

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA**

**CALIDAD AGRONOMICA Y SIEMBRA CON DIFERENTES  
NIVELES DE NITROGENO EN VARIEDADES DE TRIGO  
PANADERO (*Triticum aestivum*) CON Y SIN PANZA BLANCA**

**TESIS**

**JUAN PEDRO LÓPEZ CÓRDOVA**

**AGOSTO 2015**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

CALIDAD AGRONOMICA Y SIEMBRA CON DIFERENTES NIVELES DE NITROGENO EN VARIEDADES DE TRIGO PANADERO (*Triticum aestivum*) CON Y SIN PANZA BLANCA

TESIS

Sometida a la consideración del  
Departamento de Agricultura y Ganadería de la

Universidad de Sonora

Por

Juan Pedro López Córdova

Como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo

Hermosillo, Sonora, Agosto de 2015

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del consejo particular aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

## INGENIERO AGRÓNOMO

### CONSEJO PARTICULAR:

DIRECTOR:   
DRA. GUADALUPE AMANDA LÓPEZ AHUMADA

ASESOR:   
DR. FRANCISCO RODRIGUEZ FELIX

ASESOR:   
M.C. FRANCISCO RAMIREZ REYES

ASESOR:   
M. C. FRANCISCO PACHECO AYALA

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por darme la oportunidad de ser quien soy, que ha guiado mi camino por un buen sendero y que me ha rodeado de la gente que tanto estimo y quiero.

### **A MI MADRE Y PADRE**

Belem Córdova Gámez. Que con su sacrificio y amor me ha llevado a donde estoy, a ser un hombre de compromiso y de bien. Juan Pedro López Ahumada. Que con su apoyo incondicional y trabajo me ha ayudado a valorar las cosas y el estudio.

### **EN ESPECIAL A MI ASESORA**

A mi tía y segunda madre Guadalupe Amanda López Ahumada, por su gran apoyo dentro de la prueba sus sabios consejos y por brindarme la oportunidad de poder realizar este trabajo y adquirir un conocimiento nuevo.

### **A MI FAMILIA**

A mis hermanas Sagrario y Diana, dedicada para mis abuelos que no están pero los llevo siempre presentes conmigo y a mi nana chu, a toda mi familia que me ha apoyado en este transcurso de mi carrera.

### **A MIS AMIGOS**

Jesús Casillas, Cristóbal Peralta y Manuel Pazos, por su gran apoyo físico y moral dentro de mi trabajo de experimental.

### **A MI DEPARTAMENTO**

Departamento de Agricultura y Ganadería por haberme propiciado el espacio para conocer gente talentosa e inteligente, por transmitirme grandes fundamentos que me van a forjar a ser una personal fuertemente competitiva dentro del área profesional.

### **A MI ASESOR**

Francisco Rodríguez Félix, por brindarme esta grata oportunidad y darme el apoyo en la realización de este trabajo.

### **A MI MAESTRO**

Julio Cesar Rodríguez (El Bueno), por su gran apoyo y la oportunidad de adquirir conocimientos nuevos durante la estancia de mi carrera.

### **A MAESTROS QUE PARTICIPARON EN EL DESARROLLO DE ESTE ESTUDIO**

Especialmente a Francisco Pacheco Ayala y Francisco Ramírez Reyes, apoyo análisis de laboratorio de suelos y en el trabajo de campo respectivamente.

### **A LAS SECRETARIAS DEL DEPARTAMENTO**

Karina Molina, Auxy Ramírez y Lupita Romo. Que siempre me brindaron el apoyo cuando lo necesitaba y que actuaron siempre como mi segunda madre.

### **AL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACyT)**

Agradezco el apoyo económico por parte del CONACYT a través del proyecto "Interacción Química-Estructural de Fertilizantes Nitrogenados con Nanofibras y Nanoesferas Obtenidas a Partir de Gluten de Trigo: Modelado de la Liberación de Nitrógeno (proyecto CONACYT 178436)

## CONTENIDO

	pag
<b>CONSEJO PARTICULAR</b>	<i>ii</i>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<i>iii</i>
<b>INDICE DE CUADROS Y FIGURAS</b>	<i>vii</i>
<b>RESUMEN</b>	<i>ix</i>
<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>REVISION DE LA LITERATURA</b>	3
Generalidades del trigo	3
Clasificación y uso comercial del trigo en México	4
Morfología de la planta de trigo	4
Flor e inflorescencia	6
Raíz	7
Tallo	8
Hoja	8
Fruto	8
Estructura del grano de trigo	10
Pericarpio	10
Endospermo	10
Germen	10
Composición química del trigo	10
Carbohidratos	11
Lípidos	11
Proteínas	11
Clasificación de las proteínas	12
Vitaminas	12
Minerales	12
Condiciones agroclimáticas del trigo	13
Fenología del trigo	13
Fecha de siembra	14
Variedades	15
Trigos duros	15
Samayoa C2004	16
Cirno C2008	16
Trigos harineros	17
Roelfs F2007	17
Tarachi F2000	18
Onavas F2009	18
Método de siembra	19
Fertilización	20
Técnicas de riego	22
Principales enfermedades del trigo	23
Desordenes fisiológicos del trigo	24

Panza blanca	24
Combate de malezas en trigo	26
Principales plagas en el cultivo del trigo	27
Cosecha	28
Análisis de las principales características de la calidad de semilla	28
Métodos de germinación	28
Métodos de germinación según las reglas ITSA	29
Plantulas	29
<b>MATERIALES Y METODOS</b>	31
Porcentaje de panza blanca	31
Peso de 1000 granos	32
Prueba de germinación	33
Poder germinativo	33
Análisis estadístico	34
Establecimiento del cultivo	34
Programa de riego	35
Programa de fertilización	36
Fertilización fosfatada	37
Control de plagas y malezas	38
Muestreo	38
Variables evaluadas en campo	39
Análisis laboratorio	39
Contenido de humedad	39
Contenido de proteína	39
Análisis estadístico	39
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	40
Panza blanca en las variedades de trigo	40
Peso de 1000 granos	40
Prueba de germinación	40
Características de tallo, raíz principal, tamaño total y peso durante la germinación	42
Tamaño de altura de la planta de trigo	43
Proteína y humedad de los trigos cosechados	44
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	47
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	49



## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

		pag.
Cuadro 1	Umbral térmico de algunas etapas fenológicas del cultivo del trigo	13
Cuadro 2	Etapas de crecimiento de trigo de trigo según la escala Zadoks	14
Cuadro 3	Efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento y porcentaje de panza blanca del grano	15
Cuadro 4	Características agronómicas y calidad de la variedad Samayoa C2004	16
Cuadro 5	Características agronómicas y calidad de la variedad Cirno C2008	17
Cuadro 6	Características agronómicas y calidad de la variedad Roelfs F2007	17
Cuadro 7	Características agronómicas y calidad de la variedad Tarachi F2000	18
Cuadro 8	Características agronómicas, calidad y reacción a enfermedades de la variedad Onavas F2009 y del testigo Tacupeto F2001	19
Cuadro 9	Prueba de peso de 1000 granos de la variedad de trigo Onavas	41
Cuadro 10	Prueba de peso de 1000 granos de la variedad de trigo Roelfs	41
Cuadro 11	Prueba de peso de 1000 granos de la variedad de trigo Tarachi	41
Cuadro 12	Resultados de germinación, plántulas normales y anormales en las variedades de trigo con y sin presencia de panza blanca	41
Cuadro 13	Características de tallo, raíz principal, tamaño total y peso de la variedad Onavas con o sin panza blanca	42
Cuadro 14	Características de tallo, raíz principal, tamaño total y peso de la variedad Tarachi con o sin panza blanca	43
Cuadro 15	Características de tallo, raíz principal, tamaño total y peso de la variedad Roelfs con o sin panza blanca	43
Cuadro 16	Valor promedio de tallo en macetas de las variedades de trigo Onavas con y sin panza blanca	44
Cuadro 17	Valor promedio de tallo en macetas de las variedades de trigo Roelfs con y sin panza blanca	44
Cuadro 18	Valor promedio de tallo en macetas de las variedades de trigo Tarachi con y sin panza blanca	44
Cuadro 19	Características de proteína y humedad de la variedad Tarachi con y sin panza blanca	46

Cuadro 20	Características de proteína y humedad de la variedad Roelfs con y sin panza blanca	46
Cuadro 21	Características de proteína y humedad de la variedad Onavas con y sin panza blanca	46
Figura 1	Morfología de la planta de trigo	6
Figura 2	Estructura floral del trigo	7
Figura 3	Estructura de un grano de trigo	9
Figura 4	Fenología del trigo según la escala Zadoks	14
Figura 5	Muestra de las variedades de trigo utilizadas para determinar el porcentaje de panza blanca	32
Figura 6	Obtención de la muestra y el peso de las variedades de trigo	32
Figura 7	Muestra de Tarachi a los 4 días de germinación	34
Figura 8	Establecimiento del cultivo de trigo en invernadero	35
Figura 9	Aplicación del riego en las macetas	35
Figura 10	Medición del volumen del ácido fosfórico y peso del fertilizante	37
Figura 11	Muestreo de plantas de trigo harinero	38

## RESUMEN

La gran mayoría de los nutrientes que consume el hombre proviene de los cereales: trigo, arroz y maíz, en México el grano de trigo es la tercera fuente de nutrientes en la dieta de sus habitantes después del maíz y el frijol, los principales estados productores de trigo son; Sonora, seguido de Baja California y en menor proporción Querétaro y Michoacán. El grano de trigo ha sido afectado por un desorden fisiológico conocido como panza blanca la cual se caracteriza por manchas almidonosas o harinosas en los granos que pueden cubrir una parte ó al grano entero. Estos granos tienen la característica de bajo contenido en proteínas, por esta razón se dice que la disponibilidad limitada de nitrógeno es la causa principal de este fenómeno, principalmente el cultivos de trigo bajo riego. Este problema se ha presentado en la Región Noroeste de México, tanto en trigo panadero como cristalino. Por lo que se realizó un trabajo para conocer el efecto de diferentes niveles de nitrógeno en 3 variedades de trigo panadero con y sin panza blanca, sembradas en macetas. Para lo cual se utilizaron 3 variedades de trigo panadero: Onavas, Roelfs y Tarachi, sin panza blanca (SPB) y con panza blanca (CPB); el trabajo consto de dos etapas la primera para conocer la calidad de las variedades de trigo que consistió en las siguientes determinaciones: porcentaje de panza blanca, peso de 1000 granos, pruebas de germinación, las características del tallo, raíz principal, tamaño total y peso. La segunda etapa fue la siembra en macetas en casa sombra con 3 tratamientos en la fertilización nitrogenada, primero 0 Kg/Ha, el segundo 150 Kg/Ha y el tercero con 250 Kg/Ha, fraccionando las dosis en 50-30-20%. A los granos cosechados se les determinó el contenido de proteína y humedad. El mayor porcentaje de panza blanca, se obtuvo en la variedad Tarachi con 39.3%, en el peso de 1000 granos las variedades Onavas y Roelfs SPB presentaron un mayor peso, comparándolas con las muestras CPB, en los resultados de germinación, en donde se observa que las variedades Onavas y Roelfs SPB, presentaron un porcentaje de germinación más alto comparados con las mismas variedades CPB; en las características tallo, raíz principal y tamaño total la variedad Onavas sin panza blanca, presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) comparándola a la misma variedad pero con panza blanca; En el comportamiento de las plantas de trigo sembradas en las macetas, no se presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en los valores de los tallos de las plantas de trigo de las variedades utilizadas: Onavas, Roelfs y Tarachi. Además se observó que a medida que se incrementaba la dosis de N, aumentó el contenido de proteína, no se presentó granos de trigo con panza blanca. Con estos resultados podemos concluir que en este estudio la panza blanca no fue heredable, no afectó el contenido de nitrógeno en la siembra en macetas, es poco el nitrógeno que se pierde.

## INTRODUCCIÓN

Los cereales son los mayores aportadores de alimentos para el humano. La gran mayoría de los nutrientes que consume el hombre proviene de los cereales: trigo, arroz y maíz (Serna Saldivar, 1996). En México, el grano de trigo es la tercera fuente de nutrientes en la dieta de sus habitantes después del maíz y el frijol. Se maneja la clasificación de las variedades de trigos en cinco grupos a partir de su especie, dureza, textura de grano, características de la proteína ó tipo de gluten, así como de su potencial en la industria alimentaria. Los trigos del grupo I al grupo IV son los harineros (*Triticum aestivum*); y los del grupo V son los cristalinos ó pasteros *Triticum durum*. (García Vieyra, 2007). En nuestro país los principales estados productores de trigo son; Sonora, que cuenta con 304, 862.50 has y esto lo hace el principal productor, después en segundo lugar se encuentra Baja California con 55, 360.20 has y por último en cuarto lugar Guanajuato y Michoacán en quinto con 55, 360.20 y 35, 707 has. Para el ciclo 2014-2015, en el estado de Sonora, el trigo continúa siendo uno de los cultivos más ampliamente sembrados: tan sólo en el ciclo 2012-2013 se obtuvieron 1, 784,562.72 toneladas y en el ciclo 2013-2014 fueron un total de 2, 089,841.43 de toneladas de este cereal correspondiéndole 200,000 toneladas a trigos harineros (SIAP, 2014).

Sin embargo, aun cuando algunas variedades de trigo panadero mexicano se considera de buena calidad, este grano se ve afectado por diferentes enfermedades que en mayoría dependen de las condiciones ambientales que prevalezcan durante el período de crecimiento del grano de trigo. Entre ellas se encuentran la roya de la hoja, carbón parcial y punta negra del grano, causada por hongos. Además, dentro de las enfermedades existe un desorden fisiológico conocido comúnmente como panza blanca, el cuál ha sido definido por varios investigadores: Roberts y Freeman (1908), lo definen como la apariencia en granos de trigo de un color amarillo claro, opaco, suave y almidonoso que bien puede estar cubriendo al grano en su totalidad ó una pequeña fracción; la mitad del grano será amarillo y almidonoso, mientras que el resto del grano será duro, apedernalado

y translúcido. La diferencia en color entre los granos sanos y los afectados por panza blanca es debida a la diferencia en la estructura y contenido en las células del endospermo.

El problema de panza blanca en trigo ha sido tema de algunas investigaciones en el aspecto agronómico desde hace muchos años. Las investigaciones han buscado detectar los factores ambientales y de siembra del trigo que influyen para que se presente este desorden fisiológico, y en las cuáles se han obtenido algunos resultados. La calidad panadera del trigo se asocia frecuentemente con los niveles de proteína de grano, la cantidad y calidad de gluten y las propiedades reológicas de la masa. El nitrógeno (N) y el azufre (S) son los nutrientes que con mayor frecuencia condicionan la obtención de contenidos adecuados de gluten y proteína en los granos de trigo. Se ha determinado que tanto el sistema de labranza como la fertilización N afectan el rendimiento y el contenido de proteína del grano (Falotico *et al.*, 1999).

Roberts y Freeman (1908), señalaron que la panza blanca es heredable y que las condiciones climáticas (lluvia, principalmente), favorecen la presencia de este desorden fisiológico. En estudios posteriores (Roberts, 1919; Jones y Mitchel, 1926; Robinson y col., 1977); demostraron que las condiciones del suelo y, en principio la disponibilidad del nitrógeno (N), determinan la presencia de panza blanca en el grano de trigo. Un estudio de Bolley (1913), encontró que la panza blanca en trigo no es hereditario, pero se debe a factores climáticos como humedad, aire y sol sobre el grano, cuando el grano se encuentra todavía en la paja. La deficiencia de nitrógeno y el exceso de humedad en el suelo, acentúa el carácter panza blanca (Robinson y col., 1977). Otros investigadores como Herbert (1919), concuerda que no es hereditario, pero además observó que la panza blanca no sólo es cuestión de falta de nitrógeno, sino de fósforo disponible en el suelo y se intensifica por una aplicación excesiva de potasio. Solís Moya y col., (2001), encontraron que en trigos cristalinos en la región del Bajío, México, la dosis de nitrógeno mostró mayor asociación con los problemas de panza blanca que otros factores como son el número de riegos, fecha de siembra, además recomiendan que estos trigos y en esta región se siembren el 1 de diciembre y fertilicen con una dosis mayor de 240 Kg ha<sup>-1</sup> de N.

## REVISIÓN DE LA LITERATURA

### Generalidades del Trigo

Trigo, es el nombre común del cereal del género *Triticum*, de la familia de las gramíneas, que es cultivado como alimento humano desde tiempos prehistóricos, es de los cereales que tiene mayor importancia en la actualidad, debido a que es uno de los cultivos más ampliamente distribuidos y ocupa el primer lugar en consumo a nivel mundial. El origen preciso del cultivo del trigo es todavía desconocido, se cree que el trigo evoluciono de algún zacate silvestre emparentado con el trigo en algún lugar del este de Asia al norte de Irak y Siria sur de Turquía en un área b conocida como la creciente fértil, una región que se encuentra en la parte alta del río Éufrates con suelos ricos, a la cual se le conoce como la cuna de la civilización.

En México, el trigo es uno de los cereales de mayor importancia después del maíz. En la actualidad la producción nacional de trigo proviene de siembras comerciales en diferentes tipos de suelos, clima y altitudes, abarcando áreas comprendidas entre las fronteras con California y Texas hasta los altos valles de Chiapas; desde el nivel del mar en Sinaloa y Sonora hasta elevaciones de 3,000 m en la parte del centro de la República. En el período 2000-2004, se cultivó una superficie aproximadamente de 648.6 mil hectáreas correspondientes a los más de 20 estados del territorio nacional en los que se siembra. Los estados de Sonora, Baja California y Guanajuato, fueron los mayores productores correspondiendo al 85% del área total de producción manejados durante el ciclo Otoño-Invierno en condiciones de riego, mientras que el 15% restante se localizó esencialmente en el Centro y Altiplano Central, con operaciones durante el ciclo Primavera-Verano bajo condiciones de temporal. El rendimiento promedio del ciclo Otoño-Invierno se sitúa en 5.3 ton/ha, mientras que el de Primavera-Verano en 1.9 ton/ha (García Vieyra, 2007).

### **Clasificación y uso comercial de trigo en México**

La comercialización del trigo en nuestro país se realiza por grupos clasificándose por 5 grupos de acuerdo a sus propiedades físicas, químicas y reológicas.

- **Trigos fuertes (Grupo 1).** Son trigos de gluten fuerte y elástico, son adecuados para la industria mecanizada de la panificación.
- **Trigos medio fuertes (Grupo 2).** Tienen un gluten medio fuerte y elástico se destinan a la industria de pan hecho a mano, éstos se producen principalmente en el noroeste de país.
- **Trigo suave (Grupo 3).** Tienen un gluten débil, suave y extensible que se utiliza para galletas y tortillas, que se producen en el resto de nuestro país, incluyendo el bajío.
- **Trigo tenaz (Grupo 4).** Se denomina semicristalino, es un trigo muy tenaz que se utiliza en la industria pastelera, entre otras.
- **Trigo cristalino (Grupo 5).** De gluten corto y tenaz que se utilizan para pastas y son producidos en el Noroeste de México.

Los tipos de trigo se escogen por su adaptabilidad a la altitud y el clima de la región en que se cultivan y por el rendimiento y principalmente para satisfacer la demanda de la industria molinera (COSEMEX, 2000)

### **Morfología de la planta de trigo**

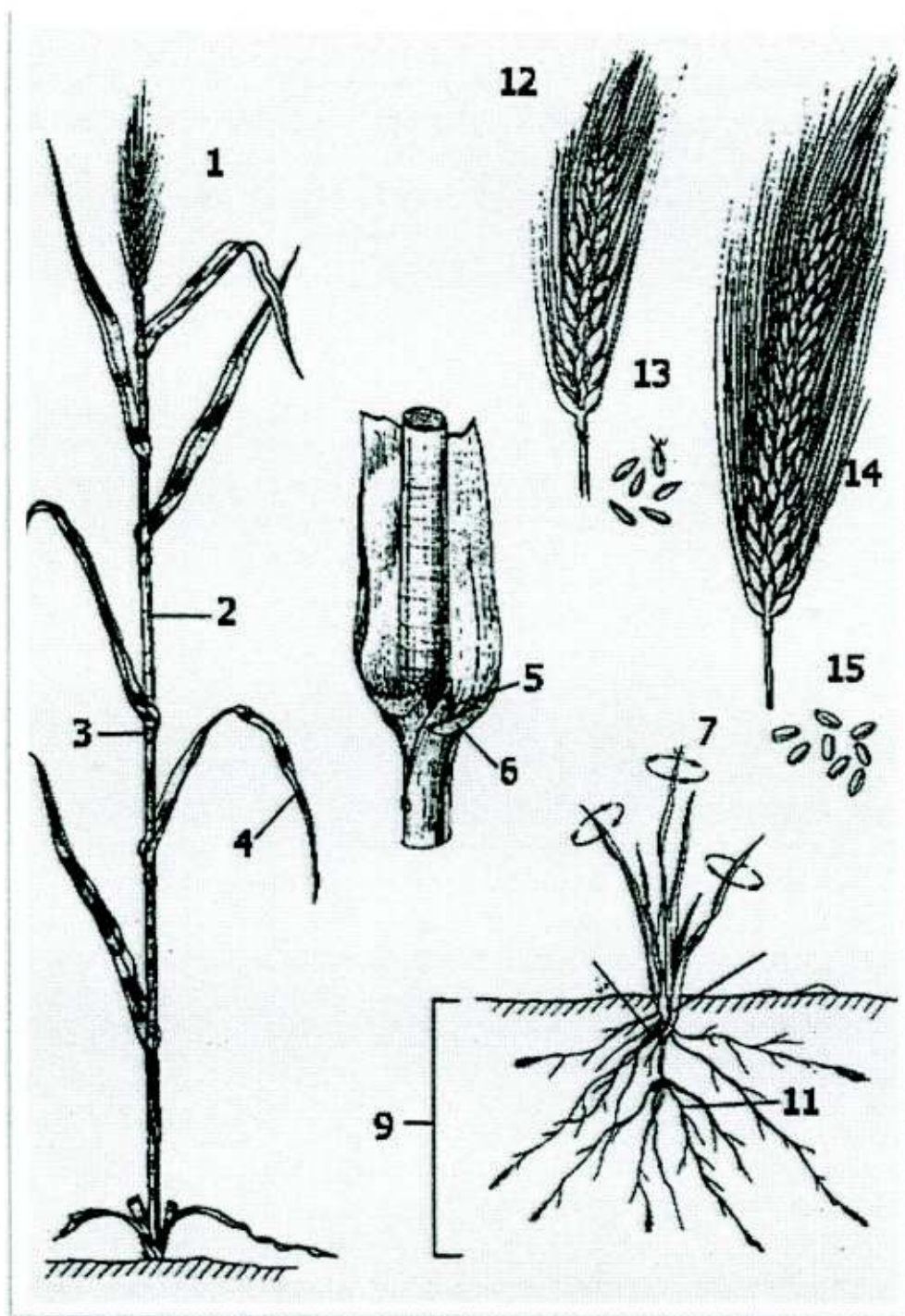
El trigo es una planta con las características propias de los zacates el cual se desarrolla bajo climas templados es un zacate anual con una gran capacidad de ramificación. (CANIMOLT, 2010).

Con la siguiente imagen (Figura 1) se pueden observar las distintas partes que

constituyen a la planta de trigo.

1. La altura que varía entre los 30 y 180 cm.
2. El Tallo es recto y cilíndrico. Tiene nudos
3. El nudo es sólido. La mayoría de los trigos tienen seis nudos.
4. La hoja es lanceolada, con un ancho de 0,5 a 1 cm y una longitud de 15 a 25 cm.  
Cada planta tiene de cuatro a seis hojas.
5. La ligula es de longitud media.
6. La aurícula es despuntada y tiene pelos. La ligula y la aurícula se sirven en la identificación de las plántulas
7. En la plántula las hojas se despliegan al nacer, girando en el sentido de las manecillas del reloj. Esta es también una característica en la identificación de las plántulas.
8. Amacollamiento. Esta es otra característica en los cereales. Las plántulas producen macollos de número variable, generalmente de dos a siete.
9. Las raíces del trigo son semejantes a la de la cebada y la de la avena.
10. Las raíces permanentes o secundarias nacen en el primer nudo.
11. Raíces que nacen a partir de la semilla. Normalmente existen cinco raíces seminales, una radical o primaria y cuatro laterales, que funcionan durante toda la vida de la planta.
12. La espiga del trigo macarrón es densa y corta. Consiste en una infinidad de espiguillas que terminan en una arista o barba.
13. Los granos del trigo macarrón son generalmente alargados, puntiagudos, durísimos y de color ámbar rojizo.
14. Espiga del trigo común.
15. Los granos del trigo común pueden ser blandos o duros. (CANIMOLT, 2010)



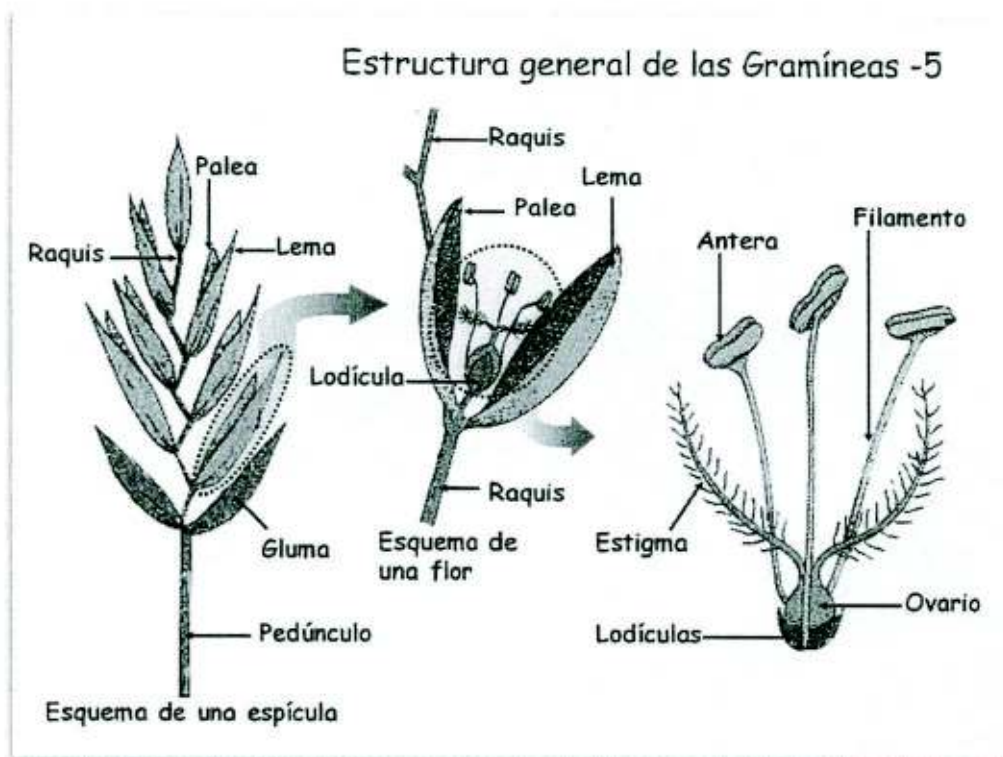


**Figura 1.** Morfología de una planta de trigo

**Flor e inflorescencia.** La planta de trigo remata en una inflorescencia compuesta (espiga de espigas) la cual está conformada por un raquis principal sobre la cual se insertan varias espiguillas (18 a 22) y en cada espiguilla se encuentra un talluelo denominado

raquilla sobre el cual se insertan las flores que pueden ser de tres a cinco flores por espiguilla, a la flor de las gramíneas se le conoce como flósculo. (Avila, M., y col. 2013).

Tanto las espiguillas como los flósculos se encuentran envueltos por 2 brácteas. Las brácteas que envuelven a las espiguillas como los se les conoce como 1ra y 2da gluma y las brácteas que envuelven a los órganos sexuales en los flósculos se le denomina lema y palea. Dentro de la lema y la palea se encuentran los órganos sexuales, el órgano sexual masculino está formado por tres estambres libres y el órgano sexual femenino se encuentra formado por un ovario unicarpelar con dos estigmas pilosos, aptos para la polinización eólica, al momento de la floración las anteras liberan el polen antes de salir del flósculo y posteriormente emergen de la lema. (Kirbi y col, 1987)



**Raíz.** A lo largo de la vida de la planta de trigo pueden funcionar un máximo de 5 a 7 raíces seminales. La corona normal de raíces se desarrolla desde los nudos del eje principal o sus ramificaciones cerca de la superficie del suelo. La maduración del sistema

radicular ordinariamente se alcanza a una profundidad máxima de 15,40 - 23,36 cm. El trigo de invierno normalmente tiene un sistema radicular más extensivo que el de primavera. La extensión del sistema radicular está también marcadamente afectada por la textura, fertilidad y humedad contenida en el suelo.

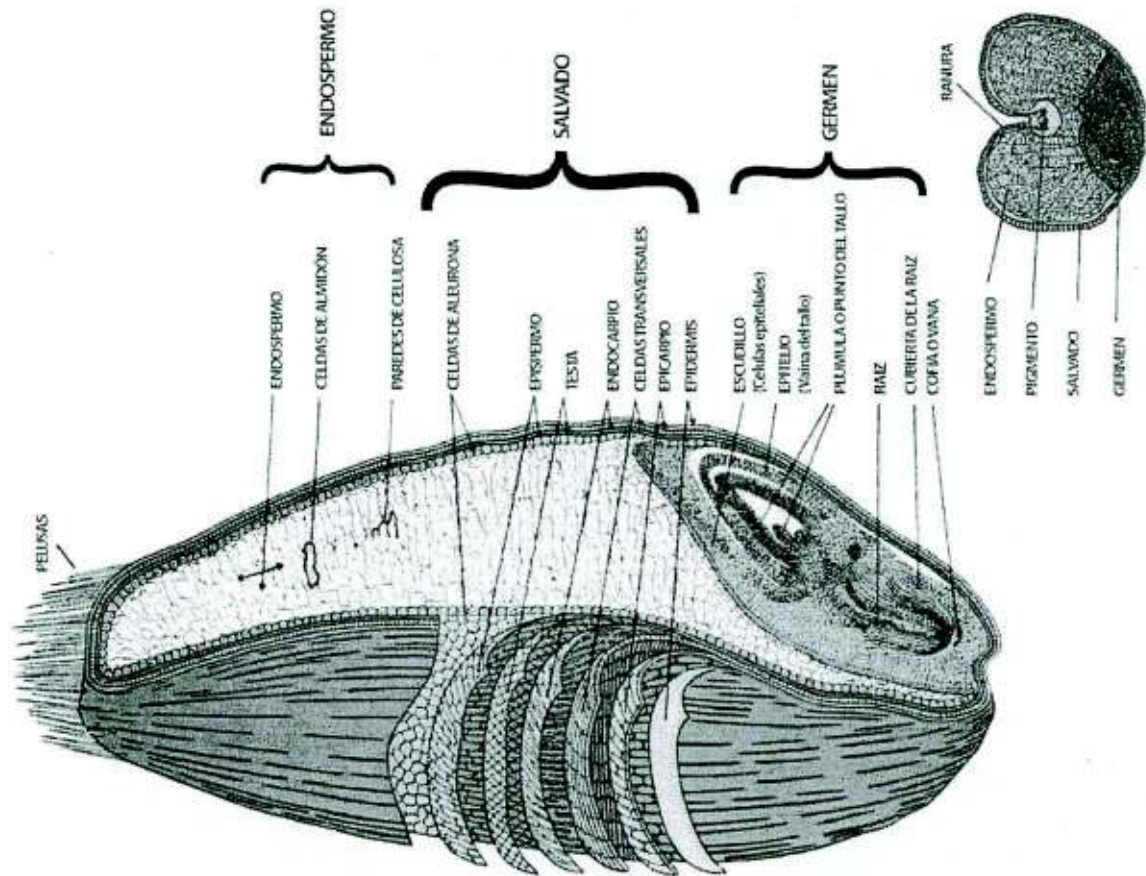
([http://www.plantprotection.hu/modulok/spanyol/wheat/morf\\_wheat.htm](http://www.plantprotection.hu/modulok/spanyol/wheat/morf_wheat.htm))

**Tallo.** Se desarrolla a partir del crecimiento de la plúmula en la germinación es un tallo erecto cilíndrico liso con nudos sólidos que puede alcanzar alturas desde 60 a 120 cm. En el tallo se pueden formar de cuatro a seis hojas en la parte superior o hasta diez hojas en conjunto rematando en una inflorescencia por lo que su hábito de crecimiento es de tipo determinado, presenta una gran capacidad de ramificación produciéndose las ramas a partir de los primeros nudos en la porción basal y también en los nudos basales de cada rama, a estas ramificaciones se les conoce como hijuelos y al evento en la formación de hijuelos se le conoce como ahijamiento o amacollamiento. (Avila, M., y col. 2013)

**Hoja.** El follaje del trigo está formado por la vaina, la lámina, la lígula y la aurícula. Las vainas de las hojas generalmente cubren los dos tercios del tallo y está constituida por una porción basal envolvente que rodea al tallo, otra porción libre orientada en forma horizontal llamada lamina de forma alargada delgada con bordes lisos y nerviación paralela, una estructura membranosa o pilosas en la parte interna de unión de la lamina y la vaina conocida como lígula y en los bordes dos expansiones que rodea al tallo llamadas aurículas. (Avila, M., y col. 2013).

**Fruto.** El trigo es fruto seco, con una semilla e indehiscente (cariópside). Los granos varían en forma, tamaño, color, textura y otras muchas características. El grano, que es fuertemente de forma de huevo (ovado), varía de 4-10 mm de longitud, dependiendo de la variedad, localización en la espiga y posición en la espiguilla durante el desarrollo. (CIMMYT-FAO, 2010)

## ESTRUCTURA DE UN GRANO DE TRIGO



### ENDOSPERMO

Cerca del 83% del grano. De aquí viene la harina blanca. De los nutrientes del total del grano, el endospermo contiene:

- 70-75 % de la proteína
- 43% del ácido pantoténico
- 32% de la riboflavina
- 12% de la niacina
- 6% de la piridoxina
- 3% de la tiamina

} Vitaminas del complejo B

Los productos de harina enriquecidos contienen cantidades adicionales de riboflavina, niacina y tiamina, además hierro en cantidades iguales o superiores al grano entero, de acuerdo a una fórmula donde se establecen las necesidades de esos nutrientes.

### SALVADO

Aproximadamente el 14.5% del grano. Incluido en las harinas integrales. De los nutrientes en el grano entero, el salvado, además de celulosa no digerible, contiene aproximadamente:

- 86% de la niacina
- 73% de la piridoxina
- 50% del ácido pantoténico
- 42% de la riboflavina
- 33% de la tiamina
- 19% de la proteína

### GERMEN

Aproximadamente el 2.5% del grano. El embrión de la sección donde brota la semilla. Generalmente es separado porque contiene grasas que limita la calidad de harinas panificables. De los nutrientes en el trigo entero, el germen contiene aproximadamente:

- 64% de la tiamina
- 26% de la riboflavina
- 21% de la piridoxina
- 8% de la proteína
- 7% del ácido pantoténico
- 2% de la niacina

Figura 3. Fenología del trigo según la escala Zadoks

### **Estructura del grano de trigo**

Botánicamente el grano de trigo no es considerado una semilla sino una cariópsis, éste es de forma alargada y su ápice tiene un haz de pequeños filamentos o pelusas. A pesar de ser de una longitud de tres a seis milímetros el grano es un órgano complejo que está dividido en tres partes: pericarpio, endospermo y germen (Fig.3).

**Pericarpio.** Esta es la parte externa, sirve de cubierta protectora y constituye aproximadamente el 14.5% del grano, está formado por una capa externa y otra interna. La externa recibe el nombre de pericarpio y a su vez se compone de la epidermis, epicarpio, celdas transversales y endocarpio. La parte interna está compuesta por la testa que contiene los pigmentos que dan el color a las variedades rojas, la epidermis que es una cubierta delgada y ligeramente coloreada y la aleurona constituida por celdas grandes, bien definidas y sin almidón, la aleurona hace contacto con el endospermo.

**Endospermo.** Constituye el 83% del grano de trigo y es la parte que se transforma en harina. Contiene gránulos de almidón embebidos en una matriz proteica. Las proteínas (gluten) de mejor calidad se obtienen del centro del grano y en el exterior del endospermo se concentra el material mineral.

**Germen.** Es la menor proporción del grano de trigo, constituye el 2.5% y está situado en la parte inferior al dorso del grano, lo componen la plúmula o punta del tallo, éste se encuentra dentro de una cubierta llamada epitelio la cual está rodeada de una capa de células epiteliales que forman el escudillo.(Pomeranz, 1978).

### **Composición química del trigo**

La composición química del grano de trigo varía más que la de cualquier otro cereal, por ejemplo, aunque el rango común de proteína es de 8 a 15%, se presenta valores tan bajos como 6% y tan alto como 21%. Los diferentes tejidos del grano varían considerablemente en su composición. Los principales factores que originan las variaciones en la composición química del grano son diferencias genéticas, condiciones

ambientales como temperatura, cantidad de lluvia, tipo de cultivo, características del suelo, fertilización y prácticas culturales agronómicas (Tortosa, 1982). El grano de trigo está formada principalmente de los constituyentes siguientes: Carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales (Pomeranz 1978).

**Carbohidratos.** Son los constituyentes que se encuentran en mayor proporción en el grano de trigo, representando aproximadamente el 83% del total de materia seca. Los carbohidratos más importantes son: el almidón 80%, pentosas 2%, azúcares 2% y celulosa 0.4% (Pomeranz, 1978).

**Lípidos.** El contenido total de lípidos en el grano está en un rango de 0.88 a 3.33%. Aproximadamente la mitad de ellos se encuentran en el germen, una quinta parte en el endospermo y el resto en otras estructuras (Belitz, 1999).

**Proteínas.** La cantidad y calidad de las proteínas de la harina son consideradas los factores primarios para medir su potencial en relación al uso final que se le da a la harina. La expresión cuantitativa de proteína cruda está relacionada con el nitrógeno orgánico de la harina, mientras que las evaluaciones de calidad se relacionan específicamente con las características fisicoquímicas de los componentes del gluten (Pomeranz, 1988).

La cantidad de proteína se determina generalmente, por el método kjeldahl, el cual supone una relación constante entre el nitrógeno y la composición de aminoácidos encadenados que forman las proteínas. Recientemente se han desarrollado métodos para determinar el contenido de proteína por reflectancia de infrarrojo cercano. El componente en harina de trigo que imparte la más grande contribución a las propiedades típicas de la harina, es la proteína. Las proteínas del trigo son responsables de las propiedades viscoelásticas únicas en su género de la masa de pan (Pomeranz, 1988).

La concentración de proteína, es uno de los principales parámetros de calidad del grano de trigo. De acuerdo con varios autores, esta característica está relacionada con un gran número de factores tales como el clima (temperatura y precipitación), el tipo de suelo,

la disponibilidad de nutrimentos principalmente nitrógeno, fósforo y azufre; la localidad y el manejo agronómico; fecha y densidad de siembra, arreglo topológico, régimen de humedad, rotación de cultivos, y el manejo de la fertilización nitrogenada (Kent, 1983; Ottman y Doerge, 1994; Hosoney y Peña, 1997), sin embargo, la disponibilidad de nitrógeno es el factor simple que más impacta sobre el contenido de proteína del grano (Ottman y Doerge, 1994). Esto último, se explica en función de que el nitrógeno es un componente esencial de los aminoácidos, los cuales constituyen la estructura primaria de la molécula de proteína (Kent, 1983). En la actualidad, está plenamente aceptado que la síntesis de proteínas depende de un suministro adecuado de nitrógeno (Linguist et al., 1992; Mengel y Kirkby, 1984).

**Clasificación de las proteínas.** Al inicio del siglo veinte, Osborne clasificó las proteínas del trigo y otros granos de acuerdo a su solubilidad. Las albúminas (masa molecular cerca de 50,000 Da) y globulinas (masa molecular de aproximadamente 100,000 Da) son las proteínas solubles en agua y soluciones de sal, respectivamente. Las dos fracciones se estiman cerca del 20% del total de proteína en harina de trigo e incluye las enzimas solubles en agua y sal, presente en la harina. El remanente 80% de la proteína es formada por prolaminas (solubles en etanol) y glutelinas (solubles en ácidos o bases diluidos). (Pomeranz y Williams, 1990).

**Vitaminas.** El trigo contiene cantidades especiales de ciertas vitaminas tales como la tiamina (B1), la riboflavina (B2), la niacina, el ácido pantoténico, el ácido fólico, la biotina, la colina, el inositol, los tocoferoles y la xantofila, precursores de vitamina A; y a la vez es completamente carente en otros como las vitaminas C y D. Su distribución en la cariósida no es homogénea ya que se localiza casi toda en la capa externa, por lo que se encuentra en gran parte en el producto de desecho de la molienda (Quaglia, 1991).

**Minerales.** La mayor parte de las sustancias inorgánicas del trigo se encuentran en el salvado y en la capa aleurónica y su cantidad oscila entre el 1.5 y el 2.0%. Como consecuencia de distribución en la cariósida, una harina tendrá un contenido en cenizas tanto más elevada cuanto mayor sean las partículas de salvado presentes en la misma, lo

que se demuestra mediante el análisis del contenido de cenizas, que estará correlacionado con la tasa de extracción en la molienda (Kent, 1984).

### Condiciones agroclimáticas del trigo

El trigo es un cultivo que se siembra y desarrolla bien en climas templados. Como ya se mencionó anteriormente existen dos tipos de trigo en base a su requerimiento climático, los de invierno que requieren pasar un proceso de Vernalización en donde se requiere temperaturas bajo cero o presencia de nieve y hielo para que lleve a cabo su diferenciación meristemática y los de primavera que son trigo que no soportan temperaturas extremas, pero si requieren temperaturas frescas y que son susceptibles a las altas temperaturas, estos trigos poseen un requerimiento diferencial dependiendo de su etapa fenológica, así pues a pesar que el trigo requiere una temperatura mínima de 4 centígrados en el suelo para su germinación puede germinar en temperaturas cercanas a los 0 centígrados siendo su germinación lenta y falla, el rango para la germinación va desde 4 a los 37 centígrados inhibiéndose a temperaturas mayores. (Avila y col., 2013).

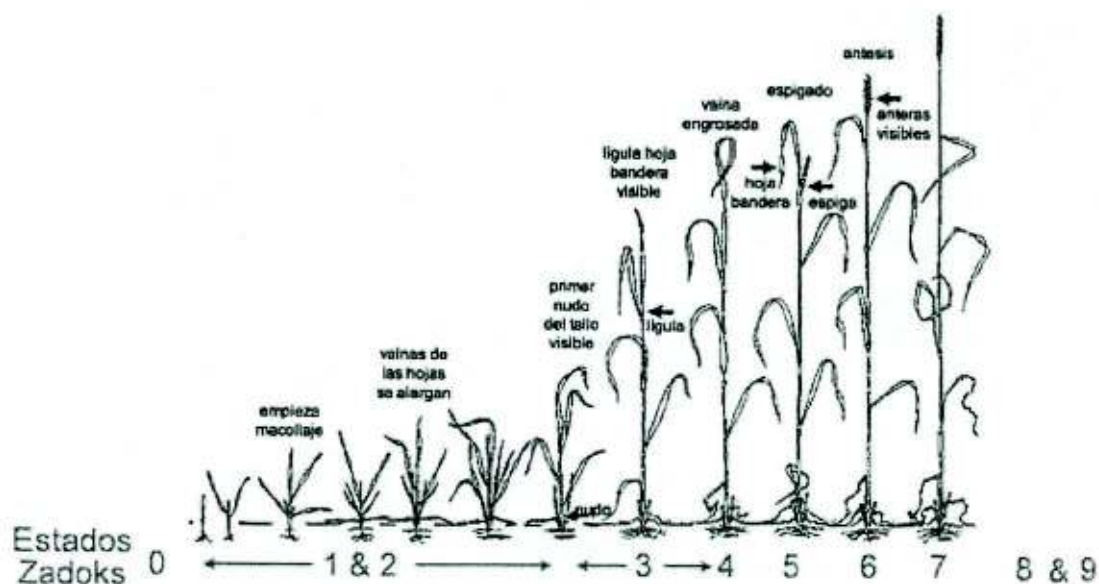
**Cuadro 1.** Umbral térmico de algunas de las etapas fenológicas del cultivo del trigo (INIFAP, 2009)

Etapa Fenológica	Mínima Letal	Mínima Vital	Rango Óptimo	Máxima Vital	Máxima Letal
Plántula	-4	0	6 - 10	24	32
Amacollo	-5	3	4 - 18	22	31
Encañe	-1	5	8 - 22	26	31
Floración	0	8	10 - 24	28	31
Llenado del grano	0	10	12 - 26	29	32

### Fenología del trigo

Etapas de crecimiento de trigo según la escala zadoks (FAO, 2000)





**Figura 4.** Fenología del Trigo según la escala Zadoks

**Cuadro 2.** Etapas de crecimiento de trigo según la escala zadoks

Etapa Principal	Descripción	Sub- Fase
0	Germinación	0-0.9
1	Desarrollo de la plántula	1-1.9
2	Amacollamiento	2-2.9
3	Encañe	3-3.9
4	Embucho	4-4.9
5	Emergencia de la espiga	5-5.9
6	Floración	6-6.9
7	Desarrollo de grano lechoso	7-7.9
8	Desarrollo de grano masoso	8-8.9
9	Madurez	9-9.9

### Fecha de siembra

La fecha de siembra se establece a partir de los ensayos que se realizan en las diferentes regiones productoras de trigo, por instituciones de investigación como INIFAP, CIMMYT y Educación Agropecuaria. En el noroeste de México el Centro de Investigación Regional del noroeste (CIRNO) es la institución encargada de determinar las fechas óptimas de siembra en trigo y otros cultivos, en términos generales se dice que el trigo se puede sembrar el 1 de Noviembre al 31 de Diciembre siendo del 15 de Noviembre al 15 de Diciembre la fecha óptima de siembra donde se obtiene los

rendimientos más altos y se reducen los problemas fitopatógenos y de plagas. (Ávila, y col., 2013)

La siembra de trigo en fechas tempranas permite la obtención de los más altos rendimientos, con diferencia a nivel experimental de más de 4 ton/ha entre fechas del 15 de noviembre al 15 de enero, sin embargo, el trigo cosechado de las siembras de noviembre presenta mayores porcentajes de panza blanca del grano que el trigo cosechado de las siembras de enero. (Solis, M., y col.1995)

Se puede observar en el cuadro 3 que para obtener niveles de panza blanca inferiores a 10% es necesario sembrar después de 20 de diciembre; y para tener niveles de panza blanca inferiores al 5 %, es necesario sembrar en enero, pero los rendimientos se reducen cerca del 50% con respecto a las siembras del 15 de noviembre. (Solis, M., y col.1995)

**Cuadro 3.** Efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento y porcentaje de panza blanca del grano \*(CEBAJ, CIRCE, INIFAP 1995).

Fecha de Siembra	Rendimiento (Kg/ha)	Porcentaje P.B. %
15 Noviembre	10,059	23.4
16 Diciembre	8,822	13.9
31 Diciembre	6,767	5.9
15 Enero	5,108	4.0

\*Variedad Aconchi C89, 300 Kg/ha N y cuatro riegos.

### Variedades

**Trigos duros.** El trigo cristalino ó duro (*Triticum durum* L.) se caracteriza por tener un tipo de grano muy duro. Un endospermo con alto contenido de pigmento amarillo (carotenoides), un gluten fuerte y tenaz (no extensible). Se usa en la industria para elaboración de pastas alimenticias, tales como espagueti, macarrones, sopas secas, etc. Los trigos duros producen harina gruesa, arenosa, fluida y fácil de cerner, compuesta por partículas de forma regular, muchas de las cuales son células completas de endospermo. (Hernández y col., 2011).

**Samayoa C2004.** Es una variedad de tallos erectos, con serosidad fuerte en el cuello. Espiga blanca con vellosidad débil en el margen del primer segmento del raquis, longitud corta y densidad media, perfil piramidal y serosidad fuerte, barbas cafés. Gluma mediana sin vellosidad externa, hombro angosto y plano y la punta moderadamente curva. Grano semielíptico de color ámbar y brocha mediana, coloración tenue o casi nula al ser tratado con fenol; al germinar, el coleoptilo muestra coloración antoncianica media. Resistente a roya de la hoja (*Puccinia triticina*) y moderadamente resistente al carbón parcial del grano (Camacho et al., 2008).

**Cuadro 4.** Características agronómicas y Calidad de la variedad Samayoa C2004 (INIFAP, CIRNO 2008)

	Mínimo	Promedio	Máximo
Días a espiga	93	97	102
Días a madurez fisiológica	134	137	141
Altura de planta (cm)	65	78	90
Peso específico (kg/hl)	81	82	84
Proteína en grano (%)	12.3	13.5	14.8
Micro sedimentación (ml)	7.5	10.3	13
Color de harina (Minolta b)	20.7	22	23.3

**Cirno C2008.** Es una variedad de tallos erectos y de longitud que la clasifican de porte bajo, con serosidad fuerte en el cuello. Espiga de forma piramidal blanca con vellosidad débil o ausente en el margen del primer segmento del raquis, longitud y densidad media, barbas negras. Gluma alargada sin vellosidad externa, hombro redondeado y ancho medio, la punta es recta y corta. Grano semi-elíptico de color ámbar y brocha corta, sin coloración al tratarse con fenol; al germinar, el coleoptilo muestra coloración antoncianica fuerte. Resistente a roya de la hoja (*Puccinia triticina*), moderadamente resistente a roya lineal o amarilla y al carbón parcial del grano (Félix et al., 2010).

**Cuadro 5.** Características agronómicas y Calidad de la variedad Cirno C2008 (INIFAP, CIRNO 2010)

	Mínimo	Promedio	Máximo
Días a espiga	94	99	105
Días a madurez fisiológica	136	140	145
Altura de planta (cm)	65	76	87
Peso específico (kg/hl)	80	83.3	86
Proteína en grano (%)	12.8	14.1	15.6
Color de harina (Minolta b)	18.5	21.5	29

**Trigos harineros.** El trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) se utiliza en la elaboración de panes, tortillas, galletas y repostería. Se caracterizan por el gluten Fuerte (muy elástico y extensible).

**Roelfs F2007.** Es una variedad de tallos de longitud que la clasifican como planta alta y crecimiento semi-postrado. Espiga blanca con vellosidad débil en el margen del primer segmento del raquis, longitud muy larga y densidad laxa, bordes paralelos. Gluma con hombro de amplitud angosta y de forma inclinada, con punta larga y moderadamente curva. Grano de color blanco, moderadamente resistente a roya de la hoja (*Puccinia recondita* Rob. Ex Desm. f. sp. *Tritici*), roya lineal y al carbón parcial del grano (Figueroa et al., 2010).

**Cuadro 6.** Características agronómicas y Calidad de la variedad Roelfs F2007 (INIFAP, CIRNO. 2010)

	Mínimo	Promedio	Máximo
Días a espiga	96	103	109
Días a madurez fisiológica	127	137	146
Altura de planta (cm)	95	103	110
Peso específico (kg/hl)	77.3	82.6	84.2
Proteína en grano (%)	11.3	12.5	14.3
Alveograma			
W	263	378	472
P/G	4.8	6	7.2
Tiempo de amasado (min)	3.8	5.1	7.2
Volumen pan (cc)	743	820	893

**Tarachi F2000.** Es una variedad de trigo harinero (*Triticum aestivum* L. em. Theil.) de hábito de crecimiento primaveral, que se originó de la selección en poblaciones segregantes de la cruzada SERI/RAYON, llevada a cabo en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Dependiendo de la fecha de siembra y el manejo del cultivo, el espigamiento y la madurez fisiológica del grano de Tarachi F2000 puede ocurrir en un intervalo entre los 78 y 93 días, y entre los 117 y 143 días después de la siembra. La planta tiene una altura variable que va desde los 88 centímetros hasta los 97 centímetros, el grano es de color blanco pero al ser tratado con fenol adquiere una coloración oscura, el rendimiento promedio de esta variedad es de 7.6 toneladas/hectáreas. (Camacho y col., 2001)

**Cuadro 7.** Características agronómicas y Calidad de la variedad Tarachi F2000 (Camacho y col., 2001)

	Mínimo	Promedio	Máximo
Días a espiga	78	88	93
Días a madurez fisiológica	117	134	143
Altura de planta (cm)	83	91	97
Peso específico (kg/hl)	78.5	81	83.2
Proteína en grano (%)	11.0	12	13.2
Alveograma			
W	259	319	375
P/G	3.2	3.6	3.8
Volumen pan (cc)	878	936	963

**Onavas F2009.** Es una variedad de trigo harinero que se originó de la cruzada KAMBARA1\*2/BRAMBLING llevada a cabo por el Programa de Trigo Harinero del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, y de su posterior selección en etapa de línea avanzada, llevada a cabo por el Programa de Mejoramiento de Trigo del INIFAP, en el Campo Experimental Valle del Yaqui (CEVY) Esta variedad es de hábito de crecimiento primaveral y resistente a la roya de la hoja (*Puccinia triticina*), con rendimiento experimental promedio de grano de 6.012 t ha<sup>-1</sup> con tres riegos de auxilio, en cuatro fechas de siembra. En parcelas con agricultores cooperantes del sur de Sonora, Ónavas F2009 promedió 6.816 t ha<sup>-1</sup> en los ciclos agrícolas 2009- 2010 y 2010-2011, por lo que representa una nueva opción de trigo harinero para los agricultores del noroeste del país. (Figuerola y col., 2010)

**Cuadro 8.** Características agronómicas, calidad, y reacción a enfermedades de la variedad Onavas F2009 y del testigo Tacupeto F2001

Características	Onavas F2009	Tacupeto F2001
Días a espiga	81	81
Días a madurez fisiológica	121	121
Altura de planta (cm)	97	103
Rendimiento	6012	5642
Peso específico (kg/hl)	79.8	80.6
Proteína en grano (%)	13.2	12.8
Alveograma		
W	460	292
P/G	R	S
Reacción a la Roya de la Hoja	MR	S
Reacción a la Roya Amarilla	MS	MS
Reacción al carbón Parcial	MS	MS
Reacción a la Punta Negra	MS	MS

### Método de siembra

En el estado la siembra de trigo se efectúa básicamente en el sistema de surcos en una proporción del 71% en el valle del yaqui, dentro del sistema existen aún variantes en este sistema pudiéndose sembrar el trigo en surcos con separaciones desde 40 a 100 cm entre surcos con hileras sencillas o en siembras de hasta cuatro hileras sobre la cama de siembra, otro de los sistemas más utilizados es la siembra del trigo en melgas rectas en plano o corrugaciones (Cortez Jiménez, 2003).

Según la investigación realizada sobre el efecto de la densidad y el método de siembra en el rendimiento del grano de trigo, en donde la siembra en plano (melgas) superó a la de surcos. Tanto en melgas como en surcos la menor distancia entre hileras produjo mayor rendimiento (Suaste y col., 2009).

Las bajas densidades de siembra producen menores niveles de panza blanca y rendimientos más altos que las densidades altas, en siembras tempranas (15 de Noviembre) es recomendable sembrar con una densidad de 80Kg/ha de semilla con una incidencia de panza blanca de 17 %y en fechas tardías 1 dic se recomiendan 100 Kg/ha y con una incidencia de 15.9 % (Solís, y col. 1995)

## **Fertilización**

La selección de la dosis de nitrógeno es uno de los factores que más influyen en el costo de la fertilización. El método más utilizado para determinar las dosis de fertilizante, es el que se basa en la evaluación de diferentes dosis de nutrimentos de donde se selecciona la que produce el mayor efecto sobre la variable de interés, sea esta el rendimiento, calidad u otra. Sin embargo, este método tiene la desventaja de que no toma en cuenta las variaciones temporales y espaciales que existen en el abastecimiento de nutrimentos por el suelo y la demanda de nutrimentos por los cultivos (Lobell et al., 2004).

La calidad panadera del trigo se asocia frecuentemente con los niveles de proteína de grano, la cantidad y calidad del gluten y las propiedades reológicas de la masa. El nitrógeno (N) y azufre (S) son los nutrientes que con mayor frecuencia condicionan la obtención de contenidos de contenido adecuados de gluten y proteínas en los granos de trigo (Falotico *et al.* 1999)

En el caso del trigo se dice que por cada tonelada que el cultivo produzca requiere de absorber 31 a 50 kg de nitrógeno, 11 de fosforo, 26 kg de potasio, 3 kg de calcio y 3.8 kg de magnesio. (Avila, y col. 2013)

**Fertilización Nitrogenada.** Según (Solis, y Col. 1995) se puede observar que en siembras sin fertilización, con un calendario de cuatro riegos, se puede obtener rendimientos superiores a las 4ton/ha, dependiendo de la fertilidad del suelo; sin embargo, este grano tendrá una incidencia de panza blanca de 84%, por lo que será rechazado por la industria molinera. A nivel experimental, en siembras fertilizadas con 120 kg/ha de nitrógeno, se obtienen rendimientos superiores a las 6.5 ton/ha, pero con niveles de panza blanca cercanos al 50%, por lo que el grano también será rechazado. Con una dosis de 300 kg/ha de nitrógeno se obtienen los rendimientos más altos y los niveles de panza blanca aceptados por la industria.

La relación entre el rendimiento y el contenido de proteína en el grano depende de la disponibilidad de nitrógeno (Selles y Zetner, 1998).

El fraccionamiento de la dosis de nitrógeno (N) tiene como beneficio adicional que permite una mayor eficiencia de uso del N y, por lo tanto, las decisiones del manejo como el momento, la dosis y a la fuente de N utilizada son importantes, ya que las mismas permiten obtener mayores niveles de proteína y de gluten en la harina. (Reussi, y col. 2006).

Varios autores (Roberts, 1919; Jones y Mitchell, 1926; Espericueta *et al* ,1973; Robinson *et al*, 1977) demostraron que las condiciones de suelo y, en principio, la disponibilidad de nitrógeno determina la presencia de panza blanca en el grano de trigo.

Gianibelli *et al.* (1991) observaron que la aplicación de N disminuye el porcentaje de panza blanca de 80 hasta 7%, lo cual depende de la dosis y la fecha de aplicación.

**Épocas de aplicación del fertilizante.** La aplicación del nitrógeno en etapas posteriores como embuche o espigamiento no incrementa el rendimiento pero si puede incrementar el contenido de proteína en el grano y puede reducir junto con la dosis total la incidencia de panza blanca mejorando la calidad de grano al incrementar su contenido proteico en la molienda. (Avila, y col. 2013)

Según el autor (Solis, y col. 1995) la fertilización nitrogenada dividida en tres o cuatro épocas de aplicación reduce la incidencia de la panza blanca del grano, en comparación con la incidencia observada con dos aplicaciones. Sin embargo, al fraccionar el nitrógeno en tres o cuatro aplicaciones se reduce el rendimiento en 4 y 7.1 %, respectivamente, con respecto al valor registrado con 2 aplicaciones.

El nitrógeno es un elemento muy móvil en el suelo por lo que normalmente se pierde por varios procesos como la volatilización, lixiviación, la desnitrificación y la inmovilización esto hace necesario la aplicación de nitrógeno en cada siembra. (Avila, y col. 2013).

En estudios con el isótopo N15, (Valle y Cortés, 1999) encontraron que del



nitrógeno que no es recuperado por el trigo, 60% queda fijado en las arcillas, 30% se pierde por volatilización, y 10% se pierde por lavado.

La fertilización es la parte primordial de la producción de trigo, si la dosis total se fracciona en 25% en la siembra, 30 % en amacollo, 30% en encañe y 15% en floración. Con este manejo se favorece rendimiento y calidad del grano. (Cortes, y col 2011).

Según el estudio de (Alvarado, P. y col. 2012) el uso de nitrógeno y fósforo (NP) promovió un incremento en producción de 3.647 ha-1 en promedio. El rendimiento del testigo y el tratamiento fertilizado fue de 2.898 y 6.545 ha-1 respectivamente, lo que significa que la fertilización aportó el 55.7% de la producción obtenida. Sin aplicación de nitrógeno, la proteína se redujo al 7.94% y la panza blanca se incrementó al 67%.

**Fertilización Fosfatada.** El fósforo es el nutriente relacionado con los flujos de energía de la planta, su disponibilidad puede reducirse cuando existan problemas de fijación química, en suelos ácidos, volcánicos o extremadamente calcáreos (Castellanos et al., 2005).

Según (INIFAP y CEVM, 2010) Se recomienda aplicar todo el fósforo antes de la siembra utilizando 10 kg/ha por tonelada de rendimiento esperado.

Castellanos et al., 2005, recomienda la aplicación de fósforo siempre y cuando se encuentren niveles por debajo de 31ppm mediante el método Bray-P1. Hay que tomar en cuenta que una aplicación excesiva de fósforo en suelos con alto contenido de potasio y niveles bajos de zinc y hierro pueden tomar un desequilibrio por su acción antagónica.

### **Técnicas de riego**

Los requerimientos de agua en el cultivo de trigo dependen de una gran cantidad de elementos como tipo de suelo, condiciones de temperatura, radiación solar, fecha de siembra, método de siembra, tipo de variedad entre otros. Las recomendaciones con la

aplicación de tres riegos de auxilio en el calendario del Valle del Yaqui INIFAP (Figueroa y Ortiz, 2010):

- 1) Riego de pre siembra o germinación: aplicar el riego de pre siembra o germinación, con una lámina bruta de riego de 24 cm o 2.4millares de m3.
- 2) Primer riego de auxilio: Aplicar el riego hasta la etapa de inicio de encañe o cuando se tengan nudos visibles, utilizando una lámina de 15 cm.
- 3) Segundo riego de auxilio: Aplicar el segundo riego de auxilio en la etapa de espigamiento – floración. Lamina bruta de 13 cm.

Tercer riego de auxilio: este riego se aplica en la etapa de grano lechoso y serio el último riego de auxilio. Se da a los 102 a 110 días después de la fecha de siembra con una lámina bruta de 13 centímetros

El número de riegos durante el ciclo de cultivo afecta el rendimiento de grano. A nivel experimental, en siembras del 1 de diciembre, con un calendario de dos a tres riegos, se obtiene rendimientos superiores a 4 ton/ha y porcentajes inferiores al 15% de panza blanca; y con un calendario de cuatro riegos, los niveles de panza blanca alcanzan el 25%. En las siembras de enero, con 240 kg/ha de nitrógeno, se registran niveles de panza blanca alcanzan el 25%. En las siembras de enero, con 240 kg/ha de nitrógeno, se registran niveles de panza blanca inferiores al 10% con dos, tres o cuatro riegos, pero el rendimiento es menor en un 24% al obtenido en las siembras de diciembre (Solís, y col. 1995).

### **Principales enfermedades del trigo**

**Roya de la hoja** (*Puccinia triticina Erikss*), está la principal enfermedad del trigo en el sur de sonora, ya que el hongo puede atacar al cultivo en cualquier etapa de desarrollo de la planta y las esporas (urediniosporas) que produce pueden ser diseminadas rápidamente por el viento, a grandes distancias. Las esporas germinan 30 minutos después de estar en contacto con el agua (a temperaturas entre 15 y 25 °C); el desarrollo de la

enfermedad es favorecido a temperaturas de 10 a 30 °C. . Las esporas de las royas, pueden viajar con el viento miles de kilómetros hasta que la lluvia los lava de la atmósfera. Si caen en un campo de trigo, inician epidemias de roya que pueden destruir el trigo sano en unas cuantas semanas ([www.CIMMYT.mx](http://www.CIMMYT.mx)).

**Roya lineal o amarilla** (*Puccinia striiformis f. sp tritici*) esta roya o chahuixtle se ha estado presentando en el sur de Sonora en los últimos tres años. La enfermedad es importante, ya que al igual que la roya de la hoja el hongo que la causa puede atacar al cultivo en cualquier etapa de desarrollo de la planta, y porque las esporas infectivas que produce pueden ser diseminadas rápidamente a grandes distancias por el viento. La rapidez con que se desarrolla la enfermedad se ve favorecida con la humedad en forma de rocío o lluvias, así como por temperaturas entre 10 y 15 °C, aunque las esporas del hongo pueden germinar entre 0 y 23 °C. (Ávila, M., y col 2013).

**Carbón parcial** (*Tilletia indica*) es la enfermedad del trigo causada por el hongo *Tilletia indica* Mitra, también conocido como *Neovossia indica* (Mitra) Mundkur. Típicamente, el hongo infecta sólo algunos granos por espiga y la enfermedad solamente se desarrolla en una parte de los granos infectados. El daño depende del efecto sobre la calidad de la harina, la cual se ve afectada en su olor y color. El hongo libera una sustancia denominadas trimetilamina, que le da a la harina un olor desagradable como a “pescado en descomposición”. Dicho olor se mantiene a niveles apreciables en pan que haya sido hecho con 3% o más de grano infectado. (Figueroa López y col., 2000).

### **Desordenes fisiológicos del trigo**

**La Panza blanca**, es un importante desorden fisiológico en trigo, el cuál causa la producción de indeseable y granos sin color. (Gianibelli y col., 1990). La panza blanca es reconocido por ser un grano más suave, color claro y endospermo almidonoso, siendo menos la textura vítrea que es la característica de un grano normal (Sharp, 1927). Los granos con panza blanca ha sido reportado que contiene más altos contenidos de humedad,

más altos contenidos de almidón y más bajo nivel de contenido proteico en comparación con los granos vitreos (Dexter y col., 1989).

(Headden, 1915) fue uno de los primeros investigadores en usar el término panza blanca para designar una condición del grano de trigo que presenta un aspecto moteado debido a manchas que varían de blanco a blanco amarillento de acuerdo al color de las capas externas de la semilla. Estas manchas de aspecto almidonoso se presentan en algunas ocasiones en pequeñas aéreas, pero puede llegar a cubrirla mitad o toda la semilla. La apariencia de estas semillas está dada por una infinidad de grietas microscópicas dentro del endospermo; al observarse al microscopio semillas afectadas presentan gránulos de almidón parcialmente sueltos y espaciados entre ellos, en semillas normales estos espacios están ocupados por una matriz de proteínas (Sharma *et al.*, 1983)

La disminución del contenido de proteína del grano, afecta la calidad de panificación y molienda del trigo panadero y cristalino, mientras que los granos manchados con panza blanca (igual o menor que 10%) descalifican para propósitos de exportación (Dholakia, 2001).

Los granos con panza blanca son índice de baja proteína y por lo tanto provenientes de suelos de deficiente fertilidad nitrogenada. Los granos vitreos y en general más oscuros, son de mayor contenido proteico. La diferencia en el contenido de proteína de ambos trigos puede llegar hasta el 4% y el de gluten a más del 10 % (AAPROTRIGO 2007). Smith (1962) citado por Robinson *et al.* (1979), reportó estudios que indicaron que el carácter panza blanca es una condición almidonosa de la semilla de trigo asociada con un bajo nivel de proteína. La presencia de panza blanca indica la necesidad de más fertilizante nitrogenado para facilitar la producción de proteína en el grano. La incidencia de panza blanca fue altamente correlacionada con el nivel de proteína en el grano. La incidencia de este desorden fue del 40% cuando el nivel de proteína fue del 10%, y de solo un 1% cuando el nivel de proteína fue del 14%.

Los estudios realizados en el sur de Sonora, indicaron que el manejo del nitrógeno

es muy importante en la incidencia del problema de panza blanca. Se observaron interacciones significativas entre la dosis y la época de fertilización. La aplicación del fertilizante en forma total a la siembra o fraccionado en siembra y encañe, promovió un contenido de proteína estadísticamente igual, sin embargo la fertilización hasta el encañe incrementó significativamente la concentración de proteína en el grano en comparación con las otras dos épocas. Al interpretar la interacción entre épocas de fertilización y dosis de nitrógeno, se pudo constatar que al igual que en el contenido de proteína, el efecto de la fertilización se observó principalmente al fraccionar el fertilizante, y más que nada al aplicar el nitrógeno hasta el encañe (Cortés, 1998a), ya que los valores más bajos de panza blanca se obtuvieron con la mayor dosis de nitrógeno aplicada en esa etapa.

### **Combate de malezas en trigo**

Las malas hierbas que infestan los cultivos, representan uno de los principales factores limitantes de la producción, al grado que desde 1982 se ha estimado en forma general, que las pérdidas globales que ocasionan a la agricultura (42%), son mayores que las ocasionadas por las plagas insectiles (28%), enfermedades (27%) y los nemátodos (3%) (Klighman y Ashton, 1982). Para el año 2008, el mercado mundial de plaguicidas mostró que de los 40,475 millones de dólares de venta, 48 por ciento correspondieron a herbicidas, 25 por ciento a fungicidas, 23 por ciento a insecticidas y 3 por ciento a otros (McDougall, 2008). Los pasos a seguir para llevar a cabo un buen control de malezas son:

a) Prevención. Uso de semilla certificada, limpiar la maquinaria y equipos, evitar el pastoreo de ganado sobre las socas de los cultivos y eliminar maleza en canales principales, canales secundarios y regaderas.

b) Control mecánico. La siembra a tierra venida es la única alternativa de control mecánico de maleza en trigo sembrado en plano y está limitada al tipo de suelo. Para las siembras de trigo en surco a doble hilera ya establecida, se sugiere realizar dos escardas mecánicas; la primera a los 20-25 días después de la emergencia y la segunda una vez que el terreno lo permita, después del primer riego de auxilio.

c) Control químico. Existen herbicidas específicos para los diferentes tipos de maleza, los cuales generalmente presentan buena selectividad al trigo; sin embargo deben utilizarse con precaución, siempre con la supervisión continua de personal técnico especializado, ya que su selectividad no es absoluta y puede ser modificada por la variedad, condiciones de clima, diferencias en textura y humedad del suelo, salinidad, contenido de materia orgánica y profundidad del manto freático. (Hernandez y col.2010).

### **Principales plagas del cultivo de trigo**

El trigo puede ser atacado por una gran variedad de insectos , por fortuna solo algunas especies de insectos tienen considerable importancia porque solo algunas producen daños grandes en zonas muy extensas la mayoría de las especies constituyen plagas solo en ocasiones o no tienen una distribución geográfica muy amplia. La condición de plaga de una especie no siempre está muy bien documentada. El trigo y otros cereales se ven limitados en su producción por el ataque de diversas especies que los afectan en diferentes estados fenológicos. Los pulgones (áfidos) de la raíz (*Rhopalosiphum rufi abdominalis*), del cogollo (*Rhopalosiphum maidis*), del tallo (*Rhopalosiphum padi*) y del follaje (*Schizaphis graminum*) son las principales plagas en el cultivo de trigo. (Armenta, C.I., 2010)

Los pulgones del follaje y del cogollo son las principales especies que atacan a este cultivo en el sur de Sonora. Todos los estadios de estos insectos ocasionan daños a la planta (en hojas, tallo y parte de las flores y del cogollo), con lo que causan marchitez, amarillamiento y pudrición. (CIMMYT, 2010)

En el sur de Sonora, desde el ciclo agrícola 1997-1998 a 2008 se han presentado como plagas clave en trigo las especies de pulgones antes citadas, además del pulgón de la espiga (*Sitobium avenae*). Para su control se han empleado de dos a cuatro aplicaciones de insecticidas, principalmente a base de dimetoato (Afl ix, Afi dox o Perfekthion), parathion metílico 2 y 3%, polvo, metamidofós (Tamaron), y cypermetrina (Decis, Arrivo o Cypervel). (Armenta, C.I., 2010)

## **Cosecha**

La época de cosecha comprende los meses de mayo y junio. Es conveniente cosechar cuando el grano tenga entre 8 y 13 % de humedad, porcentajes menores de humedad tienden a aumentar pérdidas por desgrane y quebrado de grano (INIFAP y CEVM, 2010), esto se puede ver en el campo cuando al tomar un grupo de espigas estas se encuentran completamente secas, las aristas están quebradizas y el grano se separa fácilmente de la espiguillas al moler las espigas entre las manos y el grano este completamente duro (Avila, y col. 2013)

## **Análisis de las principales características de calidad de semilla**

El análisis de semilla brinda información y establece un estándar para determinar el nivel de calidad. Un lote de alta calidad está en función de las siguientes características que son medidas en los laboratorios de diferentes compañías: Germinación (viabilidad), Pureza, Vigor y Sanidad.

### **Métodos de germinación.**

La germinación es el conjunto de fenómenos por los cuales el embrión, que se halla en estado de vida latente dentro de la semilla, reanuda su crecimiento y se desarrolla para formar una plántula. Para la germinación de una semilla deben cumplirse tres condiciones de acuerdo a (Hartman y Kester, 2000), que el embrión sea viables, que los factores externos sean favorables y que no presenten factores internos que impidan la germinación. Las etapas principales son cuatro 1. la inhibición del agua, 2. la síntesis y activación de los sistemas enzimáticos, 3. degradación de las sustancias de reserva y 4. Elongación de las células del embrión y emergencia de la radícula. (Marasssi, A. 2013).

La capacidad de germinación se evalúa mediante la ejecución de la prueba de germinación estándar, que consiste en sembrar las semillas en un ambiente óptimo para que todas las semillas que estén vivas puedan germinar en el tiempo más rápido y de la

forma más uniforme posible. Como resultado del ensayo se originaran plántulas de semillas individuales que serán evaluadas y clasificadas en normales, anormales, semillas muertas, frescas y duras, de acuerdo al criterio establecido en manuales internacionales. El resultado es conocido como poder germinativo y corresponde al número de plántulas normales obtenidas en el ensayo. (Roque, C. y col. 2010)

### **Métodos de germinación según las reglas (ITSA).**

**Método sobre papel (Top paper - TP):** Las semillas se distribuyen uniformemente sobre una o más capas de papel previamente humedecido. Puede emplearse el aparato de Jacobsen, o también se pueden colocar los papeles dentro de bandejas o cajas plásticas en las cámaras de germinación o en los germinadores. En el caso que el papel no retenga la cantidad de humedad suficiente para realizar el ensayo se puede colocar debajo del mismo una fina capa de algodón.

**Método entre papeles (Between paper - BT):** Las semillas se distribuyen uniformemente entre dos capas de papel de germinación adecuadamente humedecida en cajas o bandejas o bien haciendo rollos de papel los cuáles se colocarán en posición vertical dentro de la cámara de germinación y/o germinador.

**Método del papel plisado (Pleated paper - PP):** Las semillas se colocan entre los pliegues de un papel previamente plisado como un acordeón. (Vicario y Loray 2010)

### **Plántulas**

Las plántulas normales son aquellas que poseen el potencial de desarrollarse satisfactoriamente en plantas cuando crecen en suelos de buena calidad y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y luz. Para ser clasificadas como normales, las plántulas deben pertenecer a alguna de las siguientes categorías: Plántulas intactas: son aquellas plántulas que poseen todas sus estructuras esenciales bien desarrolladas, completas, equilibradas y sanas.



Plántulas con ligeros defectos: son plántulas que muestran leves defectos en sus estructuras esenciales, pero que sin embargo, poseen un desarrollo satisfactorio y balanceado comparable con el desarrollo de las plántulas intactas del mismo test.

Plántulas con infección secundaria: son aquellas que pueden pertenecer a las categorías anteriores, pero las cuáles han sido afectadas por hongos o bacterias provenientes de otras fuentes de inóculo distintas a la semilla de la que germinaron.  
(Esther, M. 2010)

## MATERIALES Y METODOS

Para las distintas pruebas tanto físicas y químicas, así como también para la siembra se utilizaron líneas de trigos panaderos, las cuales fueron; Tarachi F2000, Roelfs F2007 y Onavas F2009. Estas muestras fueron obtenidas a través de las distintas molineras de estado y fueron seleccionadas en base a sus características agronómicas, se limpió manualmente el grano para eliminar todo tipo de impurezas, ya limpio se guardó en bolsas de poliuretano a una refrigeración de 5 centígrados hasta su uso (porcentaje de germinación, peso hectolitrito, pruebas de germinación y siembra}. En el trabajo de siembra las macetas fueron de un material de poliuretano así como los fertilizantes que se utilizaron como el Ácido Fosfórico y el FosfoNitrato (31-04-00), en las pruebas de germinación se utilizó papel kimpak o papel para germinación y una cámara de germinación.

### **Porcentaje de Panza Blanca**

Para determinar el porcentaje de panza blanca se limpió el grano de forma minuciosa, quitando aquel material inerte, semillas o granos diferentes a la variedad, basura, se o entre otros. Se obtuvieron 3 muestras de cada variedad, cada muestra consta de 100 gr de peso y se colocaron en bolsas de polietileno con tres repeticiones. En cada una de las muestras se separó el grano que presentaba la característica de panza blanca y el grano normal, después se pesaron por separado y se determinó el porcentaje por el peso de ambas en una balanza (OHAUS Adventure tm.)



**Figura 5.** Muestras de las variedades de trigo utilizadas para determinar el porcentaje de panza blanca

### **Peso de 1000 granos**

Es el peso que posee mil semillas, expresado en gramos, para determinar el peso 1000 granos la muestra que se limpió se colectaron 100 granos de cada variedad y el peso total utilizando una balanza analítica marca se multiplico por 10.



**Figura 6.** Obtención de la muestra y el peso de las variedades de trigo

### **Prueba de germinación**

Se realizó en el Laboratorio de Entomología del Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos en la Universidad de Sonora. En el cual se utilizó la cámara de germinación, con los materiales como el papel (kimpak) o papel para germinar, sanitas, agua destilada, cloro y alcohol para la esterilización del material a utilizar.

Este análisis se realizó a cada uno de los tratamientos y el testigo al inicio y después de los 7 días a partir de la infestación, se escogerán al azar 100 granos, los que se harán germinar en una germinadora automática de doble cámara, modelo 1000 FAT, utilizando como sustrato Charolas de germinación, acondicionadas con toalla de papel húmeda Kimpak, durante siete días, después de los cuáles se contó el número de grano germinado, plántulas con crecimiento normal y anormal y grano no germinado. De acuerdo a la International of Seed Testing, (1996).

Las variables de respuesta fueron porcentaje de germinación siguiendo la metodología según las normas del (ITSA), se tomaron en cuenta las plántulas normales y anormales. El peso fresco se determinó con una balanza analítica y la longitud de raíz, tallo y tamaño total se midieron con un vernier. Estas variables fueron registradas a los 7 días.

### **Poder germinativo**

Indica el porcentaje de semillas germinadas en un tiempo de 7 días

PG:  $\text{Numero de semillas germinadas} / \text{Numero de semillas puestas a germinar} \times 100$



**Figura 7.** Muestra de Tarachi a los 4 días de germinación

### **Análisis estadístico**

Se utilizó un modelo completamente al azar con un arreglo factorial 3 X 2 donde los factores fueron los híbridos (Tarachi, Roelfs y Onavas) y el tipo de grano (Con panza blanca y Sin panza blanca), se realizó un análisis de varianza y se hizo una comparación de medias por medio de la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 0.05 utilizando el Software estadístico SAS Versión 9

### **Establecimiento del Cultivo**

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Agricultura y Ganadería, de la Universidad de Sonora el año 2014-2015, Las línea de trigo fueron desarrolladas bajo condiciones de invernadero (Casa sombra), las especificaciones del invernadero son; una superficie de 40 m<sup>2</sup>, con cubierta de plástico malla sombra con un sombreado del 50 %.

Se utilizaron macetas para vivero con un tamaño de 25 X 35 cm, con una capacidad promedio de 6 kg de suelo por maceta

La siembra se hizo en húmedo y a 10 cm de profundidad. En cada maceta se

colocaron 3 semillas para asegurar la germinación, la siembra se realizó el 17 de Enero.



**Figura 8.** Establecimiento del cultivo de trigo en invernadero

### **Programa de riego**



**Figura 9.** Aplicación del riego en las macetas

### Programa de fertilización

Para cumplir con los requerimientos nutricionales del cultivo de trigo se realizó un análisis de suelo previo a la fertilización. La fertilización de fósforo se realizó en el primer riego después de la siembra por medio de un vaso de precipitado para su medición agregando 5.62 ml ácido fosfórico a todos los tratamientos.

La fertilización de nitrógeno se fraccionó en 3 aplicaciones de acuerdo con las necesidades del cultivo, se realizaron tres tratamientos diferentes en base a la dosificación de Nitrógeno; el primero el tratamiento testigo (To) con la cantidad de (0kg/Ha), el segundo un tratamiento de media dosificación que corresponde a 150Kg/Ha (T1) y el tercero la dosificación recomendada o tradicional que son 250 (Kg/Ha) (T2). Empleando fosfonitrato (ISAOSA) (31-04-00) como fertilizante nitrogenado en las aplicaciones.

Para la conversión del proceso de fertilización de campo a macetas se realizó lo siguiente:

1 maceta contiene 6 kg de suelo y tiene un tamaño de 25 \* 35 cm, cada tratamiento consta de 5 macetas con un peso total 30 kg y con una profundidad de la maceta (altura de suelo en la maceta) son de 25 centímetros

Peso de suelo seco (PSS):  $D_a \times V$

$D_a$ : 1.3

$V$ :  $100m \times 100m \times .25m$ :  $2500 m^3$

PSS:  $1.3 \times 2500 m^3$ : 3250 Ton/Ha de suelo

Tratamiento 250 kg N

Numero de macetas  $30 \times 6kg/maceta$ : 180 kg/ tratamiento

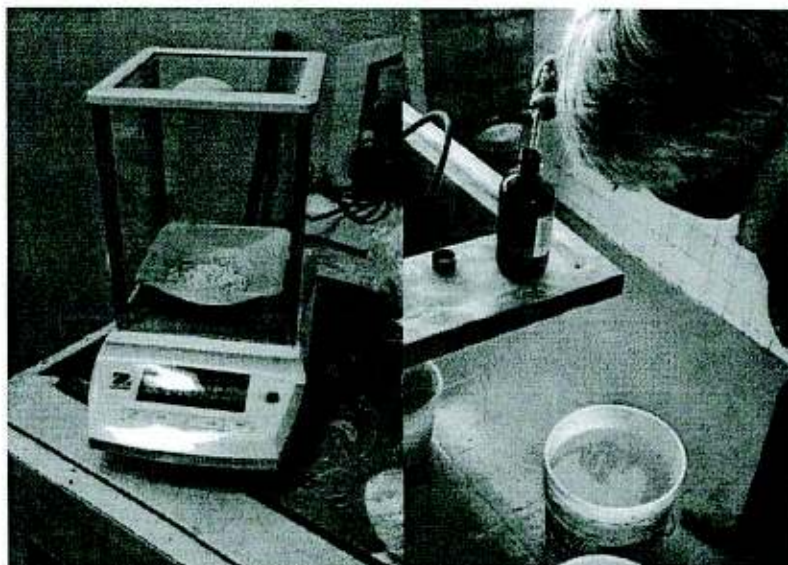
$(180kg \text{ suelo/maceta}) \times 250kg \text{ N} / 3250000 \text{ kg suelo/ha}$ : 13.85mg/30 macetas

13.85 gr de fosfonitrato disolver en 9 lt de agua que equivale 300 ml por maceta que es la mitad del porcentaje de saturación del suelo de las macetas dado que las condiciones en las que se encontraba el suelo de las macetas eran húmedas por la aplicación de los riegos pasados.

Se fracciono la fertilización nitrogenada de la siguiente manera 50% – 30% – 20 %, de tal manera que en el primer tratamiento que consta de 150 kg/Ha la primera dosificación se realizó con 75 kg/ha la segunda con 45 kg/ha y la tercera y última con 30 kg/ha, para el segundo tratamiento que es de 250kg/ha la dosificación fue de 125 kg/ha seguida de 75 kg/ha y la ultima de 50kg /ha, la época de aplicación la primera fue durante el amacollamiento, la segunda en el encañe y la tercera antes del embuche. Las aplicaciones fueron en tanto al trigo sin panza blanca (SPB) como al trigo con panza blanca (CPB).

Se realiza una regla de tres para determinar la cantidad de nitrógeno a aplicar, se utilizó fosfonitrato ISAOSA con una concentración de 31N – 04 P – 0K.

Para los siguientes porcentajes 30 % y 20 % es el mismo procedimiento o metodología y nada más lo único que cambia es la cantidad que se necesitara aplicar.



**Figura 10.** Medición del volumen del ácido fosfórico y peso del fertilizante

### **Fertilización fosfatada**

Se aplicó una dosis de 80 kg/Ha y se utilizó ácido fosfórico con la conversión se dio lo siguiente: 100ml equivalen a 85.2 ml de fosforo multiplicado por su densidad (1.67)



nos da el resultado de 142.28gr.

Realizando la regla de tres 100 ml equivalen a 142280 mg de fosforo y ocupamos 80 mg de fosforo nos da una relación de 0.0562 ml/maceta por 90 macetas da un resultado de 5.058 ml de ácido fosfórico.

### Control de plagas y malezas

Se realizaron 2 aplicaciones foliares localizadas de Muralla Max (Imidacloprid 19.6% + Betacyflutrin 8.4%) para el control de pulgón verde (*Schizaphis graminum*) utilizando atomizadores.

En el control de malezas se realizaron deshierbes manuales cada vez que se presentaban las distintas malezas.

### Muestreo

Se realizó cuando la espiga estaba completamente seca, las aristas estaban quebradizas y el grano se separaba fácilmente de la espiguilla. Se tomaron las espigas y se separaron en bolsas de poliuretano marcadas, después se les separo el grano y se procedió a realizar los análisis de laboratorio.

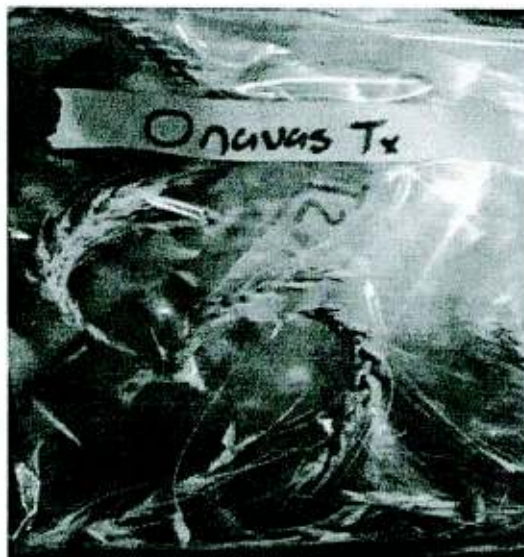


Figura 11. Muestreo de plantas de trigo harinero

## **VARIABLES EVALUADAS EN CAMPO**

**Altura de la planta durante su desarrollo.** Se midió a los , 79, 87, 95 y 102 días después de la siembra. Esta medición se realizó de 10 plantas al azar de cada tratamiento y se realizó con una cinta métrica, reportándose en cm.

## **ANÁLISIS DE LABORATORIO**

### **Contenido de humedad**

La determinación del contenido de humedad se llevó a cabo por el método 44-40 de la AACC(2000).

### **Contenido de proteína**

La determinación del contenido de proteína se llevó a cabo por el método de combustión de Dumas, usando el determinador de nitrógeno (marca Leco FP528) siguiendo el método 46-30 de la AACC (2000).

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se utilizó un modelo completamente al azar con un arreglo factorial 3 X 2 X 3 donde los factores fueron los híbridos ( Tarachi, Roelfs y Onavas), el tipo de grano (Con panza blanca y Sin panza blanca) y el tipo de fertilización ( 0 kg/ha, 150 kg/ha y 250 kg/ha) se realizó un análisis de varianza y se hizo una comparación de medias por medio de la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 0.05 utilizando el Software estadístico SAS Versión 9.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Panza Blanca en las Variedades de Trigo**

La variedad Onavas presentó un porcentaje de panza blanca de 12.8; la variedad Roelfs se encontró 6.2% y la variedad Tarachi presentó el mayor porcentaje que es de 39.3.

### **Peso de 1000 Granos**

En los cuadros 9, 10 y 11 se presentan los valores de peso de 1000 granos de las semillas de trigo, siendo en las variedades onavas y roelfs, donde las que tenían panza blanca el peso fue menor que las que no estaban afectadas con el desorden fisiológico, coincidiendo estos resultados con los reportados por Sivori (1980) Y Valenzuela (1990) donde ellos encontraron que este carácter tiene una influencia negativa en algunos atributos de calidad tales como: Peso de semilla. No coincidiendo los resultados de la variedad tarachi donde los resultados de los pesos de los granos con y sin panza blanca fueron muy similares.

### **Prueba de Germinación**

En el cuadro 12 se presentan los resultados de germinación, plantas normales y anormales en donde se observa que las variedades onavas y roelfs sin panza blanca, presentaron un porcentaje de germinación más alto comparados con las mismas variedades pero con panza blanca, sin embargo en la variedad tarachi el porcentaje de germinación fue más alto para la que presentaba el desorden fisiológico panza blanca, además podemos observar que en la variedad onavas sin panza blanca y con panza blanca las plántulas anormales son altas, según un estudio llevado a cabo por Valenzuela y Martínez (1994), en el valle de Mexicali evaluaron el efecto de cinco niveles de panza blanca (0, 15,30,45 y 100%) sobre los componentes de una prueba de germinación. Los

datos revelaron que conforme aumentó el nivel de panza blanca el porcentaje de plántulas normales decreció significativamente. Sivori (1980) Y Valenzuela (1990) asientan que este carácter tiene una influencia negativa en algunos atributos de calidad tales como: Vigor. Los datos revelaron que conforme aumentó el nivel de panza blanca el porcentaje de plántulas normales decreció significativamente. de igual forma aconteció con el vigor de las plántulas (medido éste como la longitud del vástago y raíces seminales de las plántulas normales); lo inverso sucedió para las plántulas de bajo vigor y anormales.

**Cuadro 9.** Prueba del peso de 1000 granos de las variedad de trigo Onavas

Tipo de trigo	Peso de 1000 Granos
Onavas SPB <sup>1</sup>	52.5 ± 1.2 a
Onavas CPB <sup>2</sup>	41.7 ± 1.7 b

<sup>1</sup>Grano sin presencia de panza blanca

<sup>2</sup>Grano con presencia de panza blanca

**Cuadro 10.** Prueba del peso de 1000 granos de la variedad de trigo Roelfs

Tipo de trigo	Peso de 1000 Granos
Roelfs SPB	50.2 ± 2.1 a
Roelfs CPB	33.3 ± 1.7 b

<sup>1</sup>Grano sin presencia de panza blanca

<sup>2</sup>Grano con presencia de panza blanca

**Cuadro 11.** Prueba del peso de 1000 granos de las variedad de trigo Tarachi

Tipo de trigo	Peso de 1000 Granos
Tarachi SPB	47.7 ± 1.5
Tarachi CPB	42.7 ± 1.6

<sup>1</sup>Grano sin presencia de panza blanca

<sup>2</sup>Grano con presencia de panza blanca

**Cuadro 12.** Resultados de Germinación, Plántulas Normales y Anormales, en las Variedades de Trigo con y sin Presencia de Panza Blanca

Tipo de trigo	Germinación (%)	Plántulas Normales	Plántulas Anormales
Onavas SPB <sup>1</sup>	99	78	21
Onavas CPB <sup>2</sup>	96	81	15
Roelfs SPB	99	93	6
Roelfs CPB	94	85	9
Tarachi SPB	96	87	9
Tarachi CPB	99	91	8

<sup>1</sup>Grano sin panza blanca

<sup>2</sup>Grano con panza blanca

### Característica de Tallo, Raíz Principal, Tamaño Total y Peso Durante la Germinación de las Variedades Onavas, Tarachi y Roelfs

Los resultados que se observan en la tabla numero 13 corresponden a: Tallo, raíz principal y tamaño total de la variedad onavas sin panza blanca (OSPB) presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) comparándola a la misma variedad pero con panza blanca (OCPB), con excepción del peso de plántula que fue la variable que no mostró diferencia significativa estadísticamente ( $P < 0.05$ ). En la variedad tarachi cuyos resultados se presentan en la tabla 14, ninguna de las variables estudiadas no se presentaron diferencias significativas entre la muestra afectada por panza blanca comparada con la que no tenía panza blanca. En lo que respecta a la variedad roelfs, los resultados se observan en la tabla 15, no se observaron diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ), en tallo, raíz principal y tamaño total; siendo en el peso de la plántula, donde se encontraron diferencias significativas estadísticamente ( $P < 0.05$ ) en la variedad roelfs con y sin panza blanca. Valenzuela y Martínez (1994), en el valle de Mexicali evaluaron el efecto de cinco niveles de panza blanca (0, 15, 30,45 y 100%) sobre los componentes de una prueba de germinación. Los datos revelaron que conforme aumentó el nivel de panza blanca el porcentaje de plántulas normales decreció significativamente. de igual forma aconteció con el vigor de las plántulas (medido éste como la longitud del vástago); lo inverso sucedió para las plántulas de bajo vigor y anormales.

**Cuadro 13.** Características de Tallo, Raíz Principal, Tamaño Total y Peso de la Variedad Onavas con y sin Panza Blanca\*

Tipo de trigo	Tallo (cm)	Raíz Principal (cm)	Tamaño Total (cm)	Peso (gr)
OSPB <sup>a</sup>	13.96±1.82 <sup>a</sup> <sup>c</sup>	12.04±2.14 <sup>a</sup>	26.0±2.72 <sup>a</sup>	23±.04 <sup>a</sup>
OCPB <sup>b</sup>	11.93±.69 <sup>d</sup> <sup>b</sup>	8.00±2.82 <sup>b</sup>	19.56±2.82 <sup>b</sup>	20±.04 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Trigo sembrado sin panza blanca, <sup>b</sup> Trigo sembrado con panza blanca

<sup>c</sup> Dentro de la misma columna, promedios con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ )

<sup>d</sup> Desviación estándar

\* La muestra se realizó con 10 repeticiones al azar

**Cuadro 14.** Características de germinación, tallo, raíz principal, tamaño total y peso de la variedad Tarachi con y sin panza blanca\*

Tipo de trigo	Tallo (cm)	Raíz Principal (cm)	Tamaño Total (cm)	Peso (gr)
TSPB <sup>a</sup>	13.26±1.26 <sup>c</sup>	13.75±3.52 <sup>a</sup>	27.32±3.91 <sup>a</sup>	22±.04 <sup>a</sup>
TCPB <sup>b</sup>	12.90±.1.22 <sup>d</sup>	11.44±4.53 <sup>a</sup>	24.80±4.96 <sup>a</sup>	19±.05 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Trigo germinado sin panza blanca, <sup>b</sup> Trigo germinado con panza blanca

<sup>c</sup> Dentro de la misma columna, promedios con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P>0.05$ )

<sup>d</sup> Desviación estándar

\*La muestra se realizó con 10 repeticiones al azar

**Cuadro 15.** Características de germinación, tallo, raíz principal, tamaño total y peso de la variedad Roelfs con y sin panza blanca\*

Tipo de trigo	Tallo (cm)	Raíz Principal (cm)	Tamaño Total (cm)	Peso (gr)
RSPB <sup>a</sup>	13.86±1.62 <sup>c</sup>	13.20±2.09 <sup>a</sup>	25.92±3.42 <sup>a</sup>	24±.05 <sup>a</sup>
RCPB <sup>b</sup>	13.39±.1.64 <sup>d</sup>	12.71±1.97 <sup>a</sup>	25.28±3.74 <sup>a</sup>	17±.04 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Trigo germinado sin panza blanca, <sup>b</sup> Trigo germinado con panza blanca

<sup>c</sup> Dentro de la misma columna, promedios con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P>0.05$ )

<sup>d</sup> Desviación estándar

\*La muestra se realizó con 10 repeticiones.

### Tamaño de Altura de las Plantas de Trigo

En las figuras 16, 17 y 18 se encuentran los valores de los tallos de las plantas de trigo de las variedades panaderas Onavas, roelfs y tarachi se observa que no se presentó diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre las variedades con y sin panza blanca, a pesar de que en la variedad onavas a los 43 días y en la variedad roelfs a los 25 días se presentaron diferencias estadísticas, pero no en los otros días y sobre todo en el último muestreo no se presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Los datos de altura de planta es menor si la comparamos con otros estudios como el de López-Ahumada, 2011, (datos sin publicar) donde se sembró en campo la variedad tarachi con y sin panza blanca y la altura en el último muestreo (cuando el trigo se cosechó presentó datos entre 76 a 79 cm de altura y en este estudio los datos fueron de 58 y 60 cm, pero hay que recordar que este último estudio se sembró en macetas. Además el contenido de nitrógeno no tuvo diferencia significativa entre la altura de las plantas de trigo.

**Cuadro 16.** Valor promedio del tallo sembrado en macetas de las variedades de trigo Onavas con y sin panza blanca.

Variedad	25 días*	43 días	123 días
Onavas SPB <sup>1</sup>	35a ± 4.22	38.8a ± 8.48	62.15a ± 6.03
Onavas CPB <sup>2</sup>	30.8a ± 9.11	34.8b ± 5.47	61.67a ± 5.51

\*Número de días después de la siembra

<sup>1</sup>Grano sin presencia de panza blanca

<sup>2</sup>Grano con presencia de panza blanca

**Cuadro 17.** Valor promedio del tallo sembrado en macetas de las variedades de trigo Roelfs con y sin panza blanca.

Variedad	25 días*	43 días	123 días
Roelfs SPB	30.86a ± 4.25	41.5a ± 5.48	58.67a ± 4.05
Roelfs CPB	25.46b ± 3.15	37.6a ± 9.81	59.0 a ± 2.97

\*Número de días después de la siembra

<sup>1</sup>Grano sin presencia de panza blanca

<sup>2</sup>Grano con presencia de panza blanca

**Cuadro 18.** Valor promedio del tallo sembrado en macetas de las variedades de trigo Tarachi con y sin panza blanca.

Variedad	25 días*	43 días	123 días
Tarachi SPB	30.0a ± 6.15	34.67a ± 7.06	58.06a ± 5.05
Tarachi CPB	28.7a ± 7.81	35.0a ± 6.85	60.33a ± 4.09

\*Número de días después de la siembra

<sup>1</sup>Grano sin presencia de panza blanca

<sup>2</sup>Grano con presencia de panza blanca

### Proteína y Humedad de los Trigos Cosechados

En el cuadro 19, 20 y 21, se observan los valores de proteína y humedad de la variedad Tarachi F2000, Roelfs F2007, y Onavas F2009 con y sin panza blanca, encontrándose en los resultados en proteína que en las variedades Tarachi, 13.62% Roelfs (12.4%) SPB y Onavas 13.2% se observó que a medida que se incrementaba la dosis de N, el contenido de proteína aumentaba, en la variedad Roelfs CPB no se encontró diferencia significativa entre los diferentes contenidos de nitrógeno, pero si aumentó comparada con la muestra que se sembró. Estos resultados no coinciden con los obtenidos en otros estudios pero que se ha sembrado en suelo, en los que han encontrado que a menor

contenido de nitrógeno añadido al cultivo, mayor el contenido de panza blanca que se presenta en el grano de trigo (Solís Moya y Díaz de León, 2001, Partida Ruvalcaba, 2007), además de Gianibelli y col., (1991); encontraron que la aplicación de N, disminuye el porcentaje de panza blanca desde un 80 hasta 7%, dependiendo de la dosis y fecha de aplicación. Espericueta y col., (1973); Robinson y col, (1977), demostraron que las condiciones del suelo y principalmente la disponibilidad de nitrógeno, determina el contenido de panza blanca, Rodríguez y col. (2014), además de la cantidad de nitrógeno afectó el número de riegos. La presencia de este fenómeno es un desorden multifactorial, debido a que comprende factores como las condiciones ambientales, tipo de suelo, variedad (entre ellas la genética), tipo, número y fechas de riego, herencia, lluvias entre otros factores. En esta investigación, se puede concluir que no se presentaron las condiciones adecuadas para que se obtuviera panza blanca en este experimento, por lo que no influyeron los dos factores estudiados lo que se puede deber a que las plantas, aprovecharon durante su crecimiento la dosis de urea que se le añadió, debido a que aumentó hasta en la que tenía 60 kg/ha de N, de un 14.61 aumentó a un 20 que es una dosis baja de la recomendada para la siembra de trigo para que no se presente el desorden fisiológico panza blanca. y no se presentó en la dosis más baja granos de trigo con panza blanca.

La presencia de este fenómeno es un desorden multifactorial,, debido a que comprende factores como las condiciones ambientales, tipo de suelo, variedad (entre ellas la genética), tipo, número y fechas de riego, herencia, lluvias entre otros factores.

Lo que nos indica de acuerdo a los resultados descritos anteriormente que la panza blanca no es heredable y que en los suelos hay mucha pérdida de N

En el contenido de humedad, los resultados obtenidos se encuentran de un 6.76 a 8% estos nos indica que las espigas se cortaron con la humedad adecuada que debe cosecharse el trigo, sobre todo para evitar problemas al momento de almacenarse. Se debe de tomar en cuenta que el testigo (t0) cuenta con la cantidad dicha en el análisis de suelo nitratos 46.9 kg/ha



**Cuadro 19.** Características de proteína y humedad de la variedad Tarachi con y sin panza blanca

Tipo de trigo	Dosis de N (Kg/Ha)	Proteína (%)	Humedad (%)
TCPB (antes de sembrar)		7.87±0.6h	
TCPB <sup>a</sup>	0	20.08±.05d	7.94±.007b
TCPB	150	21.98±.03b	7.59±.077c
TCPB	250	23.02±.03a	6.89±.014d
TSPB (antes de sembrar)		13.62±0.4g	
TSPB <sup>b</sup>	60	18.94±.02f	8.09±.007a
TSPB	150	19.72±.14e	7.51±.014c
TSPB	250	21.43±.08c	7.95±.007b

<sup>a</sup> Trigo sembrado con panza blanca, <sup>b</sup> Trigo sembrado sin panza blanca

<sup>c</sup> Dentro de la misma columna, promedios con la misma letra son estadísticamente iguales (P>0.05)

<sup>d</sup> Desviación estándar

**Cuadro 20.** Características de proteína y humedad de la variedad Roelfs F2007 con y sin panza blanca

Tipo de trigo	Dosis de N (Kg/Ha)	Proteína (%)	Humedad (%)
RCPB (antes de sembrar)		7.2 ± 0.7f	
RCPB <sup>a</sup>	0	21.70±.12b <sup>c</sup>	8.03±.007a
RCPB	150	21.19±.14 <sup>d</sup> c	7.52±.007b
RCPB	250	21.96±.28b	6.15±.014d
RSPB (antes de sembrar)		12.64±0.8e	
RSPB <sup>b</sup>	60	20.60±.02d	7.05±.070c
RSPB	150	21.77±.06b	8.16±.134a
RSPB	250	25.31±.19a	7.67±.007b

<sup>a</sup> Trigo sembrado con panza blanca, <sup>b</sup> Trigo sembrado sin panza blanca

<sup>c</sup> Dentro de la misma columna, promedios con la misma letra son estadísticamente iguales (P>0.05)

<sup>d</sup> Desviación estándar

**Cuadro 21.** Características de proteína y humedad de la variedad Onavas F2009 con y sin panza blanca

Tipo de trigo	Dosis de N (Kg/Ha)	Proteína (%)	Humedad (%)
OCPB (antes de sembrar)		7.8±1.7f	
OCPB <sup>a</sup>	0	22.05±.13d <sup>c</sup>	8.03±.014a
OCPB	150	22.24±.16d	7.36±.007d
OCPB	250	26.94±.05a	7.47±.035c
OSPb (antes de sembrar)		13.5±1.3e	
OSPb <sup>b</sup>	0	22.06±.05d	7.71±.014b
OSPb	150	22.79±.16c	6.75±.007e
OSPb	250	23.43±.13b	8.09±.007a

<sup>a</sup> Trigo sembrado con panza blanca, <sup>b</sup> Trigo sembrado sin panza blanca

<sup>c</sup> Dentro de la misma columna, promedios con la misma letra son estadísticamente iguales (P>0.05)

<sup>d</sup> Desviación estándar

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### **En base a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:**

Las variedades de trigo estudiadas; Roelfs, onavas y tarachi no presentaron diferencias significativas en las pruebas de germinación.

En el peso de las semillas de 1000 granos se encontró diferencia en las variedades Roelfs y Onavas, siendo las muestras con panza blanca las que presentaron un menor peso que las que no tenían panza blanca. Sin embargo, la variedad Tarachi no presentó diferencia entre las muestras con y sin panza blanca.

En la altura de las plantas de trigo, sembradas en macetas con diferente dosificación no se presentaron diferencias entre las variedades con y sin panza blanca, ni cuando se compararon entre variedades.

En las variedades estudiadas con y sin panza blanca no se presentaron problemas de panza blanca, ni en la variedad Tarachi que es la que tiene mayor tiempo de liberada y que dejo de sembrarse por presentar alta incidencia de panza blanca.

En las tres variedades de trigo al aumentar la cantidad de nitrógeno utilizado para la fertilización se incrementó el contenido de proteína.

Con estos resultados podemos concluir que en la siembra en macetas, es poco el nitrógeno que se pierde.

No afectó en las determinaciones realizadas el trigo con panza blanca por lo que se puede decir, que la panza blanca no es hereditaria.

**Se recomienda:**

Que se realice un experimento con un mayor número de macetas para cosechar mayor cantidad de semillas de trigo y realizarles diferentes pruebas agronómicas, químicas y físicas.

Realizar un experimento también en macetas y sembrar el grano de trigo en fecha diferente a la que se sembró en este estudio.

Sembrar grano de una variedad de trigo que se vea afectada por el desorden fisiológico panza blanca, en el cuál se utilice el isótopo de nitrógeno ( $N^{15}$ ) para poder conocer su desplazamiento durante el crecimiento de la planta y del grano.

## BIBLIOGRAFIA

- Alvarado, P.J. Hernández, B. 2012. Fertilización nitrogenada y contenido de proteína en trigo duro para los valles de Mexicali B.C. y San Luis Rio Colorado Son. INIFAP, CEVM. Folleto Técnico No. 42.
- Andrade, V.M. 2006. Evaluación de la calidad de harinas de trigo comerciales y nativas. Dirección Académica de Recursos Naturales. Instituto Tecnológico de Sonora. Tesis de maestría. 90pp.
- Armenta, C.I., 2010. Plagas de mayor importancia presentes en el cultivo del trigo. V jornada de transferencia de tecnología del cultivo de trigo. Culiacan, Sin., (3) :31-36p.
- Basnier, R. 1990. Semillas biología y tecnología. Ediciones Mundi-prensa. España 2<sup>da</sup> Edición. 150pp.
- Borrajo, C.I. 2006. Importancia de la calidad de semillas. Curso Internacional de la ganadería Subtropical. Buenos Aires Arg. 8-12pp.
- Bnejdi F., El Gazzah M., 2008. Inheritance of resistance to yellowberry in durum wheat. *Euphytica* (163): 225 – 230p.
- Camacho, C.M., Figueroa P., Huerta J., 2001. Tarachi F2000 y ATil C2000 nuevas variedades de trigo para el noroeste de México. INIFAP, CIRNO., Folleto Técnico No.43.
- Cortés, J.J., Fuentes, G., Tamayo, L.M., 2009. Fertilización en trigo., Seminario sobre la tecnología para la producción de trigo. 18:100.
- Cortés, J.J.M., Fuentes G., Eliseo, J., Tamayo, M. 2011. Agronomía del Trigo en el sur de Sonora. 1<sup>ed</sup> INIFAP, CIRNO, CEVY. Ciudad Obregón Son. 246pp.
- Dhaliwal, H.S., Sharma, D.S., Randhawa A.S., 1986. Genetics of yellow berry in wheat (*Triticum aestivum*). Punjab Agricultural Univerity, Regional Research station. (72) 548 – 550 p.

- FAO. 2010. Perspectiva a plazo mediando de los productos básicos agrícolas. 1<sup>ed</sup>. Organización Mundial de las Naciones Unidas y la Alimentación. Roma Italia. 95pp.
- Félix, V.P., Ortiz, E.J., Fuentes G.D., Quintana, J.G. 2009. Horas frío en relación al rendimiento de trigo. 1<sup>ed</sup>. INIFAP, CIRNO. Ciudad Obregón, Son. 44pp.
- Figueroa L.P., G. Fuentes D., J.M. Cortez J. L.M. Tamayo E., P. Félix V., J.E. Ortiz E., I. Armenta C., V. Valenzuela H., G. Chavez V., J.L. Félix F. 2011. Guía para producir trigo en el sur de Sonora. SAGARPA – INIFAP – CIRNO. Campo exp. Norman Bourlaug. Folleto #39
- Figueroa, L.P., Fuentes G., Valenzuela V.I., Chávez, G. 2013. Onavas F2009 cultivar de trigo harinero para el noroeste de México. Revista mexicana de ciencias agrícolas 4 (1): 175-179p.
- Figueroa, L.P., Fuentes D.G., Valenzuela, H.V., Chávez G.V., 2010. Onavas F2009 nueva variedad de trigo harinero para el noroeste de México con resistencia a la roya de la hoja y alto potencial de rendimiento. CIRNO, INIFAP, CEVY. Libro Técnico No. 26
- Figueroa, P., Fuentes G., Valenzuela, V. 2010. Roelfs F2007 variedad de trigo harinero para el noroeste de México. 1<sup>ed</sup>. INIFAP, CIRNO, CEVY., Ciudad Obregón, Son., 26pp.
- Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario Rural Forestal y Pesquero. 2014. Panorama del Trigo. Secretaria de Hacienda y Crédito Público. 2pp.
- Financiera Rural. 2010. Monografía del trigo grano. SAGARPA. 2pp.
- Gilchrist S.L., G. Fuentes D., C. Martinez., R.M. Lopez., E. Duveiller, R.P. Singh, M. Henry, I. Garcia. 2005. Guía práctica para la identificación de algunas enfermedades de trigo y cebada. 2da edición. México, D.F. CIMMYT.
- Hernández, V.B., Alvarado, J.I., Valenzuela, J.A. 2011. Descripción de las variedades de trigo para el valle de Mexicali B.C. y norte de Sonora. INIFAP, CEVM. Folleto Técnico No. 18.
- Hernández, V.B., Alvarado, J.I., Ávila, E., Payon, S. 2010. Guía Técnica para la influencia del campo experimental valle de Mexicali 1<sup>es</sup>. CEVM, INIFAP. Mexicali B.C. 152pp.

- Hernandez V.B., Guzman R.S., Valenzuela P.J. 2010. Guía para producir trigo en los valles de Mexicali, B.C. y San Luis Rio Colorado, Son. INIFAP – CIRNO. 4 – 22 pp.
- International Seed Testing Association. 1999. International Rules for Seed Testing. Zurich, Switzerland.
- Internacional Seed Testing Association. 2007. Comprendiendo que es el vigor de la semilla. Revista Análisis de semillas. Vol. 1 (3): 44 – 46 p.
- Laco Laboratorio Agropecuario. 2005. La cosecha de trigo y su calidad. pp. 188
- López, A.G.A., 2011. Biosíntesis de almidón en trigo panadero (*Triticum aestivum*), conteniendo el desorden fisiológico panza blanca, sembrado con diferentes niveles de nitrógeno. Biotecnología en Alimentos., Universidad Autónoma de Sinaloa. Tesis de Doctorado. 126pp.
- Marassi, A.M. 2013. Germinación de semillas, cátedra de fisiología vegetal. Departamento de biología. Universidad Nacional del Nordeste. 1 – 21 pp.
- Matus B.E., 2007. Elaboración de tortillas como alternativa de uso de trigo panadero con panza blanca. Departamento de químico biológico. Universidad de Sonora. Tesis de Licenciatura. 82pp.
- Mellado, M., Barrales, L.V. 1978. Efecto de la época de siembra y dosis de nitrógeno en un cultivar de trigo de primavera (*Triticum aestivum* L.) Variaciones en calidad tamaño de grano y peso hectolitro. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 426.
- Reussi, C.N., Echeverría, H., Barbieri, P., Sainz, R.H., 2006. Nitrógeno y azufre en trigo: ¿Rendimiento y proteína?. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo., Buenos Aires, Arg. 12pp.
- Rodríguez F.F., Ramírez W.B., Torres C.P. 2014. Yellow berry, protein and agronomic characteristics in bread wheat under different conditions of nitrogen and irrigation in northwest Mexico. Paj. J. Bot., 46(1) 221-226 p.
- Roque, C.M., Arango, P.M., y Del Valle G.C. 2010. La calidad contada por la propia semilla. 4-11p.

- Solís, M.E., Díaz de León J.G., 2001 Efecto de los factores controlables de la producción sobre el rendimiento y la panza blanca del grano de trigo duro. INIFAP, CEB. Terra Volumen 19. 375-383.
- Solís, M.E., Díaz de León, T.J., 2001. Efecto de los factores controlables de la producción sobre en rendimiento y la panza blanca del grano en trigo duro. Reviste Terra. Vol. 19: 375-383p.
- Solís, M.E., J.G., Díaz de León, Z.A., Salazar, Z.A., 1995. Panza blanca del grano en trigo duro y su control. INIFAP, CEB, Despegable para Productores No. 2.
- SIAFESON. 2009. Roya lineal o Roya amarilla del trigo *Puccinia striiformis f. sp. tritici*. Sistema de alerta fitosanitaria del estado de Sonora.
- Sharma, G.C., Paul, A.D. and Bietz, J. A., 1983. Nitrogen Effects and Anatomical, Protein, and Amino Acid Characteristics of Yellow Berry in Triticale. Crop Science. (23) 699-703 pp.
- Velázquez, B.M., Fuentes, G. 2009. Germinación de la semilla de cuatro variedades de trigo (*Triticum spp. L.*) in vitro. Revista Biotecnia 11(3): 12-24.

T-160012