



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E

INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS

ALIMENTARIAS

Tesis

**INFLUENCIA DE LA VARIEDAD DE TRIGO (*Triticum aestivum*)
SOBRE LA CALIDAD PANADERA DE LA HARINA PRODUCIDA
EN LA EMPRESA ALIMENTA PERÚ S.A.C.**

PRESENTADO POR

BECERRA SOLANO ERICA ROSSELLY

TUÑOQUE SANTAMARIA YESSSENIA ELIZABETH

ASESORADO POR

Ing. CAMPOS SALAZAR CARMEN ANNABELLA

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

LAMBAYEQUE - PERU

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E

INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS

ALIMENTARIAS

Tesis

**INFLUENCIA DE LA VARIEDAD DE TRIGO (*Triticum aestivum*)
SOBRE LA CALIDAD PANADERA DE LA HARINA PRODUCIDA
EN LA EMPRESA ALIMENTA PERÚ S.A.C.**

APROBADO POR:

M.sc. Rubén Enrique Vargas Lindo
Presidente del Jurado

M.sc. Ysabel Nevado Rojas
Secretario del Jurado

Msc. Juan Francisco Robles Ruiz
Vocal del Jurado

Ing. Campos Salazar Carmen Annabella
Asesora

LAMBAYEQUE - PERU

2018

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCION.....	xv
I. FUNDAMENTO TEÓRICO	1
1.1. El Trigo	1
1.1.1. Producción de trigo en el Perú y el Mundo	1
1.1.2. Demanda de trigo en el Perú y en el Mundo	5
1.1.3. Clasificación taxonómica	5
1.1.4. Morfología del trigo.....	7
1.1.4.1. Raíz.....	7
1.1.4.2. Tallo.....	10
1.1.4.3. Hojas.....	10
1.1.4.4. Inflorescencia.....	10
1.1.4.5. Granos.....	10
1.1.5. Estructura y composición del grano del trigo	10
1.1.5.1. El salvado	11

1.1.5.2.	El endospermo	11
1.1.5.3.	El Germen.....	11
1.1.6.	Clasificación de Trigo y sus variedades	14
1.1.6.1.	Clasificación de acuerdo a la época de siembra	14
1.1.6.2.	Clasificación de acuerdo al color del grano.....	14
1.1.6.3.	Clasificación de acuerdo a su aptitud panadera.....	14
1.1.6.4.	Clasificación del trigo en EE.UU	17
1.1.6.5.	Clasificación del trigo en Canadá.....	17
1.1.6.6.	Clasificación de trigo argentino.....	17
1.1.6.7.	Clasificación del trigo en el Perú.....	23
1.1.7.	Parámetros de calidad de las variedades CWRS y HRW	23
1.2.	Harina de trigo	23
1.2.1.	Composición química de la Harina	26
1.2.1.1	Almidón	26
1.2.1.2	Proteínas	29
1.2.1.3	Azúcares	31
1.2.1.4	Vitaminas.....	31
1.2.1.5	Minerales	31
1.2.2.	Proceso productivo de la harina	34
1.2.2.1.	Recepción	34
1.2.2.2.	Limpieza	34
1.2.2.3.	Acondicionamiento.....	34
1.2.2.4.	Molienda y Cribado	35

1.2.2.5.	Tamizado	35
1.2.2.6.	Incorporación de Aditivos	35
1.2.2.7.	Embolsado	35
1.2.2.8.	Almacenamiento	36
1.2.3.	Calidad del grano de trigo y de la harina	36
1.2.3.1.	Porcentaje de Humedad	36
1.2.3.2.	Peso hectolitro	38
1.2.3.3.	Contenido de proteínas	38
1.2.4.	Calidad Panadera de la harina	38
1.2.4.1.	Análisis consistográfico.....	39
1.2.4.2.	Análisis farinográfico	40
1.2.4.3.	Análisis Alveográfico	41
1.2.4.4.	Falling Number.....	41
II.	MATERIALES EQUIPOS Y METODOS	43
2.1.	Lugar de ejecución	43
2.2.	Materiales y equipos	43
2.3.	Métodos de análisis	45
2.3.1.	Población.....	45
2.3.2.	Muestra.....	45
2.3.3.	Métodos para el Análisis fisicoquímico del trigo y la harina	45
2.3.4.	Método para el Análisis Reológico.....	49
2.3.5.	Análisis estadístico de los datos	49

2.3.6.	Análisis descriptivo de los datos	49
III.	RESULTADOS.....	50
3.1.	Resultados de los análisis fisicoquímicos de los trigos	50
3.2.	Resultados de los análisis fisicoquímicos de las harinas.....	50
3.3.	Resultados del análisis reológico de las harinas	50
IV.	DISCUSIONES	58
V.	CONCLUSIONES.....	64
VI.	RECOMENDACIONES	65
VII.	ANEXOS	66
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	74

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme permitido llegar hasta este momento, a mis padres por todo su esfuerzo y determinación para apoyarme en todo este proceso, a mí maestra y asesora Carmen Campos, por habernos orientado y guiado para culminar este proyecto.

Erica Rosselly Becerra Solano

Este trabajo de investigación va dedicado en primer lugar a mis padres por el apoyo constante que me brindan, en segundo lugar a mi hijo porque es fuente de inspiración para culminar este proyecto, a mi compañero de la vida, a mis hermanos, a mi maestra por el asesoramiento brindado, todos ellos sumaron para culminar este proyecto.

Yessenia Elizabeth Tuñoque Santamaria

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Empresa Alimenta Perú SAC, quien nos permitió llevar a cabo la investigación en su planta Industrial, a Granotec Perú, al Programa de Cereales de la Universidad Agraria La Molina, quienes respectivamente nos brindaron sus laboratorios para realizar los análisis.

A nuestra asesora Ing. Carmen, quien incondicionalmente nos brindó su ayuda y tiempo durante todo este tiempo.

Érica Rosselly Becerra Solano

Yessenia Elizabeth Tuñoque Santamaria

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Producción mundial de trigo.....	4
Figura 2. Espiga de una planta de trigo.....	6
Figura 3. Etapas de crecimiento y desarrollo de la planta de trigo.	9
Figura 4. Estructura de un grano de trigo. Recuperado de.....	12
Figura 5. Harina de trigo. Recuperado de	25
Figura 6. Segmento de la estructura de amilosa y amilopectina.....	28
Figura 7. Diagrama de flujo para la obtención de harina para panificación.	37

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Producción de trigo por región, 2015-2016	2
Tabla 2. Producción Mundial de Trigo.....	3
Tabla 3. Clasificación botánica del Trigo	8
Tabla 4. Composición química de las partes del grano de trigo (% materia seca)	13
Tabla 5. Clasificación del trigo por color	15
Tabla 6. Diferencias entre trigo duro y blando	16
Tabla 7. Características y Aplicaciones de las variedades de trigo Americano	18
Tabla 8. Características y aplicaciones de las variedades de trigo Canadiense	20
Tabla 9. Variedades de trigo argentino, según su grupo	22
Tabla 10. Parámetros de calidad de las variedades de trigo: CWRS-HRW	24
Tabla 11. Componentes de la harina de trigo	27
Tabla 12. Proteínas de la harina de trigo presentes en las fracciones de Osborne.....	30
Tabla 13. Vitaminas presentes en la harina de trigo por cada 100 gramos	32
Tabla 14. Minerales presentes en la harina blanca de trigo	33
Tabla 16. Equipos que se utilizan en los análisis	44
Tabla 17. Análisis físicoquímicos aplicados al trigo y harina de las variedades en estudio	46
Tabla 18. Matriz del Diseño Completamente al Azar.....	48
Tabla 19. Resultados de la HTR de las dos variedades de trigo.....	52
Tabla 20. Resultados de la HTA de las dos variedades de trigo	52
Tabla 21. Resultados del PH de las dos variedades de trigo	52
Tabla 22. Resultados de la HA de las dos variedades de harina	53

Tabla 23. Resultados del GH de las dos variedades de harina	53
Tabla 24. Resultados del IG de las dos variedades de harina	53
Tabla 25. Resultados del FN de las dos variedades de harina.....	54
Tabla 26. Resultados promedios de los análisis fisicoquímicos	54
Tabla 27. ANOVA para los análisis Fisicoquímicos de las variedades de trigo	55
Tabla 28. Resultados de los Análisis reológicos de dos variedades de trigo.....	57

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Norma del Codex para harina de trigo	66
Anexo 2. Métodos empleados en los análisis fisicoquímicos y reológicos	69
Anexo 4. Equipos utilizados en el laboratorio	70
Anexo 5 . Muestras de harina de Trigo-variedad HRW y CWRS	71
Anexo 6 . ANOVA de los fisicoquímicos de las dos variedades de trigo y harina ...	72

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la influencia de la variedad de trigo en la calidad panadera, de la harina obtenida en la empresa Alimenta Perú SAC, de las variedades de trigo rojo de primavera, con sus siglas en inglés CWRS de origen canadiense y trigo rojo duro de invierno, por sus siglas en inglés HRW de origen americano.

Debido a que la demanda en la región es principalmente de harina para panificación y son dichas variedades las que moltura la empresa durante el año, es que nace la necesidad de evaluar la calidad panadera de las variedades más molturadas y son CWRS y HRW.

En los análisis fisicoquímicos realizados se hallaron para los valores de humedad de trigo recepcionado (HTR) 11,4 y 11,9%, para humedad en el trigo acondicionado (HTA) 15,79 y 15,82%, humedad de la harina (HA) 13,9 y 13,87%, peso hectolitro (PH) de 81,25 y 79,47 kg/hl, gluten húmedo (GH) de 38,06 y 35,70%, índice de gluten (IG) de 98,11 y 98,75% y Falling number (FN) de 482,67 y 508,64 segundos correspondiente a las variedades CWRS y HRW, respectivamente. El análisis de varianza-ANOVA a un nivel de significancia del 5%, determina que hay diferencia significativa para la HTR, el PH y el FN entre las dos variedades de trigo.

En los análisis reológicos realizados en el consistograma, se obtuvieron los valores para la HYDHA b15 de 55,60 y 25,40%, PrMax de 2117,00 y 2292,00 Mb, TPrMax 126,00 y 122,00 s, Tol 212,00 y 172,00 s, D250 de 360,00 y 533, 00 Mb, D450 de 789,00 y 1023,00 Mb y Wac b15 57,70y 55,70%, y en el alveograma valores de

tenacidad (P) de 77,00 y 78,00mm, extensibilidad (L) de 98 y 87,00mm, fuerza (W) 286,001 y 274,0010E-4J, relación P / L 0,79 y 0,90 % correspondiente a las variedades CWRS y HRW respectivamente.

Según los resultados de la investigación en las variedades CWRS y HRW se determina que la variedad de trigo empleado en la producción de harina si influye sobre la calidad panadera de la misma.

Palabras clave: Calidad panadera, harina de trigo, variedad CWRS, variedad HRW.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the influence of the wheat variety in the bakery quality, of the flour obtained in the company Alimenta Perú SAC, of the varieties of red wheat of spring, with its abbreviations in English CWRS of Canadian origin and hard winter red wheat, for its acronym in English HRW of American origin.

Because the demand in the region is mainly flour for baking and these varieties are the ones that grind the company during the year, the need arises to evaluate the quality of the most milled varieties and they are CWRS and HRW.

In the physicochemical analyzes carried out, 11.4 and 11.9% were found for the values of moisture of wheat received (HTR), for humidity in conditioned wheat (HTA) 15.79 and 15.82%, humidity of the flour (HA) 13.9 and 13.87%, hectolitre weight (PH) of 81.25 and 79.47 kg / hl, wet gluten (GH) of 38.06 and 35.70%, gluten index (GI) of 98.11 and 98.75% and Falling number (FN) of 482.67 and 508.64 seconds corresponding to the CWRS and HRW varieties, respectively. The analysis of variance-ANOVA at a level of significance of 5%, determines that there is a significant difference for the HTR, the PH and the FN between the two wheat varieties.

In the rheological analyzes performed in the consistogram, the values for the HYDHA b15 were obtained of 55.60 and 25.40%, PrMax of 2117.00 and 2292.00 Mb, TPrMax 126.00 and 122.00 s, Tol 212 , 00 and 172.00 s, D250 of 360.00 and 533, 00 Mb, D450 of 789.00 and 1023.00 Mb and Wac b15 57.70 and 55.70%, and in the alveogram, tenacity values (P) of 77.00 and 78.00mm, extensibility (L) of 98 and 87.00mm, force (W) 286.001 and 274.0010E-4J, ratio P / L 0.79 and 0.90% corresponding to the CWRS varieties and HRW respectively.

According to the results of the research in the varieties CWRS and HRW it is determined that the variety of wheat used in flour production does influence the bakery quality of the same.

Keywords: Bakery quality, wheat flour, variety CWRS, variety HRW.

INTRODUCCION

La harina panadera forma parte del grupo de alimentos que han construido la base de la alimentación de todas las civilizaciones (Martínez *et al.*, 2007), El Departamento de Agricultura de Estados Unidos – USDA, señaló que la producción mundial de trigo en las campaña 2015/2016 fue de 735.49 millones de toneladas, teniendo como principal productor a la Unión Europea, con una producción de 160 012 000 Toneladas métricas (Tm) seguido de la India una cifra de producción de 86 530 000 toneladas, en la región el mayor productor es Argentina.

Perú en su mayoría cubre su demanda con trigo importado; siendo los países de los que más se importa Canadá, con sus variedades: Canadian Wester Red Spring (CWRS), Canadian Wester Amber Durum Wheat (CWAD), Canadian Prairie Spring Red Wheat (CPSR) y Canadian Wester Red Winter Wheat (CWRW); Estados Unidos (EE.UU), con sus variedades: Hard Red Winter (HRW), Hard Red Spring (HRS), Soft Red Winter (SRW), Soft White (SW), Hard White(HW) y Durum y Argentina que tiene como variedades de mayor exportación a buck poncho, buck pronto, buck panadero, klein delfín y Caudillo. Este trigo importado es empleado para la producción de harina panadera, galletera, etc.

Alimenta Perú es una empresa que está importando trigo de Canadá y estados Unidos, en sus variedades CWRS y HRW respectivamente, en la que se determinó la influencia sobre la calidad panadera realizando análisis en grano y harina de trigo para las variedades CWRS y HRW, para lo cual se obtuvieron muestras del trigo recepcionado, trigo acondicionado y harina. En las muestras de trigo se analizó el %

humedad y % de peso hectolitro, en las muestras de harina se determinó % de humedad, % de gluten húmedo, % de índice de gluten y % de falling number, siendo todas esas características fisicoquímicas y trabajadas con tres repeticiones.

El Wheat Marketing Center (2015), cita a las características fisicoquímicas como principales a ser determinadas para caracterizar y establecer diferencias entre variedades, mencionando así la determinación de gluten húmedo, el cual se expresa como porcentaje y debe ser de 35% para trigos ricos en proteínas y gluten fuerte y 23 % para trigo bajo en proteínas y gluten débil, se tienen también el porcentaje de índice de gluten que es 0% si en el momento de realizar el análisis todo el gluten pasa por el tamiz y es 100 % si no pasa nada; para Triboi (2000), el porcentaje de proteína presente en la harina es de mucha importancia para determinar la calidad panadera, está constituye fuerza potencial de la harina, porque demuestra la capacidad de expansión del gluten por medio de la gasificación producida por la levadura en contacto con los azúcares.

Según el Departamento de Agricultura de los EEUU (2015), si el falling number arroja valores de 90-150 segundo(s) son harinas con exceso de alfa –amilasa, 220 -280 s harinas con optimo comportamiento para panificación y de 400 -650 s son harinas de regular comportamiento, mide indirectamente la actividad enzimática presente en la harina. Asimismo, la Asociación Argentina de productores de trigo (2014), señala que los análisis reológicos son de mucha importancia determinar para establecer diferencia, se tiene así al alveógrafo el cual registra la resistencia que la masa opone a una acción mecánica constante en unas condiciones de prueba invariables. En cambio

el consistógrafo, tiene como principio de funcionamiento medir la presión de una masa de harina, que va directamente ligada al potencial de absorción del agua por la harina y permite así determinar la hidratación adaptada, denominada HYDHA

La Industria Molinera a nivel mundial en la campaña 2016/2017 alcanzó una producción de 18,4 millones de toneladas de trigo, en el Perú la demanda anualmente alrededor de 1,5 millones de toneladas métricas (Tm) de trigo, siendo cubiertos más del 90 por ciento por las importaciones, señala el Scotiabank (2016). Asimismo, menciona que el mercado de harinas industriales registró ventas de 1.1 millones de TM anuales, de esta cantidad cerca de 700 mil Tm se destina a la industria panificadora. Esta industria en el Perú está comprendida por 18 empresas, siendo Alimenta Perú SAC, la única planta procesadora instalada en Chiclayo-Monsefú, la cual procesa trigo importado de Canadá y EE.UU.

El 2015 el diario la Republica en su nota “Construyen planta harinera para frenar sobre costo de productos”, indicó que en Chiclayo existe una demanda en el mercado por la harina de trigo, que es utilizada como insumo en la elaboración de diferente productos, por lo que Alimenta Perú SAC ofrece un producto de calidad y a precio competitivo, para ello moltura trigo de variedades Canadiense, Americano y Argentino, según la oferta; sin embargo la necesidad de demanda de la empresa es harina para la industria panadera, nace en ello la necesidad de evaluar la calidad panadera de las variedades más molturadas y son CWRS y HRW.

Alimenta Perú SAC, como empresa comprometida con la región, busca mediante esta investigación establecer la influencia de las variedades de trigo (CWRS y HRW) sobre

la calidad panadera, siendo los objetivos específicos determinar las características fisicoquímicas del trigo y de las harinas obtenidas en la empresa Alimenta Perú S.A.C., así como las reológicas de las harinas, para ello se aplicó una investigación de naturaleza descriptiva para determinar el comportamiento de las variedades antes mencionadas.

I. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. El Trigo

1.1.1. Producción de trigo en el Perú y el Mundo

Según el Instituto Nacional de Innovación Agraria –INIA (2010), el trigo fue introducido por los españoles en forma casual alrededor del año 1540, La Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas del Ministerio de Agricultura y Riego, a través de su Dirección de Estadística Agraria, en cooperación con las oficinas estadísticas agrarias regionales conformantes del Sistema Integrado de Estadística Agraria - SIEA(2015), presentan las variables productivas de trigo categorizado por región, que se ilustra en la Tabla 1.

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos - USDA (2016), indicó que la producción mundial de trigo en el periodo de 2015/2016 fue de 735.49 millones de Tm. En la Tabla 2 se indica la producción en toneladas de los principales países productores de trigo, cuya ilustración se aprecia en la Figura 1, el principal productor es la Unión Europea, con una producción de 160 012 000 Tm seguido de la India una cifra de producción de 86 530 000 Tm, con una campaña al año, que se siembra en octubre y se cosecha entre marzo y abril, se aprecia que el país con menor producción mundial es a Rusia, sin embargo la USDA pronostica que en el año 2017 será el mayor productor de trigo a nivel mundial, los productores rusos han logrado ganar una parte del mercado, donde tradicionalmente reinaban las compañías de EEUU.

Tabla 1
Producción de trigo por región, 2015-2016

Región	Superficie cosechada (ha)				Producción (Tm)				Rendimiento (Tm/ha)			Precio al productor (S/ t)		
	2015	2016	Var. %	Part % 2016	2015	2016	Var. %	Part % 2016	2015	2016	Var. %	2015	2016	Var. %
Nacional	138 357	127 180	-8	100	214,849	191 108	-11	100	2	2	-3	1 505	1 567	4
Amazonas	531	474	-11	0	572	476	-17	0	1	1	-7	1 688	1 783	6
Ancash	15 707	12 262	-22	10	15 874	11 982	-25	6	1	1	-3	1 959	1 999	2
Apurímac	4 442	4 761	7	4	7 013	7 338	5	4	2	2	-2	1 397	1 778	27
Arequipa	2 354	1 638	-30	1	16 284	11 388	-30	6	7	7	1	1 412	1 419	1
Ayacucho	10 157	8 655	-15	7	12 551	9 711	-22	5	1	1	-9	1 767	1 681	-5
Cajamarca	28 057	28 344	1	22	30 065	27 697	-8	14	1	1	-9	1 333	1 449	9
Cusco	10 141	10 338	2	8	17 981	17 871	-1	9	2	2	-3	1 722	1 727	0
Huancavelica	4 637	4 318	-7	3	6 762	6 614	-2	3	1	2	5	1 063	1 171	10
Huánuco	10 349	7 746	-25	6	13 909	8 332	-40	4	1	1	-20	1 712	1 865	9
Ica	50	52	4	0	93	88	-6	0	2	2	-9	1 893	1 562	-17
Junín	5 388	5 164	-4	4	12 947	11 673	-10	6	2	2	-6	1 347	1 695	26
La Libertad	29 845	28 704	-4	23	62 931	59 663	-5	31	2	2	-1	1 504	1 501	0
Lambayeque	1 700	1 473	-13	1	1 378	1 550	12	1	1	1	30	1 036	1 270	23
Lima	248	143	-42	0	353	212	-40	0	1	1	4	2 041	2 042	0
L.Metropolitana	3	2	-33	0	23	15	-33	0	8	8	0	1 350	1 350	0
Moquegua	71	66	-7	0	79	73	-8	0	1	1	-1	2 495	2 744	10
Pasco	266	202	-24	0	366	247	-32	0	1	1	-11	2 025	2 155	6
Piura	12 952	11 318	-13	9	13 953	14 490	4	8	1	1	19	1 179	1 370	16
Puno	1 447	1 501	4	1	1 672	1 598	-4	1	1	1	-8	1 479	1 423	-4
Tacna	14	19	36	0	42	53	26	0	3	3	-7	1 400	1 455	4

Nota: SIEA (2015).

Tabla 2 *Producción Mundial de Trigo*

País	Producción(Tm)
Unión Europea	160 012 000
China	30 190 000
India	86 530 000
Rusia	1 044 000
Otros	6 745 000
Estados Unidos	56 117 000
Canadá	27 594 000
Ucrania	27 274 000
Pakistán	25 100 000
Australia	24 500 000
Turquía	19 500 000
Irán	15 000 000
Kazajstán	13 748 000
Argentina	11 300 000
Egipto	8 100 000
Uzbekistán	7 200 000
Brasil	5 540 000

Nota: USDA (2016)

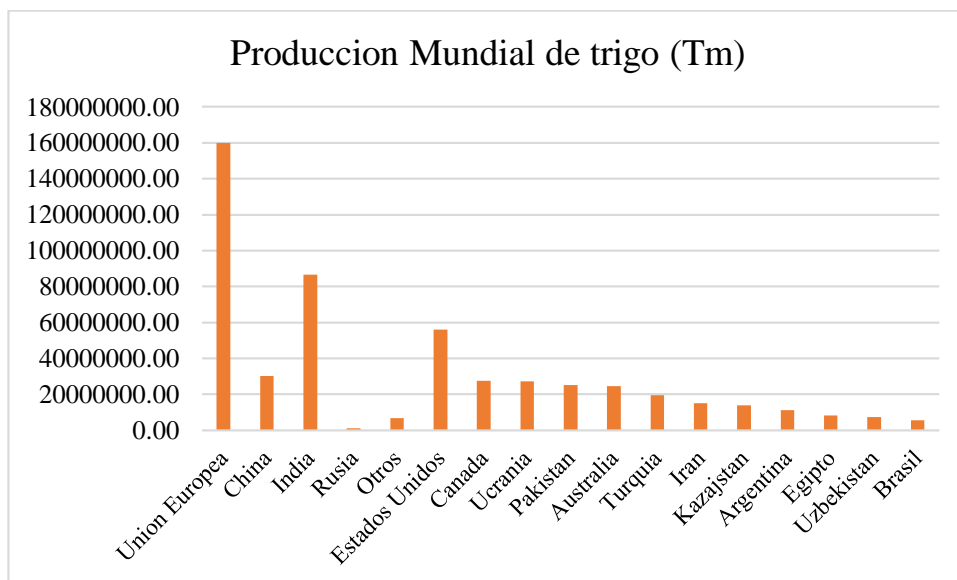


Figura 1. Producción mundial de trigo. Recuperado de USDA (2016)

1.1.2. Demanda de trigo en el Perú y en el Mundo

Scotiabank Perú (2016), informa sobre la demanda de trigo en el Perú, es cubierta casi en su totalidad la Industria Molinera, que requiere dos millones de toneladas métricas de trigo por año, siendo abastecido por importaciones (alrededor del 90% del total), y que del trigo producido en el país, sólo una pequeña parte se destina a la industria molinera.

La industria está compuesta por alrededor de 20 empresas a nivel nacional, y las empresas más importantes son Alicorp y Molinera Inca, ambas pertenecientes al Grupo Romero. Otras empresas importantes son Molitalia, Cogorno, Anita Food, Industrias Teal, Compañía Molinera del Centro (que junto a Panadería San Jorge y GN son parte del grupo Salomón), Molino El Triunfo y Agroindustria Santa María.

FAO (2015), estima que la utilización total de trigo aumentará en alrededor de 1,3 % anual, debido principalmente al crecimiento registrado en los países en desarrollo, y al incremento de la demanda prevista en las economías en transición. El consumo humano directo continúa representando el porcentaje mayor de la utilización total de trigo, principalmente en los países en desarrollo.

1.1.3. Clasificación taxonómica

El trigo es una planta herbácea, su sistema radical es adventicio. El tallo o caña es verde, rígido, formado por nudos y entrenudos, como se detalla en la Figura 2. Las hojas son envainadoras que nacen de los nudos, acintadas. El fruto es una cariópseide con un solo grano, que es la semilla caracterizada por una hendidura longitudinal en la parte central, compuesta por el embrión y el endospermo (Hoffman, 2010).



Figura 2. Espiga de una planta de trigo. Recuperado de: (MINAGRI ,2015).

La clasificación taxonómica se detalla en la Tabla 3, se tiene así que pertenece a la familia Poaceae, es decir una planta gramínea de clase *Liliopsida*, genero *Triticum*.

1.1.4. Morfología del trigo

Todos los cereales disponen de un sistema radicular que está compuesto por raíces primarias o seminales y por raíces secundarias o adventicias. Las raíces primarias varían en número según la especie de cereal, por ejemplo en el caso del trigo es en torno a 5 o 6 y de 3 a 4 en la avena, y son funcionales desde la emergencia hasta el comienzo del ahijado. Las raíces secundarias nacen del nudo de ahijamiento, apareciendo cuando la planta emite sus tallos, para sustituir a las raíces primarias y cesando su emisión al iniciarse el encañado, aunque a veces puede prolongarse a fases posteriores (Iñigo, 2010).

Dicho autor, indica que el trigo es un cereal denominado carióspside, con una longitud en término medio de 8mm, con un peso de 35mg. El tamaño varía ampliamente según la variedad, en la Figura 3 se muestra un esquema detallado de la morfología del trigo, conformada por raíz, hojas, tallos, Inflorescencia y granos, mismas que Iñigo señala líneas abajo.

1.1.4.1. Raíz

El trigo posee una raíz fasciculada o raíz en cabellera, es decir, con numerosas ramificaciones, las cuales alcanzan en su mayoría una profundidad de 25 cm, llegando algunas de ellas hasta un metro de profundidad.

Tabla 3
Clasificación botánica del Trigo

Clasificación botánica del Trigo	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Subclase	<i>Commelinidae</i>
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Genero	<i>Triticum</i>
Especie	<i>Vulgare, aestivum, durum, etc</i>
Nombre científico	<i>Triticum vugare L., Triticum aestivum L.</i>

Nota: MINAGRI (2015).

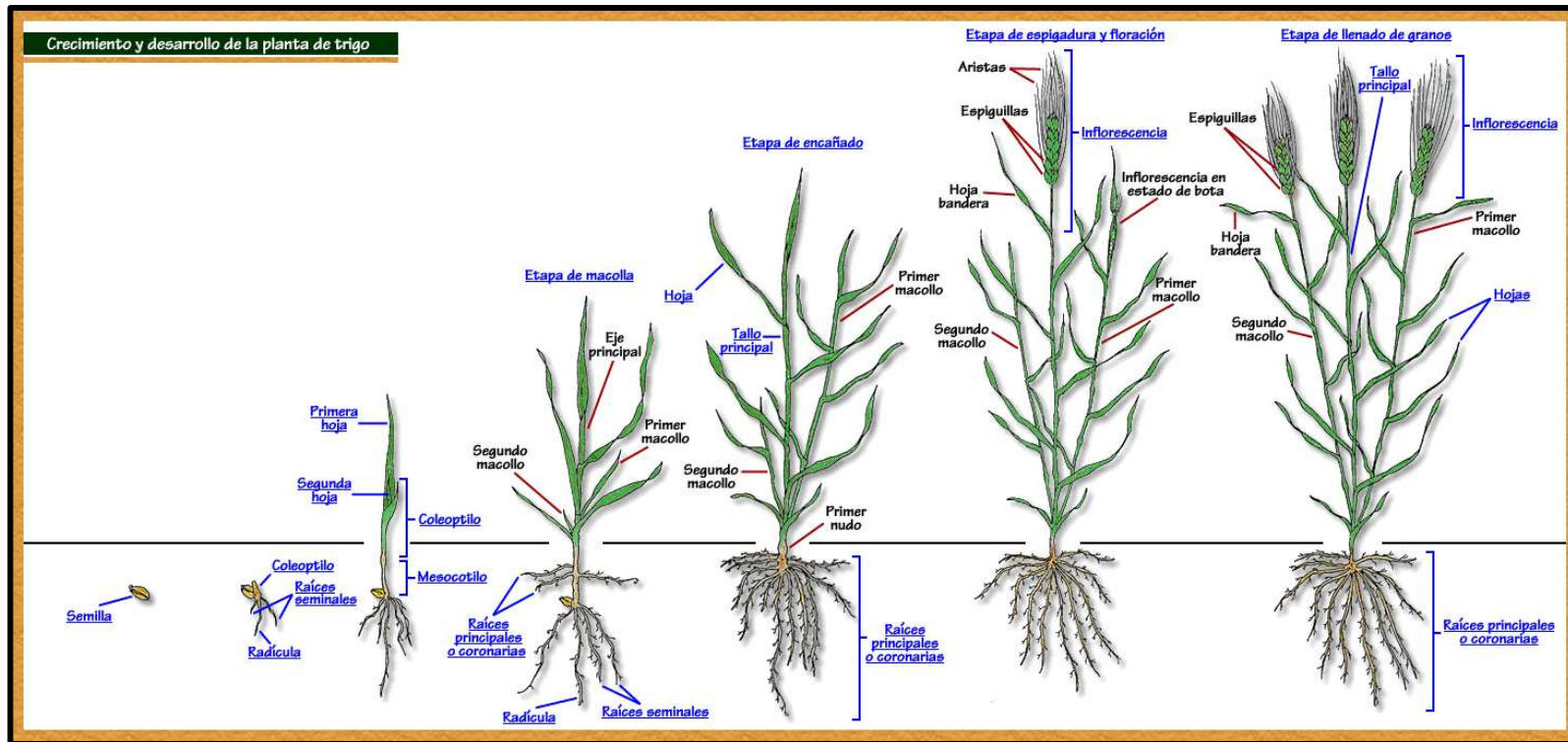


Figura 3. Etapas de crecimiento y desarrollo de la planta de trigo. Recuperado de (USDA, 2015)

1.1.4.2. Tallo

El tallo del trigo, de tipo herbáceo, es una caña hueca con 6 nudos que se alargan hacia la parte superior, alcanzando entre 0.5 a 2 metros de altura, es poco ramificado.

1.1.4.3. Hojas

Las hojas del trigo tienen una forma linear-lanceolada (alargadas, rectas y terminadas en punta) con vaina, lígula y aurículas bien definidas.

1.1.4.4. Inflorescencia

La inflorescencia es una espiga compuesta por un raquis (eje escalonado) o tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas de 20 a 30 espiguillas en forma alterna y laxa o compacta, llevando cada una nueve flores, la mayoría de las cuales abortan, rodeadas por glumas, glumillas o glumelas, lodículos o glomélulas.

1.1.4.5. Granos

Los granos de trigo son redondeados en la parte dorsal y posee una ranura a lo largo de la parte ventral. La ranura abarca aproximadamente toda la longitud del grano, penetra casi hasta al centro. Los dos laterales pueden llegar a tocarse ocultándose así la verdadera profundidad de la ranura, que no solamente representa dificultad para que el molinero separe el salvado del endospermo con un buen rendimiento, sino que también un buen escondite para microorganismos y esporas de hongos provenientes de la amplia microflora del campo.

1.1.5. Estructura y composición del grano del trigo

La estructura del grano de trigo está formado por: salvado, endospermo y germen.

En la Figura 4 se puede apreciar las estructuras del trigo antes mencionadas, en cada una de estas fracciones se encuentra los diferentes compuestos químicos que forman el grano, como se detalla en la Tabla 4 (Forero, 2015).

1.1.5.1. El salvado

Es la parte externa, sirve de cubierta protectora y constituye el 14,5% del grano, está formado por una capa externa y otra interna. La externa recibe el nombre de pericarpio, la parte interna está compuesta por la testa que contiene los pigmentos que dan el color rojo a las variedades rojas. El pericarpio es removido durante la molienda, sus capas interiores (testa, epistermo, aleurona) se remueven más fácilmente que las exteriores (epidermis, epicarpio, celdas transversales, endocarpio) ya que tienen una contextura más firme debido a su alto contenido de fibra (Forero, 2015).

1.1.5.2. El endospermo

Constituye el 83% del grano de trigo y es la parte que se transforma en harina, contiene gránulos de almidón (64%) embebidos de una matriz proteica. Las proteínas (8-16 %) de mejor calidad se obtienen del centro del grano y en su exterior del endospermo se concentra la materia mineral (Forero, 2015).

1.1.5.3. El Germen

Es la menor parte en el grano de trigo, constituye el 2,5% rico en vitaminas del grupo B y E, y también contiene grasas, proteínas y minerales (Iñigo, 2010).

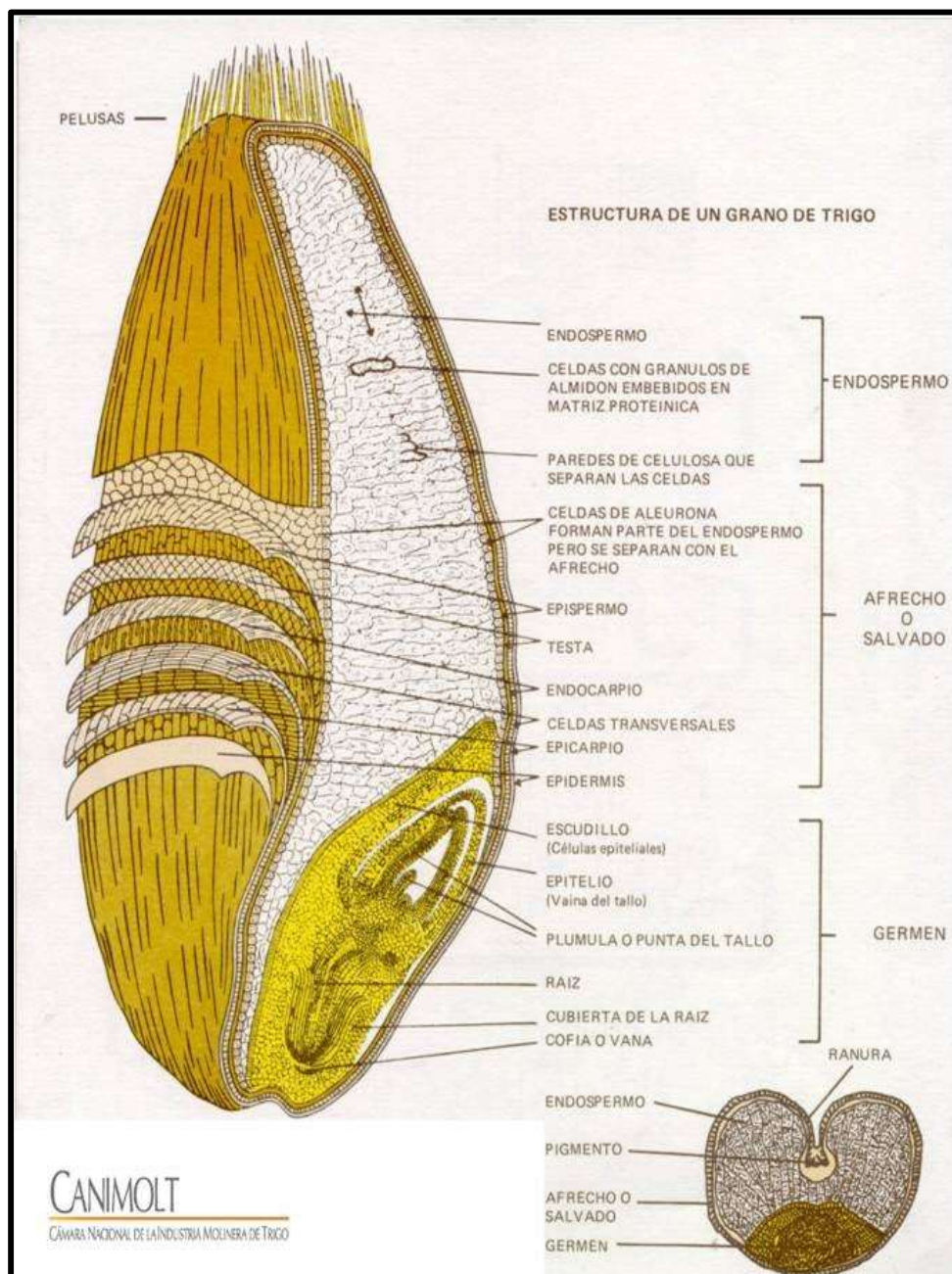


Figura 4. Estructura de un grano de trigo. Recuperado de (CANIMOLT, 2017)

Tabla 4

Composición química de las partes del grano de trigo (% materia seca)

Parte del grano (% de la masa del grano)	Proteínas	Materias minerales	Lípidos	Celulosa	Hemicelulosas	Almidón
Pericarpio (4%)	7 - 8	3 - 5	1	25 - 30	35 - 43	0
Tegumento seminal (1%)	15 - 20	10 - 15	3 - 5	30 - 35	30 - 35	0
Epidermis nuclear envuelta proteica (7-9%)	30 - 35	6 - 15	7 - 8	6	6	10
Germen (3%)	35 - 40	5 - 6	15	1	1	20
Endospermo (82-85%)	8 - 13	0.35 - 0.60	1	0.3	0.3	70 - 85
Grano entero (100%)	10 - 14	1.6 - 2.1	1.5 - 2.5	2.3	2.3	60 - 70

Nota: Ferreras (2009).

1.1.6. Clasificación de Trigo y sus variedades

El USDA (2016), señala que cada país cuenta con distintas clases y variedades, dentro de cada clase pueden existir múltiples variedades de no sub dividirse en variedades esta pasa automáticamente a ser una variedad.

1.1.6.1. Clasificación de acuerdo a la época de siembra

Respecto a la época de siembra, los trigos se clasifican en:

-Trigos de invernales: Se siembra en otoño, durante la etapa de frío invernal se pone en estado durmiente y se cosecha en el siguiente verano.

-Trigos de Primavera; se siembra en primavera, crece en verano y se cosecha al final del invierno. Son aptos para lugares en donde se padecen inviernos muy rigurosos, tales como las praderas canadienses o las estepas rusas (USDA, 2016.)





1.1.6.2. Clasificación de acuerdo al color del grano

De acuerdo al color del grano según el USDA (2016), se clasifican en rojo, blanco, ámbar y amarillo dependiendo esto de la variedad, en la Tabla 5 se aprecia las características de cada uno.

1.1.6.3. Clasificación de acuerdo a su aptitud panadera

Antonini (2012), los trigos se clasifican en duros y blandos de acuerdo a su aptitud panadera, cada una de estas clasificaciones tiene diferentes características que se detalla en la Tabla 6.

Tabla 5
Clasificación del trigo por color

Clase		Características
	Trigo rojo	Contiene el porcentaje más alto de proteínas, lo que lo convierte en un excelente trigo para fabricar pan, con características molineras y de horneados superiores.
	Trigo blanco	Se manipula genéticamente a partir de trigo rojo, tiene un contenido de proteína moderado, este trigo se utiliza más para la elaboración de panes blancos y pastas.
	Trigo ámbar	Son trigos duros, de contenido proteico moderado, son utilizados mayormente para la elaboración de pastas.
	Trigo amarillo	Se caracteriza por tener un tipo de grano muy duro, un gluten fuerte y tenaz, se usa en la industria para elaboración de pastas alimenticias, tales como espagueti, macarrones, sopas secas,

Nota: USDA (2016).

Tabla 6
Diferencias entre trigo duro y blando

Trigos duros	Trigos blandos
Poseen características superiores para la molinería y tienen en general alto contenido de proteína.	Poseen un gluten más débil por lo que no es apto en panificación.
Permite una elevada absorción de agua, lo que le hace recomendable para productos de panificación.	Es apta para elaborar galletitas y bizcochuelos.
La harina que producen es gruesa, compuesta por partículas de forma regular.	La harina derivada de estos trigos es más fina y está compuesta por fragmentos irregulares de células del endospermo.
Fuente: Antonini (2012).	

1.1.6.4. Clasificación del trigo en EE.UU

El trigo es el principal grano de exportación y consumo en los Estados Unidos. Este cereal se cultiva en dos estaciones: invierno y primavera.

Las características principales tenidas en cuenta son: Época de siembra (Invierno/Primavera), dureza (duro/blando), color (rojo/blanco). Las clases y variedades de trigo Americano se detallan en la Tabla 7 (USDA, 2016.)

1.1.6.5. Clasificación del trigo en Canadá




El Canadian International Grains Institute- CIGI (2016), informó que el sistema canadiense es uno de los más complejos y a su vez eficiente en cuanto a clasificación de trigo por su calidad, el reconocimiento es visual de cada clase. Las variedades de trigo, propiedades y aplicaciones se detallan en la Tabla 8.

1.1.6.6. Clasificación de trigo argentino

Argentina modifica la clasificación de trigo anualmente debido a la alta interacción genotipo-ambiente para la calidad industrial en este caso el INTA (2016), muestra una clasificación de la cosecha 2015-2016 de acuerdo a su calidad panadera se tiene así una categorización de las clases en tres Grupos de Calidad Panadera, **grupo 1, grupo 2, grupo 3**, en la Tabla 9 se detalla las variedades de cada grupo.

Tabla 7

Características y Aplicaciones de las variedades de trigo Americano

Variedad	Características y Aplicaciones
 <p>Hard Red Winter (HRW)</p>	<p>Es la variedad de mayor proporción en las exportaciones de EE.UU y es por ende la variedad que más se produce y exporta (representa aproximadamente el 40 % del total de exportado).El contenido de proteínas es moderadamente alto, entre el 11 y el 12 %.Presenta buenas propiedades molineras y panaderas, se emplea principalmente para la elaboración de panes y panecillos.</p>
 <p>Hard Red Spring (HRS)</p>	<p>Este trigo es sembrado en primavera y es un importante trigo para panificación, tiene de 13 a 14% de contenido proteico. Se utiliza para la fabricación de pan de molde, masas para pizza, croissants, pizza y panecillos.</p>
 <p>Soft Red Winter (SRW)</p>	<p>Es un trigo de muy buen rendimiento pero de un contenido de proteínas relativamente bajo (aproximadamente el 10 %).Se emplea para la producción de panes chatos, pastelería y galletitas.</p>



Soft White (SW)

Es un trigo de baja proteína, pero de alto rendimiento. EE.UU ha sido también pionero en la implementación de un sistema de inspección de trigos para facilitar la compra y venta de sus granos, tanto en el mercado doméstico como en el extranjero, es el preferido para panes sin levadura, pastelería, galletas y fideos chinos.



Hard White

Es la variedad más recientemente incorporada a los trigos de los estados unidos. Es estrechamente vinculada a los trigos rojos, dado que posee similares propiedades molineras y panaderas y un sabor ligeramente más dulce. Es usado Principalmente en panes de levadura, panecillos, tortillas y noodles orientales.






Durum

Es el más duro de los trigos estadounidenses, y generalmente el que presenta menores volúmenes de exportación, comprendiendo menos del 5 % de las exportaciones de EE-UU. Se lo utiliza para la elaboración de semolines y pastas.

Nota: U.S Wheat Associates (2015).

Tabla 8

Características y aplicaciones de las variedades de trigo Canadiense

Variedad	Características y aplicaciones
 <p>Canadian Wester Red Spring (CWRS)</p>	<p>Es de alto peso hectolitro, alto rendimiento en el molino con poca pérdida de proteínas, con tenacidad del gluten resistente pero suave y alto nivel de absorción de agua. Ideal para la producción de panes de molde de mucho volumen, con buena tolerancia al amasado, se utiliza mucho en la producción de fideos frescos debido a su excelente textura y color y aspecto más brillante.</p>
 <p>Canadian Wester Amber Durum Wheat (CWAD)</p>	<p>Es de alto contenido proteico, excelente contenido de pigmento amarillo que da una semolina con un color amarillo vivo, tiene gluten tenaz y extensible. Demuestra alta capacidad de absorción, La pasta de excelente calidad culinaria incluyendo una excelente firmeza, ofrecen tolerancia excelente a la sobre cocción para la producción de pastas alimenticias, tanto frescas como secas.</p>
 <p>Canadian Prairie Spring Red Wheat (CPSR)</p>	<p>Esta variedad tienen muy poca pérdida de proteína, alta absorción de agua y masa resistente, es muy útil para mezclar con un trigo de alto contenido proteico o con un trigo de bajo contenido proteico, buena tolerancia al amasado y a la fermentación, masa lisa y elástica para el procesamiento y acabado de fideos.</p> <p>Ideal para la elaboración de fideos blancos salados de alta calidad, fideos instantáneos de calidad con una textura.</p>



Canadian Wester Strong
Red Wheat (CWSR)

Tiene aumento en el rendimiento de la harina y mejor color comparado con el CWSR, características de gluten resistente, valores de absorción altos, similares al CWSR.

Ideal para la elaboración de panes de molde de gran volumen, buena tolerancia al amasado y a la fermentación con todos los procesos de panificación, especialmente aptos para la producción de panes integrales, al producir un pan con un aspecto más claro y un sabor más suave en comparación con el pan integral de CWSR, muy adecuado para la elaboración de diversos tipos de fideos incluyendo instantáneos, alcalinos, y fideos blancos salados, fideo claro y con buena retención de color y pocas pecas.



Canadian Wester Red
Winter Wheat(CWRW)

Tiene un rendimiento muy alto de harina, contenido mediano de proteína, contenido de ceniza muy bajo. Esto resulta en buen color y luminosidad de la harina, menor absorción de agua que en el trigo rojo de primavera del oeste de Canadá (CWSR).

Muy adecuado para la producción de panes de solera y varios tipos de panes planos, muy adecuado para la producción de galletas saladas, buena tolerancia al amasado y a la fermentación, los productos horneados producidos de CWRW tienen color de la miga deseable. La harina sin blanquear de CWRW produce panes al vapor de excelente calidad con superficies blancas lisas, brillantes y de formas simétricas.

Nota: Canadian International Grains Institute - CIGI (2016)

Tabla 9

Variedades de trigo argentino, según su grupo

Grupo	Características
Grupo 1	Son de alta calidad correctores de otros de inferior calidad panadera, demandados en la actualidad por las grandes panificadoras industriales argentinas y países como Brasil, las variedades más cultivadas en este grupo son : buck poncho, buck pronto, buck panadero, klein delfín y Caudillo.
Grupo 2	Son muy buenas variedades en calidad panadera sin llegar a ser correctoras, aptas para el sistema de panificación tradicional argentina con tiempos de fermentación superiores a 8 horas, las variedades más cultivadas en este grupo son : aca 223, cooperación Nahuel, Greina y Inia tijereta .
Grupo 3	Son trigos rendidores pero de calidad panadera deficitaria, siendo adecuadas para panificación corriente y preferentemente para métodos directos y semidirecto de tiempos de fermentación más cortos de menos de 8 horas, las variedades más cultivadas en este grupo son : baguette 10, buck guaraní, buck halcón, prointa quintal y prointa oasis

Nota: CONASE (2000).

1.1.6.7. Clasificación del trigo en el Perú

En cuanto a las variedades de trigo que actualmente se cultivan en el Perú podemos nombrar a las líneas avanzadas del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) Nazareno, Centenario, San Isidro, Moray, San Francisco, El Molinero, Crown, Braveador, Platinum; con una superficie de cosecha del 11 % la cual es baja para cubrir la demanda en el país y es por ello que el trigo importado principalmente de Canadá, EE.UU y Argentina.

abarca un 89 %.

1.1.7. Parámetros de calidad de las variedades CWRS y HRW

Los parámetros de calidad de las variables CWRS y HRW que son motivo de investigación, se encuentran en la Tabla 10.

1.2. Harina de trigo

Según Codex Alimentarius (1985-revision 1995)-Anexo 1, se entiende por harina de trigo el producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum L.*, o trigo ramificado, *Triticum compactum Host*, o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituration o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura, como se puede apreciar en la Figura 5.

Tabla 10

Parámetros de calidad de las variedades de trigo: CWRs-HRW

Estado	Parámetro de calidad (%)	CWRs	HRW
Grano	Humedad	12.5	11.3
	Proteínas	13.5	9.5
	Cenizas	1.63	1.54
	Rendimiento	76	68
	Humedad	13.1	12.6
Harina	Gluten Húmedo	37.1	35
	Proteínas	13.1	10
	Cenizas	0.51	0.6
	Absorción	68.6	66

Nota: Comisión Canadiense de los granos, 2016 - USDA (2016).



Figura 5. Harina de trigo. Recuperado de (Alimenta Perú SAC, 2018)

1.2.1. Composición química de la Harina

Escuela Latinoamericana de Molinería (ESLAMO) (2016), la composición media de una harina para una tasa de extracción del 76% es la que se presenta en la Tabla 11, de las cuales detallaremos las más importantes.

Samamé (2013), señala que es muy importante conocer su composición y los efectos que cada una de estas materias pueden aportar durante la elaboración de los productos, puesto que la calidad de esas elaboraciones dependerá de la correcta interrelación de los elementos constitutivos de la harina.

1.2.1.1 Almidón

García (2012), dice que desde el punto de vista estructural, es una mezcla de amilosa y amilopectina, en la Figura 6 se aprecia un segmento de la amilosa y amilopectina respectivamente. La **amilosa** es una molécula esencialmente lineal, en la que las unidades de glucosa están unidas entre sí por enlaces α (1,4), su grado de polimerización es relativamente baja y la **amilopectina** formada por unidades de α -D-glucopiranosas, pero en este caso, aunque las uniones predominantes son del tipo α (1,4), encontramos también enlaces α (1,6), lo que da lugar a ramificaciones en la estructura. Su grado de polimerización es muy superior al de la amilosa, la amilopectina viene a constituir en torno al 80% del total del almidón.

El almidón durante la molienda tiene un porcentaje que es dañado, la cantidad de almidón dañado a nivel óptimo presente en la harina va a influenciar de manera positiva en la panificación logrando así, aumentar la absorción de agua, facilitando la absorción de agua, facilita la acción de las amilasas, aumenta la coloración de la corteza de pan, por encima de cierto nivel de daño (García, 2012).

Tabla 11
Componentes de la harina de trigo

Componente	Porcentaje %
Almidón	70.60
Proteínas formadoras de gluten	8
Proteína soluble en agua	1
Polisacáridos no del almidón	2
Grasa	1
Lípidos	2
Cenizas	0.75
Sodio	2
Vitaminas B3	2,33
Hierro	1

Nota: ESLAMO (2016).

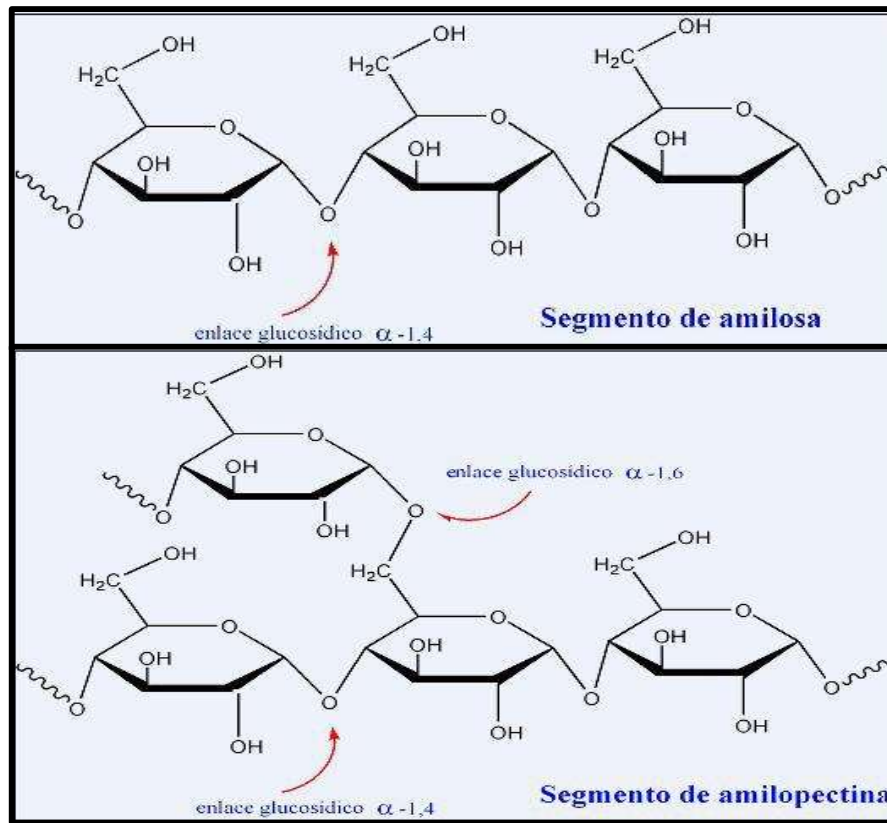


Figura 6. Segmento de la estructura de amilosa y amilopectina. Recuperado de: (García, 2012).

1.2.1.2 Proteínas

Las proteínas constituyen del 10-12 % en la harina de trigo y se clasifican con base a su **solubilidad** según Osborne en 1924, en albúminas, globulinas, gliadinas y gluteninas respectivamente. La Tabla 12 muestra las proteínas presentes en las diferentes fracciones, además su papel biológico y funcional (De la Vega, 2009).

Dicho autor señala que desde el punto de vista nutricional las albúminas y globulinas, tienen los aminoácidos muy bien equilibrados. Son relativamente ricas en lisina, triptófano y metionina, tres aminoácidos que son relativamente escasos en los cereales.

Asimismo se clasifica en base a su **funcionalidad** y se pueden distinguir dos grupos de proteínas. Proteínas pertenecientes al gluten con un desempeño muy importante en la elaboración del pan y proteínas no pertenecientes al gluten, con un desempeño secundario en la elaboración del pan. Las proteínas no pertenecientes al gluten representan entre un 15–20 % del total de las proteínas del trigo, estas proteínas son extraídas en soluciones de sales diluidas y por lo tanto se encuentran en las fracciones de Osborne de albúminas y globulinas, las proteínas del gluten representan entre un 80–85 % del total de las proteínas del trigo, representan la mayor parte de las proteínas de almacenamiento, pertenecen a la clase de prolaminas, de las que pueden distinguirse dos grupos funcionalmente distintos de proteínas de gluten: gliadinas que son monoméricas y gluteninas que son poliméricas y estas últimas se clasifican en extraíbles y no extraíbles (De la Vega, 2009).

Tabla 12

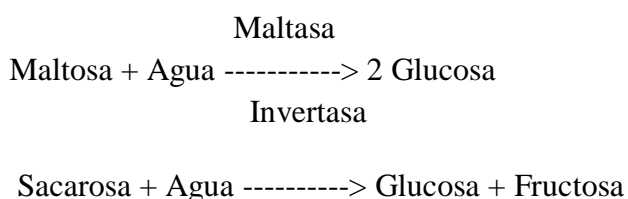
Proteínas de la harina de trigo presentes en las fracciones de Osborne

Fracción Osborne	Comportamiento en solubilidad	Composición	Papel Biológico	Papel Funcional	Ubicación en el grano de trigo
Albuminas	Extraíbles en agua	Proteínas no del gluten (principalmente monoméricas)	Proteínas estructurales y metabólicas	Variable	Se encuentran en las capas externas del grano de trigo y en bajas concentraciones en el endospermo.
Globulinas	Extraíbles en sales diluidas	Proteínas no del gluten (principalmente monoméricas)	Proteínas estructurales y metabólicas	Variable	
Gliadinas	Extraíbles en solución de alcohol	Proteínas del gluten (principalmente gliadinas monoméricas y polímeros de gluteína de bajo peso molecular)	Proteínas de almacenamiento de la semilla tipo prolaminas	Viscosidad a la masa/extensibilidad	Se encuentran en el endospermo del grano de trigo maduro donde forman una matriz continua alrededor de los gránulos de almidón
Gluteninas	Extraíbles en ácido acético diluido	Proteínas del gluten (principalmente polímeros de gluteína de alto peso molecular)	Proteínas de almacenamiento de la semilla tipo prolaminas	Elasticidad a la masa /tenacidad	
¿Residuo	Sin extraer	Proteínas del gluten (polímeros de alto peso molecular) y proteínas no del gluten poliméricas (triticinas).	Proteínas de almacenamiento de la semilla tipo prolaminas	Variable	

Nota: De la Vega (2009)

1.2.1.3 Azúcares

Los azúcares presentes en la harina de trigo suelen estar en forma de sacarosa y maltosa. Estos disacáridos no son fermentables directamente, sino que es preciso transformarlos enzimáticamente, en azúcares simples, monosacáridos, que sí lo son. Estas transformaciones se realizan por medio de las enzimas invertasa y maltasa, presentes en la harina, dando lugar al llamado azúcar invertido, constituido por una mezcla de glucosa y fructosa (De La Vega, 2009).



1.2.1.4 Vitaminas

García (2012), indica que las más importantes en la harina son las del grupo B y la vitamina E o tocoferol pertenece a las liposolubles y se encuentra en el germen, su función en el pan es la de evitar su enmohecimiento y por lo tanto, prolongar la conservación. Tiene un gran poder anti-oxígeno que facilita este proceso. En la Tabla 13 podemos apreciar las cantidades que representa cada vitamina en la harina.

1.2.1.5 Minerales

La materia mineral también se puede definir como el contenido en cenizas, y está formada por potasio, sodio, calcio y magnesio procedentes básicamente de las capas externas del grano de trigo, pericarpio y aleurona. (García, 2012). En la Tabla 14 se puede apreciar las cantidades que representa cada mineral en la harina.

Tabla 13

Vitaminas presentes en la harina de trigo por cada 100 gramos

Vitamina	Cantidad (mg)
Tiamina	0.50
Tiamina	0.40
Niacina	4.80
Vitamina C	1.80
Vitamina B1	0.11
Vitamina B2	0.03
Vitamina B3	2.33
Vitamina B5	0.40
Vitamina E	0.34

Nota: Ministerio de Salud del Perú (2009)

Tabla 14
Minerales presentes en la harina blanca de trigo

Minerales	Por 100 g de porción comestible
Calcio (mg)	15
Hierro (mg)	1.1
Yodo (µm)	1
Magnesio (mg)	28
Zinc (mg)	0.8
Sodio (mg)	3
Potasio (mg)	130
Fosforo (mg)	120
Selenio (µm)	4

Fuente: Ministerio de Salud del Perú (2009)

1.2.2. Proceso productivo de la harina

La molienda se realiza en molinos de rodillos, utilizando entre cuatro y seis juegos de rodillos de ruptura, estos tienen forma de espiral con acanaladuras para romper el grano.

1.2.2.1. Recepción

La recepción es la etapa donde se recibe a granel el trigo, el cual es depositado en una área acondicionada, para ser transportado a través de elevadores de cangilones hacia los silos en donde es almacenado, en el momento de recepción de la materia prima con una humedad aproximadamente de 11-12%, asimismo se realizan un control de calidad al trigo para verificar y validar las características según la variedad comprada.

En esta etapa es muy importante realizar un control de humedad ya que por diferentes razones durante el transporte puede captar humedad, resultando perjudicial para la materia prima.

1.2.2.2. Limpieza

Antes de realizar la molienda es necesario retirar todas las impurezas, materia extraña del grano, pajilla o semillas de otros granos. Consiste en someter al grano a un sistema de equipos vibratorios o zarandas, estas separan el grano de partículas extrañas e impureza.

1.2.2.3. Acondicionamiento

Esta etapa consiste en la adición de agua potable la cual endurece y hace elástica la capa externa del trigo para eliminar el endospermo, favoreciendo la molienda. Debe alcanzar una humedad de 15.5 % para trigos blandos y 16.5% para trigos duros a una

temperatura inferior de 45 °C ya que el gluten se puede desnaturalizar a una temperatura mayor, esta etapa tiene una duración de 48 horas.

1.2.2.4. Molienda y Cribado

Esta etapa se realiza con el objetivo de separar la epidermis del grano de la almendra harinosa. Se lleva a cabo en el Banco 1, este permite la molturación del grano por acción de unos rodillos metálicos (estriados), cada uno con diferentes grados de molturación los cuales giran en sentido contrario rompiendo los granos que pasan a través de ellos para después poder separar los subproductos de la harina hasta que el 98 % de la harina o más deberá pasar a través de un tamiz (No. 70) de 212 micras.

1.2.2.5. Tamizado

Después de la molienda toda la harina que se obtiene, pasa por dos equipos llamados Planchister, el mismo que cuenta con varias bandejas superpuestas cubiertas con mallas para diferente granulometría. Mediante movimientos rápidos de los Planshister se hace pasar la harina logrando así separar la harina del salvado.

1.2.2.6. Incorporación de Aditivos

Después de que la harina se a tamizado, se adiciona los aditivos de acuerdo a la norma, vitamina C y mix enzimático los cuales ayudan a obtener una harina con mejor comportamiento o calidad panadera además de mejorar su calidad nutricional.

1.2.2.7. Embolsado

El producto se empaca en bolsas de papel de 50 kg, estas bolsas protegen la harina de captar humedad, del ataque de microorganismos e insectos durante el almacenamiento.

1.2.2.8. Almacenamiento

Esta etapa se realiza con el fin de que la harina repose o madure para que así tenga mejores propiedades para su trabajo, mayor tolerancia de amasado, produce mejores piezas de volumen, se debe realizar en ambientes con una temperatura entre 20 y 27°C, Humedad relativa no mayor de 75%, los sacos deben reposar en pallets de madera, debe resguardarse de la humedad, del ataque de insectos y roedores. El proceso consta de las etapas antes mencionadas las cuales se aprecian en el diagrama de flujo en la Figura 7.

1.2.3. Calidad del grano de trigo y de la harina

Los análisis que determinan la calidad del grano son el porcentaje de humedad de grano, peso mil granos, peso hectolitro y los que determinan la calidad de la harina son el porcentaje de humedad, cenizas y contenido de proteínas, sin embargo dichos análisis no son suficientes para calificar la calidad de la harina como panadera.

1.2.3.1. Porcentaje de Humedad

El porcentaje de humedad en el grano de trigo permite determinar las condiciones en que debe ser almacenado, valores superiores a 13% se puede infestar con hongos y cuando está muy seco se puede romper y es difícil acondicionarlo para la molienda, la harina para tener un buen rendimiento y un almacenamiento adecuado la harina debe oscilar entre un 13 y 14 % de humedad (INTA, 2017).

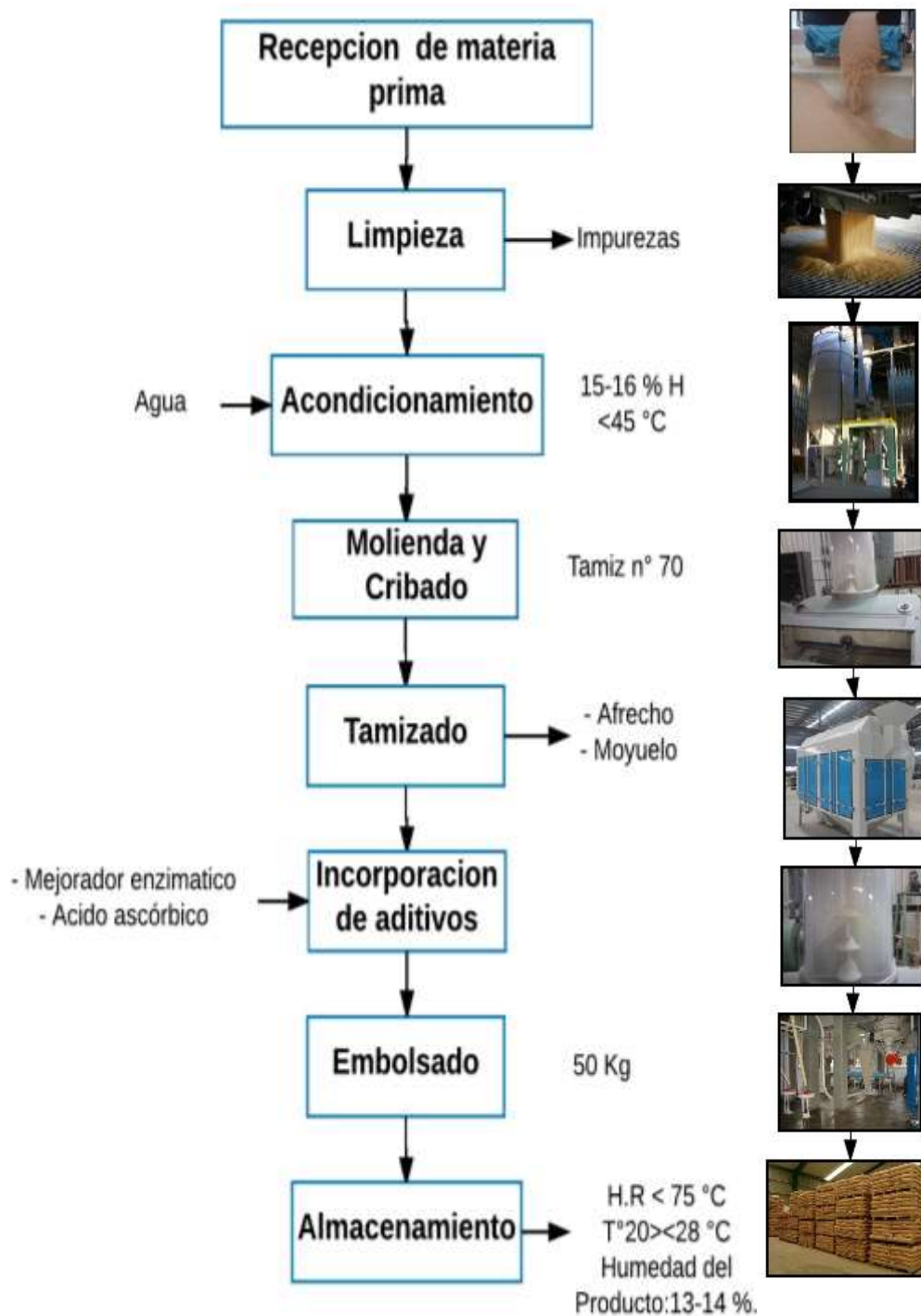


Figura 7.Diagrama de flujo para la obtención de harina para panificación. Recuperado de: (Alimenta Perú SAC ,2016)

1.2.3.2. Peso hectolitro

Es el peso del grano por unidad de volumen, es una relación entre peso del grano y el volumen de un hectolitro (1 hectolitro corresponde a 100 litros), se expresa en kilogramos por hectolitro, generalmente los granos chupados o arrugados presentan bajo peso del hectolitro, en tanto que los granos llenos tienen buen paso del hectolitro, un trigo harinero debe tener entre 75,6 – 82 kg/hl (INTA, 2017).

1.2.3.3. Contenido de proteínas

Triboi (2000), dice que, la cantidad y calidad de las proteínas de la harina es importante para determinar la calidad panadera. El volumen del pan constituye uno de los factores más importantes de la fuerza potencial de la harina, porque demuestra la capacidad de expansión del gluten por medio de la gasificación producida por la levadura en el contenido y calidad de proteínas a nivel de laboratorio se mide en el equipo glutomatic y los análisis que se realizan son porcentaje de gluten húmedo y porcentaje de índice de gluten. El equipo utilizado para determinar ambos análisis es el glutomatic, en el cual se pesa una muestra de 10 g de harina que pasa por un proceso de lavado y centrifugado a 6000 rpm en un tamiz de 840 micras de forma tal que solo un porcentaje de la masa pasa a través del mismo. El peso de gluten húmedo que no traspasa el tamiz más la fracción restante en el interior se pesa y se multiplica por diez obteniéndose así el porcentaje de gluten húmedo, el porcentaje de índice de gluten es el gluten total menos el gluten que atraviesa el tamiz entre el gluten total por cien.

1.2.4. Calidad Panadera de la harina

Callejo (2001), indica que la calidad panadera es la condición plástica de la harina, de modo que produzcan, masas blandas y masas elásticas o extensibles que favorecen

durante la panificación, dicha calidad panadera se determina mediante análisis reológicos.

Dichos análisis son de mucha importancia, debido a ello podemos evaluar las características de la harina y predecir el posible comportamiento de la masa durante la fermentación.

1.2.4.1. Análisis consistográfico

El principio de funcionamiento del consistógrafo es ir midiendo la presión de una masa de harina de trigo, basada en el contenido de humedad de esta harina, sobre un sensor colocado en una de las paredes de la amasadora. El mezclador de doble brazo genera dicha presión al empujar la masa contra el sensor. Con una hidratación constante, se mide la presión máxima que va directamente ligada al potencial de absorción del agua por la harina y permite así determinar la hidratación adaptada, denominada HYDHA.

Se trabaja en 2 fases:

- **Consistógrafo con hidratación constante HC:** es para medir la presión máxima (PrMax) que está relacionada con la absorción de agua para llegar a la consistencia deseada.
- **Consistógrafo con hidratación adaptada HA:** es para asegurar la consistencia deseada manteniendo este nivel de consistencia durante el tiempo que dure la prueba en la mezcladora del consistógrafo y estudiar el comportamiento de la masa durante el mezclado. Los parámetros principales son:
 - **Pr Máx**, parámetro principal porque está directamente ligada a la capacidad de absorción de agua en la harina.

- **T Pr Max**, tiempo para llegar al Pr Max, relacionado con la facilidad de la harina para formar una masa y alcanzar la consistencia deseada.
- **Tol**, Tiempo durante el cual la presión es superior a Pr max. -20%, tolerancia.
- **D250, D450**, Debilitamiento de la masa a 250 segundos y 450 segundos, resistencia de la masa al mezclado (GRANOTEC, 2016).

1.2.4.2. Análisis farinográfico

Se realiza en un equipo Brabender, que consiste en una mezcladora en la que se coloca 300 g de muestra y se añade agua hasta conseguir la absorción correcta, una vez conocida la cantidad absorbida se deja funcionar el equipo hasta que la banda graficada marque valores por debajo de la línea de 500 Unidades Brabender - U.B o unidades farinográfico - U.F (Granotec, 2016).

Obtenida la gráfica se deduce la cantidad de agua absorbida, el tiempo de desarrollo e hidratación, la estabilidad y el debilitamiento de la masa.

Los índices que normalmente se determinan empleando el equipo son los siguientes:

Absorción de agua, volumen de agua necesario para obtener en el farinógrafo, una masa con una consistencia máxima de 500 UF, se expresa en mililitros por 100 g de harina, con un contenido de humedad de 14 g / 100 g, **Desarrollo de la masa**, tiempo transcurrido entre el instante en que comienza el agregado de agua y el instante en que se alcanza la consistencia máxima, se expresa en minutos, **Consistencia**, la resistencia de una masa a ser amasada en el farinógrafo a una velocidad constante establecida. Las consistencias máximas se encuentran entre 480 UF y 520 UF, **Estabilidad**, diferencia de tiempo entre el punto en que la parte superior de

la curva alcanza, por primera vez, la línea de 500 UF y el punto en que la deja. Se expresa en minutos, con aproximación de 0,5 minutos.

1.2.4.3. Análisis Alveográfico

Acosta (2001), indica que el análisis Alveográfico mide las propiedades reológicas de la harina, es decir, su tolerancia al proceso de amasado, moldeo y fermentación, a través del equipo, alveógrafo. Durante el análisis, la pieza de masa es inflada con aire presurizado, simulando la deformación que esta sufre como consecuencia de los gases que se generan durante el proceso de fermentación. Los resultados del test se reducen a 4 parámetros principales: **Tenacidad (P) o resistencia al estiramiento**, indica la resistencia a ser estirada o deformada. **Extensibilidad (L)**, indica capacidad para permitir estiramiento, está también en correlación con el volumen del pan y una harina bien balanceada en resistencia a la deformación, **Fortaleza o fuerza panadera (W)**, es el trabajo de deformación, producida para provocar el hinchamiento de una lámina de masa hasta su rotura, debido a la distensión soportada. **Valor tenacidad /extensibilidad (P/L)**, indica si la masa es equilibrada y corresponde a la relación entre tenacidad y extensibilidad, de este equilibrio depende el destino más adecuado de la harina (panadería, galletería, pastas).

1.2.4.4. Falling Number

Callejo (2001), indica que el Falling Number es el un test que mide el tiempo en segundos y está basado en la rápida gelatinización de una suspensión de harina en agua caliente, mediante una fuerte agitación. Se produce la degradación del almidón por la acción de la alfa - amilasa y se mide el tiempo de caída de un vástago dentro del tubo viscosímetro. Cuando mayor aglutinación el tiempo de caída será más prolongado, en

cambio en los trigos germinados sucederá lo contrario, obteniéndose al panificar con esta harina defectuosa un pan de miga húmeda y pegajosa. Se determinan alteraciones producidas por un germinado en espiga, acondicionamiento defectuoso y/o condiciones de almacenamiento deficientes, que ocasionan un exceso de concentración de alfa-amilasa que en la panificación provoca una textura interna pegajosa. El Falling Number de los trigos sanos, es decir que no se han mojado antes de la cosecha, normalmente supera los 300 segundos. Un valor óptimo desde el punto de vista del panadero es 250 segundos. Bajo 200 se generan problemas en la calidad de la harina por exceso de alfa amilasa en el almidón.

El INIA, indica que los trigos con alta concentración de alfa amilasa en el grano son más propensos a la germinación prematura en la espiga en cambio los trigos resistentes a la brotación y que tienen mayor dormancia de post-cosecha, son bajos en alfa amilasa. Cuando la cosecha ocurre con tiempo muy húmedo, y en especial cuando el grano presenta signos de brotación, la alfa amilasa empieza a transformar el almidón del grano en azúcares, principalmente en una azúcar denominada maltosa. La presencia abundante de maltosa hace que el grano tenga problemas en la calidad de la harina durante el amasado. Se origina una masa pegajosa, con malas cualidades para panificación, entre ellas una miga oscura.

II. MATERIALES EQUIPOS Y METODOS

La presente investigación de naturaleza descriptiva, está basada en los análisis del grano y de la harina de trigo correspondiente a las variedades CWRS y HRW, obtenidos de la planta procesadora Alimenta Perú SAC, ubicado en la carretera a Monsefu durante el periodo de marzo a junio del 2016. Los análisis fisicoquímicos fueron desarrollados por los investigadores en instalaciones de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) y también solicitados a un laboratorio certificado privado, donde se completaron los análisis reológicos.

2.1. Lugar de ejecución

Los análisis fisicoquímicos se desarrollaron en el laboratorio del Programa de Cereales de la Universidad Nacional Agraria la Molina y algunos de ellos fueron solicitados al laboratorio de calidad de GRANOTEC; del mismo modo, se solicitaron a dicha empresa los análisis reológicos.

2.2. Materiales y equipos

- Desecador de vidrio.
- Varillas de vidrio.
- Probetas de vidrio 250 ml.
- Bandejas de plástico.
- Bolsas de polipropileno.
- Tapers de 500 ml.
- Vasos de polipropileno 200cc.
- Espátula metálica.
- Crisoles de porcelana.
- Cápsulas de porcelana.
- Capsulas de aluminio.
- Pinzas metálicas.
- Dosificador de 0.5 a 5 ml

Los equipos utilizados se muestran en el Tabla 15, brindando las características de estos.

Tabla 15

Equipos que se utilizan en los análisis

Nombre	Marca	Modelo	Temperatura	Frecuencia	Voltaje	Observaciones
Glutomatic	Perten	2200	5-40 °C	50 - 60 Hz	220-240 V	Mide la cantidad y calidad del gluten.
Falling number	Perten	FN 1900	No especifica	60 Hz	230 V	Mide la actividad del alfa-amilasa en grano de trigo.
Alveo-consistografo	Chopin	901003	especifica	50/60 Hz	220/240 V	Mide las características reológicas de una masa durante el amasado y su deformación en forma de una burbuja (dureza, extensibilidad, elasticidad.

Nota: Elaboración propia (2018)

2.3. Métodos de análisis

2.3.1. Población

La población fue 10 Tn de trigo recepcionado y acondicionado y 10 Tn de harina obtenida en la empresa Alimenta Perú SAC, correspondiente a la variedad CWRS de origen Canadiense y HRW de origen Americano.

2.3.2. Muestra

100 gramos tomadas de cada variedad consecutivamente en una jornada de trabajo de 8 horas.

2.3.3. Métodos para el Análisis fisicoquímico del trigo y la harina

Los análisis fisicoquímicos (humedad, peso hectolitro, gluten húmedo, índice de gluten y falling number), que se muestran en la Tabla 16, se desarrollaron según el diseño completamente al azar- DCA con tres repeticiones, empleando los métodos descritos en el Anexo 02. La matriz del DCA es un cuadro de doble estrada como se puede observar en Tabla 17. Los tratamientos están dados por las variedades a evaluar frente a las repeticiones 1, 2 y 3. Diseño completamente al azar, cuya ecuación matemática es la siguiente:

$$y_{ij} = u + t_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

y_{ij} es la j-ésima observación del i-ésimo tratamiento

u es el efecto medio

t_i es el efecto del i-ésimo tratamiento.

ε_{ij} es el error experimental

Tabla 16

Análisis fisicoquímicos aplicados al trigo y harina de las variedades en estudio

Componentes	Principio del método	Determinación
Humedad (Método gravimétrico)	Consiste en la determinación de la pérdida de masa experimentada por la muestra cuando es sometida a la acción de la temperatura	$\% \text{Humedad} = \left(\frac{w_1 - w_2}{w_m} \right) \times 100$ $w_1 = \text{peso del recipiente con la muestra húmeda (g)}$ $w_2 = \text{peso del recipiente con la muestra seca (g)}$ $w_m = \text{peso de la muestra (g)}$
Peso hectolitro (Método físico)	Característica física que consiste en determinar el peso de los cereales por unidad de volumen (el trigo contenido en un recipiente de 100 litros).	<u>Lectura indirecta</u> Unidad: Kg/Hl peso de 100 granos por 100
% de Gluten (Método fisicoquímico)	El gluten forma una red continua en el desarrollo de la masa y es el responsable de darle propiedades visco elásticas y calidad en el desarrollo del pan, la cantidad y la calidad es importante.	$GH = \left(\frac{\text{peso total}}{\text{peso de la muestra}} \right) \times 100$ $GS = \left(\frac{GH}{\text{peso de la muestra}} \right) \times 100$

% de índice de gluten
(Método fisicoquímico)

La cantidad es el gluten total que está compuesto por gluten húmedo (GH) gluten y seco (GS). Representa la calidad de gluten y se denomina índice de gluten (IG) o también llamado índex.

$$IG = \left(\frac{\text{gluten total} - \text{g. atravieza el tamiz}}{\text{gluten total}} \right) \times 100$$

Falling Number
(Método fisicoquímico)

Mide indirectamente la actividad del alfa-amilasa, que se produce debido a daños por germinación.

Lectura indirecta

Unidad: segundos (s)

Nota: *Elaboración propia, (2018).*

Tabla 17

Matriz del Diseño Completamente al Azar

Tratamientos	Repeticiones		
	R_1	R_2	R_3
Variedad CWRs	$Y_{(1,1)}$	$Y_{(1,2)}$	$Y_{(1,3)}$
Variedad HRW	$Y_{(2,1)}$	$Y_{(2,2)}$	$Y_{(2,3)}$

Donde Y: es la característica a evaluar correspondiente a : % humedad del trigo recepcionado, % humedad del trigo acondicionado y % humedad de la harina, % de índice de gluten, % de gluten húmedo,% de falling number, Peso hectolitro,

Nota: Elaboración propia (2018)

2.3.4. Método para el Análisis Reológico

Los análisis fueron brindados como servicio por el laboratorio de Granotec, los cuales cuentan con equipos altamente calibrados y de muy buena precisión.

2.3.5. Análisis estadístico de los datos

Los análisis fisicoquímicos se realizaron mediante la prueba de ANOVA, este análisis se aplicó con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos respecto a la variable de respuesta. Esta prueba de hipótesis se realizó con un nivel de significancia del 5% (0,05) y el software empleado fue Excel 2013.

2.3.6. Análisis descriptivo de los datos

Los análisis reológicos se realizaron mediante un análisis descriptivo, el cual fue empleado para entender el comportamiento de las variedades empleadas.

III. RESULTADOS

3.1. Resultados de los análisis fisicoquímicos de los trigos

Los resultados de los análisis fisicoquímicos de humedad de trigo recepcionado (HTR), humedad de trigo acondicionado (HTA) y peso hectolitro (PH), se muestran en las Tablas 18,19 y 20 respectivamente, mostrándose también los resultados promedios de los mismos en la Tabla 25. Los resultados ANOVA correspondiente a cada variedad se muestran en resumen en la Tabla 27 y más a detalle en el Anexo 05.

3.2. Resultados de los análisis fisicoquímicos de las harinas

Los resultados de los análisis fisicoquímicos de humedad de la harina (HH), gluten húmedo (GH), índice de gluten (IG) y falling number (FN) realizados a las variedades de trigo CWRS y HRW se muestran en las Tablas 21, 22, 23 y 24 respectivamente, mostrándose también los resultados promedios de los mismos en la Tabla 25 . Los resultados resumidos del ANOVA correspondiente a cada variedad se muestran en la Tabla 26 y su detalle en el Anexo 05.

3.3. Resultados del análisis reológico de las harinas

Los resultados del análisis alveográfico y consistográfico de las harinas se muestran en las Tabla 27. En el análisis alveográfico la variedad CWRS y HRW, mostraron 77mm y 78 mm de tenacidad (P), extensibilidad (L) de 98 y 87 mm, fuerza (W) de 286 y 274 10⁻⁴J y una relación P/L de 0,79 y 0.90 % respectivamente. En el consistógrafo se obtuvo valores de HYDHA (base 15 H₂O) de 55.60 %, una presión máxima de 2117 mb en 126 segundos, una tolerancia de 126 s, una caída de 360 mb a los 250 segundos, una caída de 789 mb a los 450 segundos y una hidratación corregida

WAC de 57.7 % , para CWRs. Y un HYDHA de 25.40 %, una presión máxima de 2292 mb en un tiempo de 122 s, presento una tolerancia de 172 s, la caída en 250 segundos fue de 533 mb y 1023 mb en 450 segundos y una hidratación corregida de WAC de 55.70 %, para HRW.

Tabla 18

Resultados de la HTR de las dos variedades de trigo

Variedad	HTR			
	HTR ₁	HTR ₂	HTR ₃	S
CWRS	11.38 %	11.46 %	11.47 %	0.05
HRW	11.91 %	11.87 %	11.95 %	0.04

Nota: Elaboración propia, (2018)

Tabla 19

Resultados de la HTA de las dos variedades de trigo

Variedad	HTA			
	HTA ₁	HTA ₂	HTA ₃	S
CWRS	15.80 %	15.87 %	15.71 %	0.0008
HRW	15.77 %	15.82 %	15.87 %	0.0005

Nota: Elaboración propia, (2018)

Tabla 20

Resultados del PH de las dos variedades de trigo

Variedad	PH			
	PH ₁	PH ₂	PH ₃	S
CWRS	80.92 %	81.93 %	80.91 %	0.586
HRW	79.32 %	79.54 %	79.56 %	0.133

Nota: Elaboración propia, (2018)

Tabla 21
Resultados de la HA de las dos variedades de harina

Variedad	HA			
	HA ₁	HA ₂	HA ₃	S
CWRS	13.96 %	13.87 %	13.86 %	0.055
HRW	13.97 %	13.83 %	13.81 %	0.087

Nota: Elaboración propia, (2018)

Tabla 22
Resultados del GH de las dos variedades de harina

Variedad	GH			
	GH ₁	GH ₂	GH ₃	S
CWRS	38.09 %	38.13 %	37.96 %	0.089
HRW	35.34 %	34.86 %	36.91 %	1.072

Nota: Elaboración propia, (2018)

Tabla 23
Resultados del IG de las dos variedades de harina

Variedad	IG			
	IG ₁	IG ₂	IG ₃	S
CRWS	98.07 %	97.79 %	98.47 %	0.342
HRW	98.99 %	98.47 %	98.80 %	0.263

Nota: Elaboración propia, (2018)

Tabla 24

Resultados del FN de las dos variedades de harina

Variedad	FN			
	FN₁	FN₂	FN₃	S
CRWS	480.00 s	488.00 s	480.00 s	4,618
HRW	511.00 s	511.00 s	504.00 s	4,041

Nota: Elaboración propia, (2018)

Tabla 25

Resultados promedios de los análisis fisicoquímicos

Análisis fisicoquímicos			
En trigo	Und	CWRS	HRW
HTR	%	11,44	11,91
HTA	%	15,79	15,82
PH	kg/hl	81,25	79,47
En harina	Und	CWRS	HRW
HA	%	13,90	13,87
GH	%	38,06	35,70
IG	%	98,11	98,75
FN	s	482,67	508,67

Nota: Elaboración propia, (2018)

Tabla 26
ANOVA para los análisis Fisicoquímicos

ANOVA								
	origen de las variaciones	HTR	HTA	HA	PH	GH	IG	FN
Filas	suma de cuadrados	0.0044	0.0044	0.02023	0.4276	0.9669	0.284	56.3333
	GL	2	2	2	2	2	2	2
	promedio de cuadrados	0.0022	0.0044	0.0101	0.2138	0.4835	0.142	28.166
	F	1.2202	2	19.5806	1.4511	0.7172	3.2264	2.964
	Sig.	0.4504	0.0022	0.0486	0.408	0.5823	0.2366	0.252
Columnas	suma de cuadrados	0.3361	0.0011	0.00107	4.7526	8.3308	0.6208	1014
	GL	1	1	1	1	1	1	1
	promedio de cuadrados	0.3361	0.0011	0.0011	4.7526	8.3308	0.6208	1014

	F	184.9908	0.1588	2.0645	32.2538	12.359	14.1041	106.736
	Sig.	0.0054	0.7288	0.2873	0.0296	0.0723	0.0642	0.009
Error	suma de cuadrados	0.0036	0.0134	0.00103	0.2947	1.3481	0.088	19
	GL	2	2	2	2	2	2	2
	promedio de cuadrados	0.0018	0.0067	0.0005	0.1474	0.6741	0.044	9.5
Total	suma de cuadrados	0.3441	0.0189	0.02233	5.4749	10.6459	0.9929	1089.333
	GL	5	5	5	5	5	5	5

Nota: Elaboración propia (2018)

 : Indica que si existe diferencia significativa entre ambos variedades.

Tabla 27

Resultados de los Análisis reológicos de las harinas

Análisis reológicos			
Valores alveográficos	Und	CWRS	HRW
Tenacidad (P)	mm	77.00	78.00
Extensibilidad (L)	mm	98.00	87.00
Fuerza (W)	10E-4J	286.00	274.00
Relación (P/L)	%	0.79	0.90
Valores consistográficos	Und	CWRS	HRW
HYDHA b 15	%	55.60	52.40
PrMax	Mb	2117.00	2292.00
TPrMax	s	126.00	122.00
Tol	s	212.00	172.00
D250	Mb	360.00	533.00
D450	Mb	789.00	1023.00
Wac b 15	%	57.70	55.70

Nota: Elaboración propia (2018)

IV. DISCUSIONES

A partir del ANOVA de la Tabla 27, existe diferencia significativa entre las variedades CWRS y HRW respectivamente, siendo por lo tanto diferentes, pues los valores promedio hallados son de 11,44 y 11,91. Sin embargo INTA (2014), indica que la humedad ideal para trabajar es de 12 %, por lo tanto se puede observar que ambas variedades están dentro del valor indicado.

En cuanto a la HTA, se tiene que según los resultados del ANOVA no existe diferencia significativa, esto debido a que cada planta ajusta este valor a la humedad que requiere, el INTA (2014) sugiere que la humedad óptima para el trigo acondicionado es de 16.5 % a una temperatura de 28°C, por lo tanto ambos valores hallados de 15,79 y 15,82% se acercan al valor recomendado por el autor antes mencionado. Resultados similares encontró Hernández y Londoño (2013), que aseguran que la HTA optima es 16.5% a 28°C con un tiempo de reposo de 14 horas con buenos resultados en la calidad panadera de la harina.

De acuerdo al ANOVA para la HA, no existe diferencia significativa. Para Román (2014), el hecho de que no exista diferencia significativa, se debe a que los trigos han sido acondicionados aun mismo nivel de humedad. La Norma del Codex Para la Harina de Trigo (19985), refiere que toda harina debe tener 15,5 %, en cambio CANIMOLT, (2007) indica que los valores de humedad pueden oscilar entre un 13 y 14.5 % de humedad, teniendo así que los valores hallados de 13,90 y 13,87 % para CWRS y HRW respectivamente, cumplen con lo dicho por el ultimo autor mencionado.

Según el ANOVA obtenido para el PH existe diferencia significativa entre ambas variedades de trigo (CWRS y HRW). Mellado (2013) indica que una variedad bien elegida lleva en si una serie de características deseables y entre ellas cabe destacar un alto potencial de rendimiento y generalmente un grano de buena calidad comercial e industrial. Asimismo INIA, (2006), señala que los valores adecuados para trigo harinero oscilan en un rango de 75.6-82 kg/hl, también que el peso hectólitro es un valor muy útil porque resume en un solo valor qué tan sano es el grano. Por lo tanto, cuanto más sano, mayor extracción de harina. Por lo que según los valores hallados de 81, 25 y 79,47 kg/hl para CWRS y HRW respectivamente, es la variedad CWRS la que registra el valor más alto de este análisis por lo que sería de mejor calidad.

En lo concerniente a GH según el ANOVA no existe diferencia significativa, para ambas variedades. Según la Asociación Argentina de Trigo el porcentaje de gluten húmedo mínimo en harina de trigo para panificación es de 31.3%. Ortega (2014) el trigo se puede clasificar en súper fuerte 35%, fuerte 30 %, intermedio 25 %, suave 19 % y súper suave o débil 16 % o menos, indica también que los más demandados por la industria molinera son los fuertes, ya que sirven para mejorar la calidad de harinas inferiores. De acuerdo a los valores de 38,06 y 35,70 % para CWRS y HRW respectivamente, ambos cumplen con lo dicho por los autores mencionados, pero mientras mayor sea mejor, ya que este tiene la capacidad de retener el CO₂ en la panificación.

En cuanto al IG y según el ANOVA las variedades no presentan diferencia significativa, La Internacional Asociación for Cereal Science and Technology-ICC (2015); indica que este análisis se realiza para determinar la fuerza de las harinas, así, si una variedad de gluten fuerte debe encontrarse en los valores de 0-60, siendo el 100 % el valor óptimo. Según los resultados obtenidos de 98,11 y 98,75 % ambas variedades son consideradas de gluten fuerte por encontrarse cerca al valor óptimo que es 100 %.

En cuanto a FN y según el ANOVA, existe diferencia significativa entre ambas variedades. Torres (2012), indica que la actividad de alfa-amilasa debe ser adecuada para la harina de pan leudada con levadura, así mismo el Departamento de Agricultura de los EE.UU, señala que las harinas que presenten un tiempo de caída de 90 a 150 segundos , son harinas con un exceso de alfa-amilasa y por consiguiente procedentes de trigos germinados o de cosechas en épocas lluviosas; harinas con un valor de 250 tienen un óptimo comportamiento para panificación y de 400-650 segundos, son harinas de regular comportamiento por lo tanto darían panes con disminución de volumen. Los resultados obtenidos de las dos harinas, se tiene que los valores encontrados de 482,67 y 508,67 para CWRS y HRW respectivamente están dentro de los valores considerados con comportamiento regular para panificación; sin embargo la variedad CWRS tiene menos contenido de alfa amilasa, por lo que tendría mejor comportamiento panadero que HRW.

En cuanto a los valores consistógrafos, el valor HYDHA b15 (hidratación de la harina en una base de 15 % de humedad), (Torres 2012); indica que las harinas de óptima

calidad tienen un valor de 60-70 % y un valor regular de 55 a 60 %, La U.S Wheat (2016), indica en cuanto a la variedad HRW en las cosechas del año del 2016 se obtuvo el valor promedio de 54 %, así mismo el CIGI (2016), indica que la variedad CWRS obtuvo un valor de 57 %, y ambos autores concuerdan que el porcentaje varía de acuerdo a la variedad. Según los valores encontrados de 55,60 y 52,40 %, se observa que la variedad CWRS, a diferencia de HRW, tiene un valor que califica para una harina de regular calidad.

Los valores PrMax (presión máxima) y TPrMax (tiempo para llegar a la presión máxima, sin que la masa se rompa), García (2012) encontró que la PrMax y TPrMax, dependerán de la variedad de trigo y del tipo de uso industrial que se le dará a la harina, para harinas que se destinan al uso panadero el requerimiento de una presión y tiempo máximo para llegar a esa presión es de 2000 a 2500Mb, García indica también que, a más presión más fuerza, pero si hay demasiada presión puede volverse la masa muy tenaz, siendo este un problema para panificación, de acuerdo a los valores hallados para la PrMax de 2117,00 y 2292,00 Mb y para el TPrMax de 126,00 y 122,00 segundos para CWRS y HRW respectivamente, se puede apreciar que la variedad CWRS es la que cuenta con una presión y tiempo para llegar a esa presión más bajo.

En cuanto al valor Wac b15 (absorción de agua en harinas a base 15 % de humedad), el cual indica la adecuada proporción de agua y harina que da lugar a una masa con buenas características para su manejo, fermentación y horneado, una harina panadera debe tener una Wac b15 de 56 % (Cavain y Young ,2012), según los valores hallados

de 57,70 y 55,70 % para CWRS y HRW respectivamente, CWRS es la variedad con un valor cercano a lo indicado por Young.

En cuanto a los valores D250 , D450 (ambos representan el decaimiento de la masa medido a los 250 y 450 segundos) y la tolerancia al amasado (Tol); el CIGI señala que una harina tiene buena tolerancia si se encuentra entre los valores de 150 a 220 segundos, asimismo indica que si una harina tiene poco decaimiento de masa en el tiempo estipulado, mejor será la calidad panadera, según los resultados hallados para Tolde 212,00 y 172,00 segundos, para D250 de 360,00 y 533,00 Mb, para D450 de 789,00 y 1023,00 Mb , para CWRS y HRW respectivamente, CWRS tiene un menor decaimiento de masa y un valor de Tol más adecuado.

En cuanto a los valores Alveográficos, Ashwath (2015), indica que cuando una harina presenta valores de tenacidad (P) muy altos (correspondientes a las gluteninas), refleja cierta dificultad para retener CO₂ producida por las levaduras durante la fermentación de una masa, es decir que la red formada por el gluten es demasiado tenaz, se diría que no es estable en la fermentación, señala que los valores óptimos son de 50-70 mm, a de esto podemos decir que en los resultados hallados de 77,00 y 78,00 para CWRS y HRW respectivamente, tienen una tenacidad (P), fuera de los valores aceptables para obtener una masa óptima para elaboración de pan.

Ferreras (2013), indica que cuando son muy altos los valores de extensibilidad (L) se estarían ante una masa muy extensible que podrían retener CO₂, no tendría estructura y se deformaría fácilmente, Calaveras (2012), en su investigación señala que los valores de W pueden oscilar entre 300-500 10E-4J, a mayor valor de W, más resistencia

ofrece la masa, el valor P/L puede oscilar entre 0,2 y 2, cuando más bajo sea el valor más elástica puede resultar una masa, señala también que cuando el valor P/L es elevado, provocara problemas durante el amasado y al menor estiramiento de la masa esta se desgarra, según los resultados hallados para L de 98,00 y 87,00 mm, para W de 286,00 y 274,00 $10E-4J$ y para P/L de 0,79 y 0,90 para CWRS y HRW respectivamente, se observa que la variedad CWRS es la más cercana a los valores óptimos.

V. CONCLUSIONES

Se estableció que la variedad de trigo si influye sobre la calidad panadera de la harina, en base a los resultados de las variedades CWRS y HRW.

Se determinó las características fisicoquímicas del trigo y de las harinas obtenidas en la empresa Alimenta Perú S.A.C., siendo los resultados para HTR 11,4 y 11,9%, HTA 15,79 y 15,82%, PH de 81,25 y 79,47 kg/hl, HA 13,90 y 13,87%, GH de 38,06 y 35,70%, IG de 98,11 y 98,75% y FN de 482,67 y 508,64 segundos para CWRS y HRW, respectivamente.

Asimismo se determinó los análisis reológicos de las harinas, mediante el consistógrafo y alveografo, siendo los resultados consistográfico, para la HYDHA b15 de 55.60 y 25.40%, PrMax de 2117.00 y 2292.00 Mb, TPrMax 126.00 y 122.00 s, Tol 212.00 y 172.00 s, D250 de 360.00 y 533, 00 Mb, D450 de 789.00 Mb y 1023.00 Mb y Wac b15 57.70 y 55.70% y los resultados alveográficos, para la P de 77.00 y 78.00mm, L de 98,00 y 87.00mm, W 286.00 y 274.00 10E-4J, relación P/L 0.79% y 0.90 % para CWRS y HRW respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

Investigar los porcentajes adecuados para mezcla de ambas variedades (CWRS y HRW) a fin de obtener una harina con buena calidad panadera.

Promover el equipamiento e instrumentación de un laboratorio de cereales a fin de contribuir con la investigación.

Validar los resultados obtenidos en esta investigación durante un periodo de molienda distinto y comparar verificando si hay alguna variación en los resultados.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Norma del Codex para harina de trigo

1

Codex Standard 152-1985

NORMA PARA LA HARINA DE TRIGO

CODEx STAN 152-1985

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

- 1.1 La presente Norma se aplica a la harina de trigo para el consumo humano, elaborada con trigo común, *Triticum aestivum* L. o con trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o una mezcla de los mismos, que ha sido preenvasada y está lista para la venta al consumidor o está destinada para utilizarse en la elaboración de otros productos alimenticios.
- 1.2 No se aplica:
- a ningún producto elaborado con trigo duro, *Triticum durum* Desf., solamente o en combinación con otros trigos;
 - a la harina integral, a la harina o sémola de trigo entero, a la harina fina de trigo común *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado *Triticum compactum* Host., o una mezcla de los mismos;
 - a la harina de trigo destinada a utilizarse como aditivo en la elaboración de la cerveza o para la elaboración del almidón y/o el gluten;
 - a la harina de trigo destinada a la industria no alimentaria;
 - a las harinas cuyo contenido de proteínas se haya reducido o a las que, después del proceso de molienda, hayan sido sometidas a un tratamiento especial que no sea el de secado o blanqueado, y/o a las cuales se les hayan agregado otros ingredientes distintos de los mencionados en las secciones 3.2.2 y 4.

2. DESCRIPCIÓN

- 2.1 **Definición del producto**
Por harina de trigo se entiende el producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura.

3. COMPOSICIÓN ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD

- 3.1 **Factores de calidad – generales**
- 3.1.1 La harina de trigo, así como todos los ingredientes que se agreguen, deberán ser inocuos y apropiados para el consumo humano.
- 3.1.2 La harina de trigo deberá estar exenta de sabores y olores extraños y de insectos vivos.
- 3.1.3 La harina de trigo deberá estar exenta de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos), en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.
- 3.2 **Factores de calidad – específicos**
- 3.2.1 **Contenido de humedad** 15,5 % m/m máximo
Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos. Se pide a los gobiernos que acepten esta Norma que indiquen y justifiquen los requisitos vigentes en su país.
- 3.2.2 **Ingredientes facultativos**
Los siguientes ingredientes pueden agregarse a la harina de trigo en las cantidades necesarias para fines tecnológicos:
- productos malteados con actividad enzimática, fabricados con trigo, centeno o cebada;
 - gluten vital de trigo;
 - harina de soja y harina de leguminosas.

Adoptado 1985. Revisión 1995

4. ADITIVOS ALIMENTARIOS

4.1	Enzimas	Nivel máximo en el producto terminado
4.1.1	Amilasa fúngica de <i>Aspergillus niger</i>	BPF
4.1.2	Amilasa fúngica de <i>Aspergillus oryzae</i>	BPF
4.1.3	Enzima proteolítica de <i>Bacillus subtilis</i>	BPF
4.1.4	Enzima proteolítica de <i>Aspergillus oryzae</i>	BPF
4.2	Agentes para el tratamiento de las harinas	Nivel máximo en el producto terminado
4.2.1	Ácido ascórbico L. y sus sales de sodio y potasio	300 mg/kg
4.2.2	Hidrocloreto de L.-cisteína	90 mg/kg
4.2.3	Dióxido de azufre (en harinas utilizadas únicamente para la fabricación de bizcochos y pastas)	200 mg/kg
4.2.4	Fosfato monocalcico	2 500 mg/kg
4.2.5	Lecitina	2 000 mg/kg
4.2.6	Cloro en tortas de alto porcentaje	2 500 mg/kg
4.2.7	Dióxido de cloro para productos de panadería crecidos con levadura	30 mg/kg
4.2.8	Peróxido benzoico	60 mg/kg
4.2.9	Azodicarbonamida para pan con levadura	45 mg/kg

5. CONTAMINANTES

5.1 Metales pesados

La Harina de trigo deberá estar exenta de metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

5.2 Residuos de plaguicidas

La harina de trigo se deberá ajustar a los límites máximos para residuos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

5.3 Micotoxinas

La harina de trigo deberá ajustarse a los límites máximos para micotoxinas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

6. HIGIENE

- 6.1 Se recomienda que el producto regulado por las disposiciones de esta Norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones apropiadas del *Código Internacional de Prácticas Recomendado – Principios Generales de Higiene de los Alimentos* (CAC/RCP 1-1969) y otros códigos de prácticas recomendados por la Comisión del Codex Alimentarius que sean pertinentes para este producto.
- 6.2 En la medida de lo posible, con arreglo a las buenas prácticas de fabricación, el producto estará exento de materias objetables.
- 6.3 Cuando se analice mediante métodos apropiados de muestreo y análisis, el producto:
- deberá estar exento de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud;
 - deberá estar exento de parásitos que puedan representar un peligro para la salud; y

- no deberá contener ninguna sustancia procedente de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

7. ENVASADO

- 7.1 La harina de trigo deberá envasarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto.
- 7.2 Los recipientes, incluido el material de envasado, deberán estar fabricados con sustancias que sean inocuas y adecuadas para el uso al que se destinan. No deberán transmitir al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores desagradables.
- 7.3 Cuando el producto se envase en sacos, éstos deberán estar limpios, ser resistentes, y estar bien cosidos o sellados.

8. ETIQUETADO

Además de los requisitos de la *Norma General del Codex para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados* (CODEX STAN 1-1985) deberán aplicarse las siguientes disposiciones específicas:

8.1 Nombre del producto

- 8.1.1 El nombre del producto que deberá aparecer en la etiqueta será "harina de trigo".

8.2 Etiquetado de envases no destinados a la venta al por menor

La información relativa a los envases no destinados a la venta al por menor deberá figurar en el envase o en los documentos que lo acompañan, salvo que el nombre del producto, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador deberán aparecer en el envase. No obstante, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador podrán ser sustituidos por una marca de identificación, siempre que tal marca sea claramente identificable con los documentos que acompañen al envase.

9. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO

Véase textos relevantes del Codex sobre métodos de análisis y muestreo.

APÉNDICE

En los casos en que figure más de un límite de factor y/o método de análisis se recomienda encarecidamente a los usuarios que especifiquen el límite y método de análisis apropiados.

Factor/Descripción	Límite	Método de análisis
CENIZA	A gusto del comprador	AOAC 923.03 ISO 2171:1980 Método ICC No. 104/1 (1990)
ACIDEZ DE LA GRASA	Máx. 70 mg por 100 g de harina respecto a la materia seca expresada como ácido sulfúrico. - 0 - Se necesitará no más de 50 mg de hidróxido de potasio para neutralizar los ácidos grasos libres en 100 gramos de harina, respecto a la materia seca	Método ISO 7305 (1986) - 0 - AOAC 939.05
PROTEÍNA (N x 5,7)	Min. 7,0 % referido al peso del producto seco	ICC 105/1 - Método de determinación de la proteína bruta en cereales y productos a base de cereales para alimentos de consumo humano y piensos, utilizando catalizador de selenio/cobre (Método del Tipo I) - 0 - ISO 1871:1975
SUSTANCIAS NUTRITIVAS ■ vitaminas ■ minerales ■ aminoácidos	De conformidad con la legislación del país en que se vende el producto	No se ha definido ningún método
TAMAÑO DE LAS PARTICULAS (GRANULOSIDAD)	El 98 % o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (No. 70) de 212 micras	AOAC 965.22

Análisis	Método	Objetivo
Humedad	AACCI 44-11.01	Este método determina el contenido de humedad en cereales, granos leguminosos y otros productos para los cuales hay disponibles tablas de conversión.
Peso Hectolitro	AACCI 55-10.01	El peso de la prueba es una indicación de solidez en los granos. En el trigo, existe una correlación positiva entre el peso de prueba y el rendimiento de harina. El peso de prueba es un criterio en la clasificación de los granos, especialmente el trigo. La mayoría de los países informan peso de prueba en kg / hl
Gluten húmedo e índice de gluten	AACCI 38-12.02	El gluten húmedo se lava con harina de trigo integral o harina mediante un aparato automático de lavado de gluten (Glutomatic) y se centrifuga en un tamiz especialmente construido en condiciones estandarizadas. El peso del gluten mojado forzado a través del tamiz y el peso total del gluten mojado (pasado y restante en el tamiz) se pesan. Se expresa como porcentajes de la muestra. El índice de gluten es la relación entre el gluten húmedo que permanece en el tamiz (después de la centrifugación).
Falling Number	AACCI 56-81.03	Este método se basa en la capacidad del alfa-amilasa para licuar un gel de almidón. La actividad de la enzima se mide por el número de caída (FN), definido como el tiempo en segundos requerido para agitar y permitir que el agitador caiga una distancia medida a través de un gel de harina o de sémola acuoso caliente que experimenta licuefacción. La actividad alfa-amilasa está asociada con la germinación del núcleo, y ambos están inversamente correlacionados con la FN. El método es aplicable tanto a harina como a harina de granos pequeños y a cereales malteados.
Alveográficos	AACCI 54-30.02	El alveógrafo mide la resistencia de la masa a la extensión y el grado en que se puede estirar en las condiciones del método. En este método, una lámina de masa de espesor definido preparada bajo condiciones específicas se expande mediante presión de aire en una burbuja hasta que se rompe. La presión interna en la burbuja se registra gráficamente en papel en movimiento o integrador automático
Consistográfico	AACCI 54-50.01	Una masa está hecha de harina de trigo a la que se agrega una cantidad de agua, basada en el contenido inicial de humedad de la harina, para alcanzar un nivel de hidratación constante en base a materia seca. Durante el amasado de esta muestra de masa, la presión en un lado del mezclador se controla continuamente. La presión pico registrada durante el amasado se usa para calcular la absorción de agua de la muestra de harina a una "consistencia" dada (presión objetivo, HYDxxxx).

Nota: AACC International, 2018.

Anexo 3. Equipos utilizados en el laboratorio



(a) Glutomatic



(b) Alveografo de Chopin



(c) Contador de granos



(d) Equipo para realizar el test de Falling



(e) Balanza para peso hectolitro



(f) consistógrafo

Anexo 4 .Muestras de harina de Trigo-variedad HRW y CWR



a) Variedad HRW



b) Variedad CWR

Anexo 5. ANOVA de los fisicoquímicos de las dos variedades de trigo y harina

ANOVA para humedad de trigo recepcionado

	Suma de cuadrados	GL	Promedio de los cuadrados	F	Sig.
Filas	0.0044	2	0.0022	1.2202	0.4504
Columnas	0.3361	1	0.3361	184.9908	0.0054
Error	0.0036	2	0.0018		
Total	0.3441	5			

ANOVA para humedad de trigo acondicionado

	Suma de cuadrados	GL	Promedio de los cuadrados	F	Sig.
Filas	0.0044	2	0.0022	0.33	0.7519
Columnas	0.0011	1	0.0011	0.1588	0.7288
Error	0.0134	2	0.0067		
Total	0.0189	5			

ANOVA para humedad de la harina

	Suma de cuadrados	GL	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
Filas	0.02023	2	0.0101	19.5806	0.0486
Columnas	0.00107	1	0.0011	2.0645	0.2873
Error	0.00103	2	0.0005		
Total	0.02233	5			

ANOVA para peso hectolitro

	Suma de cuadrados	GL	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
Filas	0.4276	2	0.2138	1.4511	0.408
Columnas	4.7526	1	4.7526	32.2538	0.0296
Error	0.2947	2	0.1474		
Total	5.4749	5			

ANOVA para gluten húmedo

	Suma de cuadrados	GL	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
Filas	0.9669	2	0.4835	0.7172	0.5823
Columnas	8.3308	1	8.3308	12.359	0.0723
Error	1.3481	2	0.6741		
Total	10.6459	5			

ANOVA para índice gluten

	Suma de cuadrados	GL	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
--	-------------------	----	---------------------------	---	--------------

Filas	0.284	2	0.142	3.2264	0.2366
Columnas	0.6208	1	0.6208	14.1041	0.0642
Error	0.088	2	0.044		
Total	0.9929	5			

ANOVA para falling number

	Suma de cuadrados	GL	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
Filas	56.3333	2	28.1667	2.9649	0.2522
Columnas	1014	1	1014	106.7368	0.0092
Error	19	2	9.5		
Total	1089.3333	5			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta, S. (2001), Desarrollo de un pan de molde y marquesote para la panificadora rural de Nuevo Paraíso. México.; Recuperado el 20 de abril 2017 de: <https://goo.gl/CYi4qS>
- Antonini, D. (2012), Administración rural del trigo en Argentina. Argentina. Universidad Nacional del sur.
- Asociación Argentina de trigo. (2014), Normativa para determinar Calidad de Trigo; Recuperado el 18 de mayo de 2016 de: <https://goo.gl/S9zbk6>
- Boletín estadístico de producción agrícola, pecuaria y avícola. (2015), Recuperado el 20 de abril 2017 de: <https://goo.gl/546t5f>
- Callejo, M. (2001), Calidad industrial de la harina de trigo. Industria de cereales y derivado. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid.
- Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo .Industria Molinera. (2007), Recuperado el 09 de febrero de 2017 de: <https://goo.gl/dp5Zkw>
- Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo-CANIMOLT. (2007), Calidad de los trigos.; Recuperado el 14 de Noviembre del 2016 de:<https://goo.gl/mFU1w1>
- Canadian Grain Commission.Quality of western Canadian wheat exports. 2016. Recuperado el 07 de Marzo de 2017 de: <https://goo.gl/KfRxMN>
- Canadian International Grains Institute – CIGI. (2015), Trigo del oeste de Canadá.; Recuperado el 20 de octubre de 2016 de: <https://goo.gl/FKaBG4>
- Cavain, S.C y Young.L. (2012), Productos de Panaderia.Ciencia, tecnología y Práctica; editorial Acribia; S.A.Zaragosa-España.

De La Vega, G. (2009).Temas de Ciencia y Tecnología. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Recuperado el 20 de mayo de 2016 de: <https://goo.gl/PKLLKup>

Depósito de Documentos de la FAO. (2014), Cereales. Recuperado el 14 de marzo 2016 de: <https://goo.gl/1ffbvd>

Diario la Republica. (2015), Construyen planta harinera para frenar sobre costo de productos. Recuperado el 20 de abril del 2017 de: <https://goo.gl/EYSn6P>

Escuela Latinoamericana de Molinería -ESLAMO. (2016), Industria Molinera, Venezuela.; Recuperado el 15 de Noviembre de 2016 de: <https://goo.gl/6V45hG>

FAO, (2015). Nota informativa sobre la oferta y la demanda de cereales.; Recuperado el 20 de abril 2017 de: <https://goo.gl/HC6Xkb>

Forero, D. (2015), Almacenamiento de Granos. UNAD, Bogotá: Facultad de Ciencias Agrarias.

García, M. (2012), Tecnología de Cereales. Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.: <https://goo.gl/oHGrHS>

Granotec. (2016), Boletín de Información de Uso del Consistógrafo.

Hernández, C. (2013), Efecto Del Acondicionamiento Del Trigo Sobre La Calidad De La Harina Panadera. Recuperado el 23 de Noviembre del 2016 de: <https://goo.gl/Z7VWby>.

Hoffman, E. (2010), Caracterización del Trigo.; Recuperado el 20 de abril 2017 de: <https://goo.gl/Ft1Att>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA. (2016), .Calidad panadera, Argentina.; Recuperado el 9 de Marzo 2017 de: <https://goo.gl/67e6g4>

- Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2010), Trigo: Calidad vs. Rendimiento.; Recuperado el 9 de Marzo de 2017 de: <https://goo.gl/6K6ZA6>
- INTA. (2000), Clasificación calidad industrial de variedades argentinas.; Recuperado el 20 de octubre de 2016 de: <https://goo.gl/8i2vcM>
- Iñigo, P. (2010), Evaluación de variedades de triticale para distintos aprovechamientos: grano, forraje y biomasa energética y estudio comparativo con variedades de trigo, España: Universidad Pública de Navarra. Recuperado el 20 de mayo de 2016 de: <https://goo.gl/tjQZGU>
- K. Ashwath Kumar. (2016), Development of multigrain premixes—its effect on rheological, textural and micro-structural characteristics of dough and quality of biscuits. Recuperado el 23 de Noviembre del 2017 de: <https://goo.gl/m5E2xK>
- Mellado Z. (2013), El peso hectolitro se debe medir en una balanza oficial. Recuperado el 25 de noviembre de: <https://goo.gl/FvB7gR>
- Monteza, J. (2004), Caracterización Físico-Química de Harina de Trigo, Masa y Pan. Recuperado el 20 de septiembre del 2016 de: <https://goo.gl/zEpmDA>
- Moreiras y Co.; (2007), Tablas de composición de alimentos. Harina blanca de trigo. Recuperado el 23 de Marzo de 2017 de: <https://goo.gl/6sRQnv>
- Norma del Codex Para La Harina De Trigo. (1985), Codex Stand.
- Ortega C. (2014), Gluten en harina de trigo. Recuperado el 25 de Noviembre del 2017.

- Ponzio, N. Calidad panadera de variedades de trigo puras y sus mezclas. Influencia del agregado de aditivos. Recuperado el 20 de Noviembre del 2017 <https://goo.gl/aMBWzk>
- Rebeca Ferreras Charro. (2009), Análisis reológicos de diferentes porciones de harina. Recuperado el 9 de Marzo de 2017 de: <https://goo.gl/JSXiHd>
- Román, D. (2014) Evaluación de la calidad de harinas de diferentes variedades de cebada (*Hordeumsativum*Jess) cultivadas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala.
- Samame, G., (2013), Córdoba-España., Panificación. Recuperado el 14 de Noviembre de 2016 de: <https://goo.gl/4B13tU>
- Scotiabank Perú. (2016), Informes anuales .Recuperado el 14 de marzo 2017 de: <https://goo.gl/vXCSc8>
- Soto, J. (1996), “Proceso productivo del Pan”. Industria de la Panificación. Tomo uno, España, editorial luces.
- Triboi, E.; (2000), Environmental Effects on the Quality of Two Wheat Genotypes: Quantitative and Qualitative Variation of Storage Proteins. Eur. J. Agron.,
- U. S. Wheat Associates. (2015), Reporte de la Calidad de las Cosechas.; Recuperado el 20 de octubre de 2016 de: <https://goo.gl/EmBPBP>
- United States Department of Agriculture -USDA. (2016), Informes de producción y demanda de trigo.; Recuperado el 20 de Noviembre de 2016 de: <https://goo.gl/i1TDmj>
- Vadillo, J. (1989), “La calidad en los trigos”. Ministerio de Agricultura pesca y Alimentación, Madrid, Editorial Corazón de María.

Vásquez D. (2009), Aptitud industrial de trigo, 2013. Recuperado el 14 de Noviembre

2017 de: <https://goo.gl/ZL9p3N>

Wheat Data. (2016), Recuperado el 20 de abril 2017 de: <https://goo.gl/n1QRTn>