6.), que se calculó con la siguiente fórmula:

$$N = \frac{1,000 w}{49.035 v}$$

N = Normalidad de la solución de tiosulfato,

v = Volumen de solución de tiosulfato utilizada para la valoración,

w = Peso utilizado,

49.035 = Peso equivalente yodimétrico

La normalidad de la solución de tiosulfato de sodio debe ser entre 0.0495 y 0.0505 (ASBC, 2004. Método Malt-6.).



Figura No. 19. Medición del poder diastásico.

6.3.3. Grados Brix (°Bx)

Se colocó el refractómetro en una posición tal que se difundiera la luz natural o cualquier otra forma de luz artificial, que pueda utilizarse para iluminación. Hacer circular agua a 293 K (20 °C) a través de los prismas. Limpiar cuidadosamente con alcohol y éter de petróleo el refractómetro antes de hacer la lectura (NMX-F-103-1987).

Para cargar el refractómetro abrir el doble prisma girando el tornillo correspondiente y poner unas gotas de muestra sobre el prisma, cerrar y ajustar finamente.

Verificar la exactitud del refractómetro con agua a 293 K (20 °C) a esta temperatura, el índice de refracción del agua es de 1.3330, o bien utilizar la placa de cuarzo que viene con el equipo, usando bromonaftaleno, al leer hacer las correcciones necesarias (NMX-F-103-1987).

Mover el brazo giratorio del aparato hacia delante y hacia atrás hasta que el campo visual se divida en dos partes, una luminosa y otra oscura. La línea divisoria entre esas dos partes, se le conoce como "línea margen". Ajustar la línea margen y leer directamente el por ciento de sólidos en la escala Brix (NMX-F-103-1987).

Nota: Este método también incluye tanto a los refractómetros manuales (o portátiles). En los cuales, únicamente se coloca la muestra y se observa a contraluz para tomar la lectura directamente; como a los refractómetros digitales. En los cuales, el mismo procedimiento anteriormente descrito, se simplifica siguiendo las indicaciones específicas que para cada aparato proporciona el fabricante (NMX-F-103-1987).

6.5.1. Análisis estadístico

Se usó un diseño completamente al azar con tres repeticiones, y se analizó mediante un ANOVA ($P \leq 0.5$). Al encontrar diferencias significativas ($P \leq 0.5$) entre tratamientos se procedió a realizar una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.5$), empleando un paquete estadístico JMP11.0.

Se tomaron como variables de estudio los 3 tratamientos de secado; T1(20 °C), T2(30 °C) y T3(40 °C), por 72 h. Las variables respuesta fueron los análisis de calidad maltera (extracto de malta, poder diastático y proteína soluble en mosto).

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez realizados los análisis de laboratorio se procedió a evaluar los resultados mediante un análisis estadístico ANOVA ($P \leq 0.05$) para las variables, °Bx, Humedad (%), Porcentaje de extracto (%), Gravedad específica, °Plato y Poder diastásico.

Los resultados del ANOVA ($P \leq 0.05$), se presentan en el Cuadro No. 3, en el cual puede verse que no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para °Bx, Humedad, Porcentaje de Extracto y °Plato. Sin embargo, sí se encontraron para Gravedad específica y Poder diastásico.

Al encontrarse diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en éstas dos últimas, se procedió a realizar una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) para cada una.

Los resultados que se muestra también en el Cuadro No. 3.

Independientemente de encontrar o no diferencias significativas, se continuará con la descripción y el análisis de cada una de ellas.

Cuadro No 3. Resultados de las medidas de tratamientos para °Bx, Humedad, Porcentaje de extracto, Gravedad específica, °Plato y Poder diastásico.

Tratamientos	Germinación (%)	°Bx	Humedad (%)	Extracto (%)	Gravedad específica	°Plato	Poder diastásico (°L)
T1	94	15.9±0.4a	12.3±0.6a	84.9±50.3a	1.03±0.01a	8.26±4.49a	154.0±5.29a
T2	97	15.6±0.1a	12.4±0.1a	58.97±12.3a	1.02±0.02a	5.96±1.154a	134.6±10.25b
T3	95	15.1±0.6a	12.1±0.1a	59.83±7.0a	1.02±0.02a	6.07±0.680a	127.3±3.21b

Nota: letras iguales en columnas (a), indican que no existieron diferencias significativas entre tratamientos, letras diferentes indican que si existieron (a, b, c).

7.1 Grados Brix (°Bx)

Los resultados obtenidos para la variable °Bx de las maltas de triticale (*X. Triticosecale* W.) de los tres tratamientos (T1= 20, 25 y 30 °C), indicaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) (Cuadro No. 3). No obstante, lo anterior el rango de valores se encontró entre 15.9 y 15.1 siendo el valor más alto de 15.9 °Bx para el Tratamiento T3 (30 °C) y el más bajo fue de 15.1 °Bx para el Tratamiento T1 (20 °C).

Mencia y Pérez, (2016); propusieron un buen valor entre 7.25 y 9.75 °Bx a temperatura de 110 a 210 °C para una malta de maíz, valores inferiores a los obtenidos en la presente investigación.

El valor de °Bx obtenido para la variedad de triticale (*X. Triticosecale* W.) usado en la presente investigación, es mucho mayor, por lo que se sugiere que tuvo una mayor cantidad de azúcares, principalmente disponibles para la actividad enzimática.

Es cierto que la cantidad de azúcares es importante. Sin embargo, también la calidad, por lo que sería deseable, que en la cantidad mencionada estuvieran presentes para iniciar con el proceso de fermentación para elaborar la cerveza la glucosa, maltosa y dextrosa, entre otros. Por lo que se sugiere en una próxima investigación, se realice un análisis de calidad de carbohidratos identificando cuáles se encuentran presentes en las maltas.

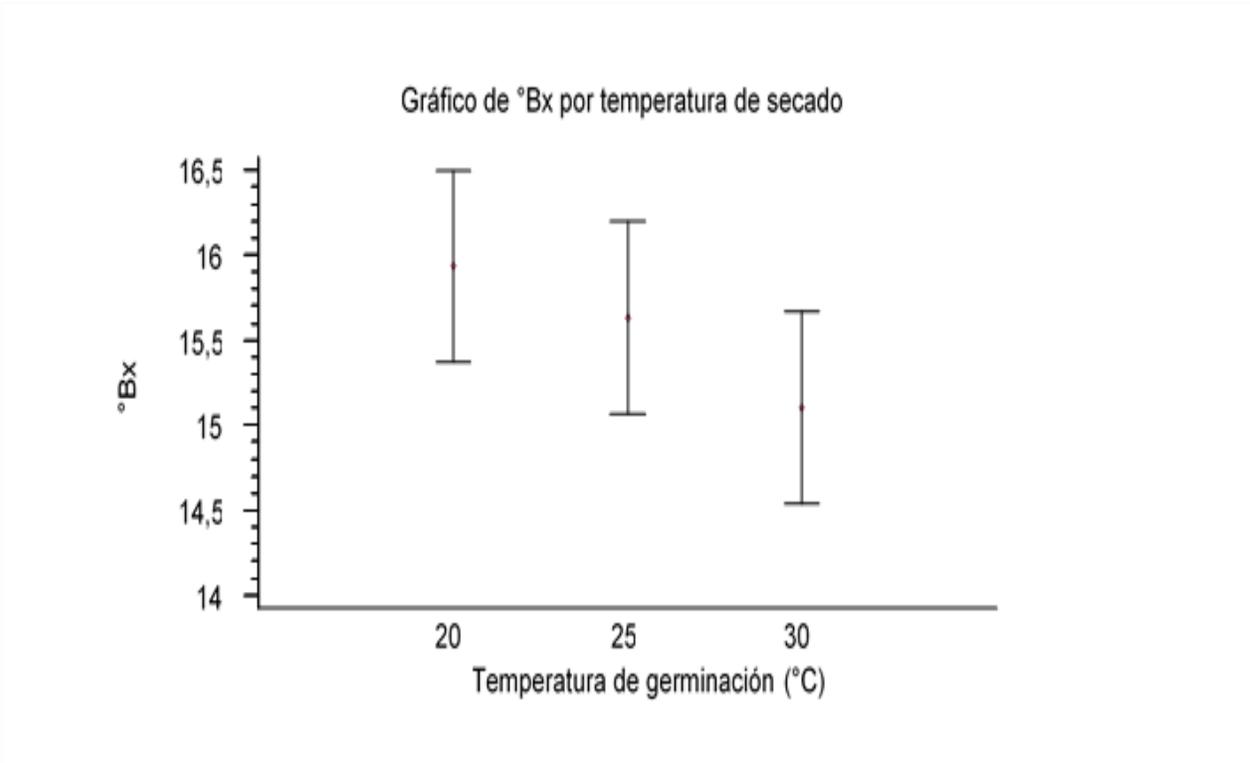
Aundado a lo anterior y de acuerdo a Esslinger, 2009, el triticale (*X. Triticosecale* W.), trabaja mejor a temperaturas bajas ya que permite un adecuado desdoblamiento

del almidón. En especial, la β -amilasa, que produce la maltosa, a temperaturas de 56 a 66 °C y la α -amilasa, que produce dextrinas a temperaturas de 68 a 72 °C produciendo dextrinas (Kunze y Manger, 2006). Como ya se indicó, el rango de °Bx obtenido en la presente investigación fue de 15.1 a 15.9 a temperaturas de germinación que fueron de 20 a 30 °C, sugiriendo que podrían aparecer los azúcares deseables en las maltas indicadas.

En malta de trigo se encontraron valores de °Bx de 4.43 a 5.27 a temperaturas entre 85 y 110 °C (Sanlate, 2010). En sorgo se reportaron valores de 14.5 a 16.7 de °Brix a temperaturas de 20°C (Gallardo *et al.*, 2013). Lo que indicó que el triticale al menos en esta variable, fue parecido a lo obtenido en el sorgo y superior a lo obtenido en el trigo, cada uno a una temperatura respectiva (Hernández, 2009).

En la Gráfica No. 3, se observan los valores de las medias de los tratamientos obtenidos en la presente investigación. En ella se aprecia como el tratamiento T1 (20 °C) es el que mayor cantidad obtuvo de °Brix obtuvo, a pesar de que los otros dos tratamientos se encontrarán muy cerca de éste valor y no existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre ellos.

Gráfica No 1. Resultados de las medias de los tratamientos para °Bx.



Nota: T1= 20 °C, T2= 25 °C y T3=30 °C

7.1.2 Grados plato (°P)

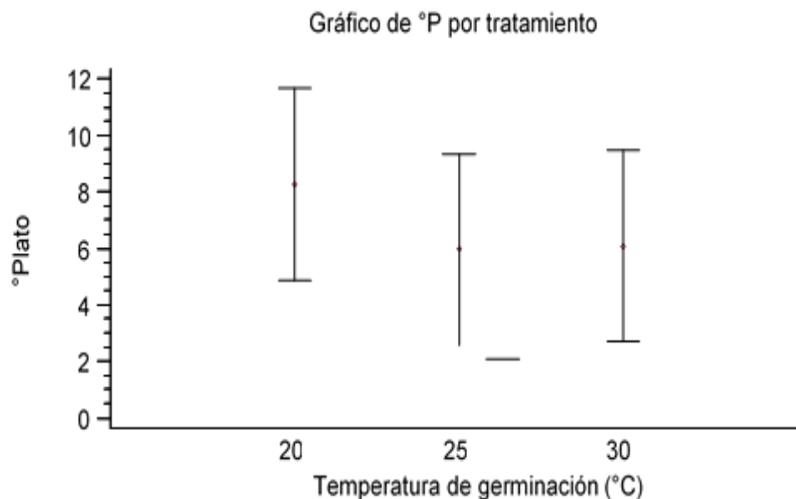
Los resultados obtenidos para la variable **°Plato** de las maltas de triticale (*X. Triticosecale* W.) de los tres tratamientos (T1= 20, 25 y 30 °C), indicaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$). Los resultados que se muestran en el Cuadro No. 3. No obstante lo anterior, el valor más alto fue de 8.26 °Plato para el Tratamiento T1 (20 °C) y el más bajo fue de 5.9 °Plato para el Tratamiento T2 (25 °C).

Aunado a lo anterior y de acuerdo a Ortega, 2001, el sorgo obtuvo un resultado de 13.8 a 20 °Plato utilizando una temperatura de 25 °C. Lo que demuestra que el triticale (*X. Triticosecale* W.) de la presente investigación presentó valores inferiores al sorgo bajo temperaturas similares. Es importante comentar que en la presente investigación presentó una menor cantidad de extracto seco en el mosto para el triticale (*X. Triticosecale* W.). Por lo cual, los °Plato se deberían ajustar a 14° con la finalidad de propiciar el eficiente crecimiento de las levaduras. Si por el contrario los °Plato son iguales o exceden los 16°, la levadura presenta problemas de crecimiento, también el ajuste de los °Plato se realiza para producir cervezas que contengan entre 5 y 6 % de alcohol. Se sugiere que en la presente investigación se tuvo un deficiente crecimiento de levaduras en el mosto lo que se puede deber que porcentaje de humedad al inicio del proceso, que se manejaron tres diferentes temperaturas (20, 25, 30 °C) y la variedad del triticale (*X. Triticosecale* W.) evaluado. Guzmán *et al.* (2018) indicaron que en triticale (*X. Triticosecale* W.) obtuvieron valores de 10.63 a 11.85 °Plato, en granos sometidos a una temperatura de 50 a 95 °C. Los resultados de la actual investigación (Cuadro No 3.) presentaron valores inferiores

a 20 y 30 °C. Por lo cual, se sugiere que a mayor temperatura hay un aumento en °Plato. Siendo entonces que el nivel de temperatura juega un papel importante para la determinación de °Plato. Por lo cual, se puede predecir que por cada 10 °C de temperatura puede haber un aumento de un °Plato.

En la Gráfica No. 2, se representan los valores de las medias de los tratamientos obtenidos en la presente investigación. En ella se aprecia como el tratamiento T1 (20 °C) fue el que mayor cantidad obtuvo, a pesar de que los otros dos tratamientos se encontrarán muy cerca de dicho valor y que no existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre ellos.

Gráfica No 2. Resultados de las medias de los tratamientos para °P.



Nota: T1= 20 °C, T2= 25 °C y T3=30 °C

7.1.3 Humedad

Los resultados obtenidos para la variable Humedad de las maltas de triticale (*X. Triticosecale* W.) de los tres tratamientos (T1= 20, T2= 25 y T3= 30 °C), indicaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, (Cuadro No. 3). No obstante, lo anterior, el valor más alto fue de 12.4 % de humedad para el tratamiento T2 (25 °C) y el más bajo fue de 12.1 % para el tratamiento T3 (30 °C).

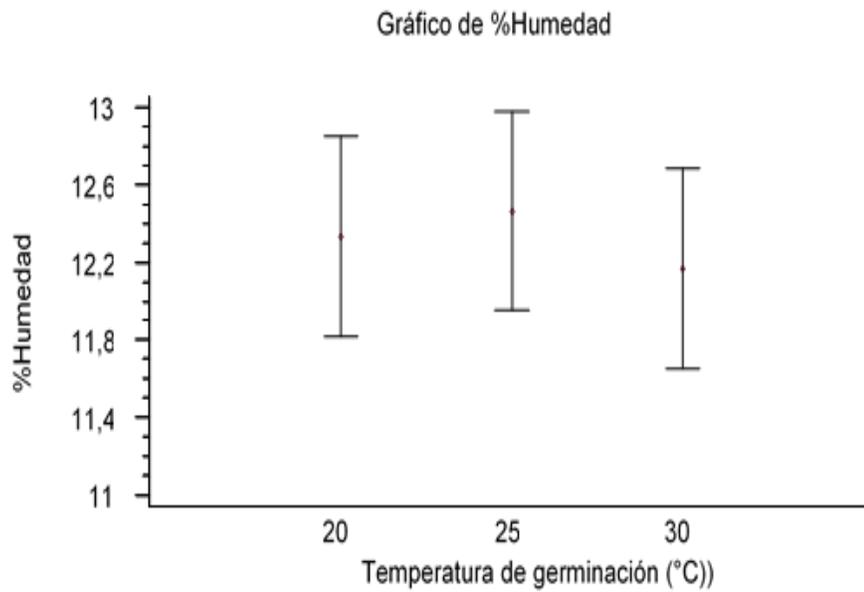
El nivel de temperatura a la cual se someten las maltas durante el secado tiene un papel importante para determinar humedad ya que mientras mas humedad tenga el grano al inicio del proceso necesitara mas energía, temperatura y tiempo para sacarla del mismo

Como puede verse, el valor de humedad obtenido para el triticale (*X. Triticosecale* W.) usado en la presente investigación, es mucho mayor que el de cebada del estudio descrito por lo que se entiende que tiene una mayor cantidad de agua para eliminar (Ortega, 2001).

Contrario a lo anterior, la NMX-FF-043-SCFI-2003, indica que los parámetros de calidad maltera en la cebada tienen que estar dentro del rango de 11.5 a 13.5% de humedad coincidiendo con Ruiz, (2006) quien obtuvo valores de 12.4% de humedad, estos porcentajes son similares a los obtenidos en las maltas de triticale (*X. Triticosecale* W.) de la presente investigación con un valor máximo de 12.4 y un mínimo de 12.1% de humedad.

En la Gráfica No. 3, se observan los valores de las medias de los tratamientos obtenidos en la presente investigación.

Gráfica No 3. Resultados de las medidas de los tratamientos para humedad.



Nota: T1= 20 °C, T2= 25 °C y T3=30 °C

7.1.4 Gravedad específica

Los resultados obtenidos para la variable gravedad específica de las maltas de triticale (*X. Triticosecale* W.) de los tres tratamientos (T1= 20, T2= 25 y T3= 30 °C), indicaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. Los resultados se muestran en el Cuadro No. 3. No obstante lo anterior, el valor más alto fue de 1.03 % para el tratamiento T1 (20 °C) y el más bajo, fue de 1.02 % para el tratamiento T2 (25 °C).

Sanlate, (2010) en su investigación, encontró un rango de valor de gravedad específica de 1.010 a 1.012% para una malta de trigo utilizando temperaturas superiores a las de triticale de la presente investigación. Sin embargo, los resultados de ambas investigaciones fueron similares.

Mencia y Pérez, (2016), en su investigación indicaron que el resultado obtenido para la malta de maíz a una temperatura de 110 °C estuvieron en un rango de 1.02 a 1.03. Dichos resultados coincidieron con los de la malta del triticale (*X. Triticosecale* W.) pero manejada a una menor temperatura (20 a 30 °C).

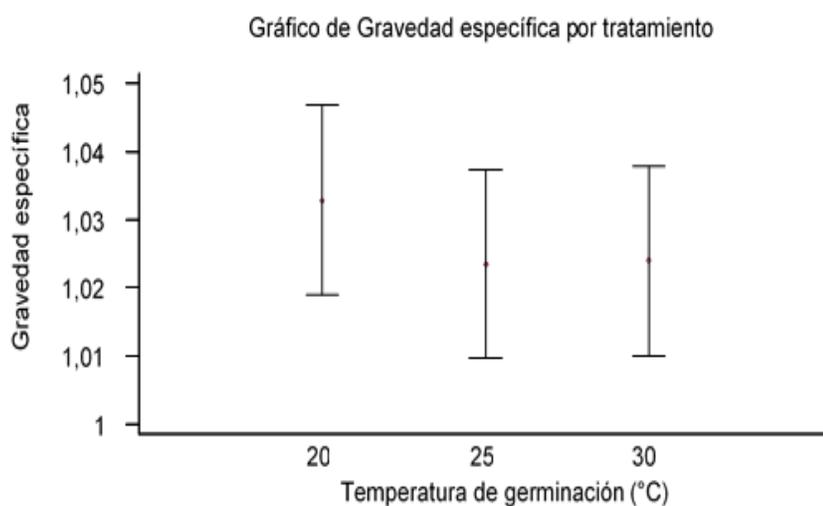
Aunado a lo anterior la importancia de la gravedad específica radica en que expresa la capacidad de las enzimas, α -amilasa y β -amilasas, y α -glucosidasa, para convertir el almidón en azúcares simples durante la etapa de macerado (Palmer 2006).

Ortega, (2001) determinó una gravedad específica de 1.05 en un mosto de sorgo. El mosto del triticale (*X. Triticosecale* W.) de la presente investigación presentó un valor inferior, lo que sugiere que tuvo un mejor indicador de azúcares y se cree que las enzimas α -amilasa y β -amilasas, y α -glucosidasa, tienen buena capacidad para

convertirlo en azúcares simples durante el macerado. Cabe resaltar que el mosto del triticale (*X. Triticosecale* W.) a temperaturas ambientales tiene una buena gravedad específica comparado con el del sorgo (Ortega, 2001).

En la Gráfica No. 4, se observan los valores de las medias de los tratamientos obtenidos en la presente investigación. En ella se aprecia como el tratamiento T1 (20 °C) es el que mayor gravedad específica tiene, a pesar de que los otros dos tratamientos se encuentran muy cerca de éste valor y no existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre ellos.

Gráfica No 4. Resultados de las medias de los tratamientos para gravedad específica.



Nota: T1= 20 °C, T2= 25 °C y T3=30 °C

7.1.5 Poder diastásico

Los resultados obtenidos para la variable poder diastásico de las maltas de triticale (*X. Triticosecale W.*) de los tres tratamientos (T1= 20, T2= 25 y T3= 30 °C), indicaron que hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$). Los resultados se presentan en el Cuadro No. 3, mismo que indica que el valor más alto fue de 154.00 °L para el tratamiento T1 (20 °C) y el más bajo, fue de 127.33 °L para el tratamiento T3 (30 °C). Aunado a lo anterior y de acuerdo a lo reportado Allende, 1995 encontró una actividad diastásica en malta de sorgo de 129.33 °L.

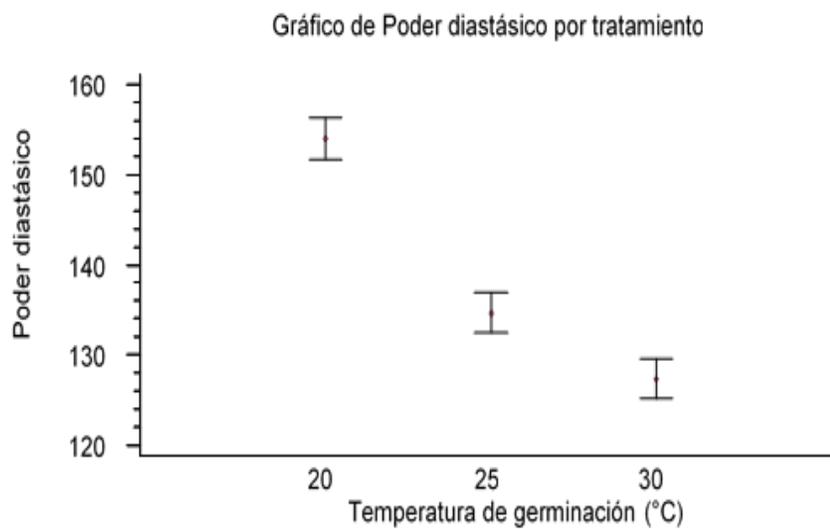
En malta de cebada se encontraron valores de poder diastásico de 152.77 °L, estos valores son similares a lo reportado por Ortega, 2001 con un rango entre 149.15 °L y 106.49 °L para la malta de cebada y malta de sorgo, respectivamente. Las maltas de cebada muestran valores similares a lo reportado por Ambriz, 2015 que obtuvo en la malta de triticale (*X. Triticosecale W.*) una actividad diastásica de 190.00 °L. El autor indica que es conveniente que las maltas tengan un alto poder diastásico entre 125 y 170 °L, debido a que si existe una deficiencia de enzimas diastásicas no se tiene una buena conversión de almidón en azúcares.

Se determina que en el poder diastásico de la malta de triticale (*X. Triticosecale W.*) bajo condiciones estandarizadas, las enzimas fueron extraídas con agua a temperaturas de 20 a 30 °C. La solución de almidón fue hidrolizada por las enzimas extraídas de la malta ya que la cantidad de azúcares reductores formados por la acción amilolítica fue estimada por yodometría; de acuerdo al Método Malt-6, ASBC 2004, por lo tanto el almidón presente en la malta de triticale (*X. Triticosecale W.*) a comparación de la malta de sorgo son significativa mente diferentes ya que se tiene

un buen potencial de enzimas amiloláticas como la α -amilasa y la β -amilasa para la malta de triticale.

En la Gráfica No. 5, se muestran los valores de las medias de los tratamientos obtenidos en la presente investigación. En ella se aprecia como el tratamiento T1 (20 °C) es el que mayor cantidad de °L obtuvo.

Gráfica No 5. Resultados de las medias de los tratamientos para poder diastásico.



Nota: T1= 20 °C, T2= 25 °C y T3=30 °C

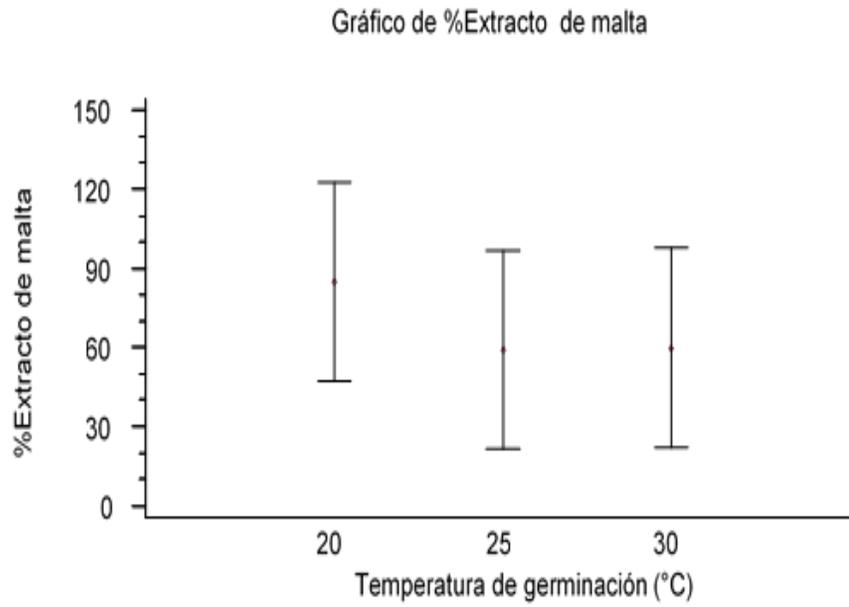
7.1.6 Extracto de malta

Los resultados obtenidos para la variable extracto de malta de tricalca (*X. Triticosecale* W.) de los tres tratamientos (T1= 20, T2= 25 y T3= 30 °C), indicaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos, resultados que se muestran en el Cuadro No. 3. No obstante lo anterior, el valor más alto fue de 84.9 % para el tratamiento T1 (20 °C) y el más bajo fue de 58.97 % para el tratamiento T2 (25 °C).

Haase, (1903), Lüers, (1950), en su investigación, encontraron resultados similares a los de la presente investigación a diferencia de Ruiz, (2006), quién presenta porcentajes de extracto de malta en cebada de 24.0 % a 32.2 % a diferencia de que utilizo diferentes tiempos y temperaturas estos superiores a las que se utilizaron en esta investigación.

En la Gráfica No. 6, se muestran los valores de las medias de los tratamientos obtenidos en la presente investigación. En ella se aprecia como el tratamiento T1 (20 °C) es el que mayor cantidad obtuvo, a pesar de que los otros dos tratamientos se encuentran muy cerca de éste valor y no existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre ellos.

Gráfica No 6. Resultados de las medias de los tratamientos para extracto de malta



Nota: T1= 20 °C, T2= 25 °C y T3=30 °C

8.1 Conclusiones

- No hubo diferencias significativas en las variables humedad, grados Brix, grados plato y gravedad específica, excepto para poder diastásico; siendo el mejor tratamiento T1 con 20 °C.
- Se obtuvo una cantidad mayor de grados Brix a lo reportado por la literatura, lo cual es una característica deseable para que las enzimas y la levadura degraden los azúcares fermentables y se produzca una mayor cantidad de alcohol.
- El poder diastásico fue mejor en T1 que corresponde a 20 °C, mostrando que es el mejor para la obtención de alcohol debido a que presenta una actividad enzimática adecuada.
- En relación al extracto de malta, presentó valores altos de poder diastásico característica no muy aceptable ya que provoca turbidez en el producto final debido a que la actividad enzimática no degrada todos los azúcares presentes.
- Las maltas de triticale (*X. Triticosecale W.*) presentan excelentes características para el proceso de malteado, sin embargo, por el resultado del extracto de malta se sugiere que el triticale (*X. Triticosecale W.*) no sea utilizado para una malta base, sino como cereal adjunto.

9.1 Sugerencia

- Se sugiere seguir realizando maltas con diferentes temperaturas para observar el comportamiento del poder diastásico para obtener malta mas apta para la elaboración de cerveza.

- Elaborar una cerveza con malta de triticales (*X. Triticosecale* W.) al 100% para poder evaluar todas las características físicas, químicas y sensoriales para tener una cerveza con características comerciales.

Realizar un análisis de calidad de carbohidratos identificando cuales se encuentran presentes en las maltas.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar, I. G., Rodríguez, Y. B., Ozuna, Y., Gómez. O., Pérez., & castillo, O. (2013). American Society of Brewing Chemists (ASBC): reproducido con permiso de la ASBC para su uso únicamente por parte de los compradores de instrumentos específicos de Hach Pp.23-34.
2. Allende, K. (1995). Determinación de las condiciones óptimas en el proceso de malteado de sorgo (*sorghum vulgare*). Tesis de Especialidad en Ingeniería de Alimentos. instituto Tecnológico de Monterrey, México. Pp. 72.
3. Ambriz, T. (2015). Calidad de maltas de triticale (*X. Triticosecale* Wittmack) para uso como sustituto de maltas de cebada para la producción de mosto cervecero. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEMÉx. MÉxico. Pp. 51.
4. Analytica EBC. (2003). European Brewery Convention. Published by Fachverlag Hand Carl Nürnberg. Germany.
5. Ande, A., Pieper, H. J., & Senn, T. (1998). Production of glucose syrup by direct accharification from triticale with high amylolytic activity. *Starch*.50, Pp. 518-523
6. AOAC, (2000). Official Methods of Analysis.15th ed. The Association, Graithersburg, MD.
7. Arias, G. (1991). Calidad industrial de la cebada cervecera. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Montevideo, Uruguay, Pp.18-54.

8. ASBC, (2004). Methods of Analysis. American Society of Brewing Chemists, St. Paul, MN. USA. 1.
9. Baier, A. C., De Sousa, C. N., & S, Wiethölter. (1998). Tolerance of triticale to acid soil. Presentación Triticale Ass. Red Deer, Alberta, Canada: In: 4th Int. triticale Symp, Pp. 66-70.
10. Callejo, M. & Gonzales, J. (2002). Industria de cereales y derivados. Colección tecnológica de alimentos. AMV Ediciones, Zaragoza España, Pp. 22-37.
11. Castillejo, P. (2014). Cámara germinadora de semillas. Tesis de Ingeniero Técnico Industrial Mecánico, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Comunicación, España, Pp. 26-73.
12. Esslinger, H. M. (2009). Handbook of brewing: Processes, technology, markets, editorial Hans Michael Esslinger, Alemania, Pp. 35-55.
13. Etokapkan, O. U. (1993). Enzymatic degradation and nature of endosperm cell-walls of germinating sorghums and barley. Journal of Science, Food and Agriculture 61, Pp.389-393.
14. Evans, D. E., MacLead, L. C., Eglinton, J. K., Gibson, C. E., Zhang, X. Wallace, W., Sherrit, J. H. & Lance, R. C. M. (1996). Measurement of Beta-amylase in malting barley (*Hordeum vulgare L.*). I. Development of a Quantitative ELISA for beta-amylase. Journal of Cereal Science 26, Pp. 229-239.
15. Figueroa, J. D. (1985). *Métodos para la evaluación maltera en cebada*. Secretaria de Ganadería y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigación Agrícola, México, Pp. 44-68.

16. French, B. J. & MacGruer, G.R. (1990). Malt quality affected by various steep aerations regimes. *Technical Quarterly* 27, Pp. 10-14.
17. Furman, B. J. (2004). Triticale. En: *Encyclopedia of Grain Science*. (Wrigley, c., Corke, H. and Walker, C. Eds.) Oxford.
18. Gallardo, I., Ozuna, Y., Gómez, O., Perez, M. & Saucedo, O. (2013). Producción de bebidas usando sorgo malteado como materia prima para enfermos celíacos. *Revista* 4, Pp. 61-74
19. Glatthar, J., Heinisch, J., & Senn, T. (2003). The use of unmalted triticale in brewing and its effect on wort and beer quality. *Journal of the American Society of Brewing Chemists* 61, Pp. 182-190.
20. Guzman, F., Figueroa, J., Guadarrama, A., Roman, A., Ronquillo, E. & López, P. (2018). Caracterización y evaluación de nuevas líneas de triticale (*X Triticosecale* Wittmack) Para la producción de malta y elaboración de cervezas artesanales. 5, Pp. 888-891.
21. HAASE, G. (1903). Das berliner Bonitierungssystem in moderner Beleuchtung. Editorial *Wochenschrift für Brauerei*, Alemania, Pp. 15-23.
22. Hernández, F. (2009). Efecto de la temperatura y el tiempo de maceración en la elaboración de un prototipo de cerveza tipo bock. Tesis de Licenciatura en Ciencias de los Alimentos. Universidad Tecnológica de Honduras, Honduras, Pp. 38-68.
23. Hornsey, S. (1999). Elaboración de cerveza (Microbiología, Bioquímica y tecnología). Editorial *Acribia*, España, Pp. 19-44.
24. Hough, J. S. (1990). *Biología de la cerveza y de la malta*. Editorial *Acribia*. España, Pp. 22-39.

25. INFOAGRO. (2017). El cultivo de triticale. Disponible en: http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo:del_triticale.asp. Accesado: 15 agosto 2018.
26. Kunze, W. & Manger, H. J. (2006). Tecnología para cerveceros y malteros. Editorial Berlin: VLB Berlin. Alemania, Pp. 31-48.
27. López, P. (2011). Efectos de microondas e infrarrojo en calidad maltera de la cebada (*Hordeum vulgare* L.). *Revista*. X, Pp. 81-82.
28. MacGregor, W. A. & Batty, S. R. (1996). Barley, chemistry and technology. *Journal of American Association of Cereal Chemistry* 2, Pp. 73-75.
29. Martín, P. (2018). Análisis de la molienda de la malta de cebada y efectos en el rendimiento del macerado. Tesis en Ingeniería de Química. Universidad técnica de Sevilla. España, Pp. 45-58.
30. Martini, E. M. (2015). Triticale (*X triticosecale* Wittmack). Alternativas de usos en nutrición humana y animal. Editorial Bachelor's thesis. Argentina, Pp. 60-72.
31. Mellado Z., Iván Matus T. & Ricardo Madariaga B. (2008), Antecedentes sobre el triticale, en Chile y otros países. Editorial Simiente, España, Pp. 34-66.
32. Mellado, M. & Matus, E. I. (1993). Comparación de trigos y triticales en condiciones de déficit hídrico del suelo. Editorial Simiente. España, Pp. 11-19.
33. Mencia, G. & Pérez, R. (2016). Desarrollo de cerveza artesanal ale y lager con malta de maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), carbonatada con

- azúcar y miel de abeja. Tesis de Licenciatura en Tecnología Agroindustrial, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras, Pp. 25-53.
34. Norma Mexicana NMX-FF-043-SCFI-2003. Productos Alimenticios no industrializados para consumo humano- cereal- cebada maltera (*Hordeum vulgare* y *Hordeum distichum*). Especificaciones y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación, México
35. Norma Mexicana NMX-F-103-1982. Alimentos. frutas y derivados. determinación de grados brix. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
36. Ortega, M. (2001). Elaboración de cerveza tipo lager a partir de malta y adjuntos cerveceros de sorgo. Tesis de Maestría en Ciencias, con especialidad en Ingeniería de Alimentos, Tecnológico de Monterrey, México, Pp. 52-75.
37. Palmer, J. J. (2006). How to brew: Ingredients, methods, recipes, and equipment for brewing beer at home. Editorial Brewers Publications. Colombia, Pp. 42-57 .
38. Pelembe, L. A. M., Dewar, J. & Taylor, J. N. R. (2002). Effect on malting conditions on pearl millet malt quality. Journal of institute of brewing 108, Pp.13-18.
39. Peña, R. J. (2004). Food uses of triticale. Triticale Improvement and production. Food and Agriculture Organization, Pp. 37-85.
40. Reyna, L., Robles, R., Reyes, M., Mendoza, Y., & Romero, J. (2004). Hidrólisis Enzimática del Almidón. Revista Peruana de Química e Ingeniería Química 7. Pp. 40-44.

41. Rivas, P., & Barriga, B. (2002). Capacidad combinatoria para rendimiento de grano y caracteres de calidad maltera en cebada (*Hordeum vulgare* L.). Revista de Agricultura Técnica. 3, Pp. 347-356.
42. Ruiz, Y. (2006). Elaboración y evaluación de maltas cerveceras de diferentes variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) producidas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala. Tesis de Licenciatura en Químico en Alimentos. México, Pp. 38-77.
43. Sanlate, J. (2010). Efecto de temperatura de tostado de malta y del porcentaje de trigo en la elaboración de una cerveza tipo weissbier alemana. Tesis de Licenciatura en Agroindustria Alimentaria, Universidad Zamorano, Honduras, Pp. 11-52.
44. Santoyo, C. M., & Quiroz, M. J. (2010). Guía para el cultivo de cereales en el Estado de México. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México, ICAMEX. SEDAGRO. Metepec, Edo. de México. Pp. 10-15.
45. SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), 2015. producción agrícola. Tecnología. Capítulo 1. definición de cervecería. Orígenes de la cervecería.
46. Thomas, W. T. B., Powell, J. S., Swanton, R. P., Ellis, K. J., Chalmers, U. M., Barua, P. V., Lea, B. P., Foster, R., Waugh, D. B. & Smith. (1996). Quantitative trait *loci* and malting quality characters in a spring barley cross. Journal of Crop Science 36. Pp. 265-273.
47. Wolfgang, V. (1999). Elaboración casera de cerveza, Editorial Acribia. Zaragoza, España, Pp. 16-28.

48. Yin, X. S. & MacGregor, A. W. (1989). Substrate specificity and nature of barley β -glucan solubilase. *Journal of the Institute of Brewing* 95, Pp. 105-109.