

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE BIOLOGÍA  
ESPECIALIDAD DE MICROBIOLOGÍA



Caracterización bromatológica de harinas de *Hordeum vulgare* “cebada”,  
*Avena sativa* “avena” y *Triticum aestivum* “trigo” expandidas en el mercado  
Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos. Ayacucho 2010.

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:  
BIÓLOGA  
ESPECIALIDAD DE MICROBIOLOGÍA**

**PRESENTADA POR:  
Bach. CRESPO PAREDES, Marieta**

**AYACUCHO, PERÚ**

**2012**

Al sacrificio de mi padre, que a pesar de su situación de salud me conmina a seguir en la brega de mis objetivos y a mi madre, quien desde lo alto me da fuerzas para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, mi Alma Máter, por forjar profesionales competentes.

A la Facultad de Ciencias Biológicas por haberme acogido en sus aulas durante mi formación profesional.

A la plana de docentes de la Escuela de Formación Profesional de Biología quienes me brindaron su apoyo moral, material y estímulo permanente, por sus acertadas enseñanzas y orientaciones en el logro de mis metas.

A la asesora: Bióloga Edna León Palomino, por haberme brindado su asesoramiento y su apoyo incondicional; al Doctor Tomas Castro Carranza, Blgo. Elbert Hermoza Valdivia, por su apoyo y comprensión.

A los señores auxiliares de laboratorio por brindar las facilidades para la realización de la presente tesis.

## ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN .....	2
II. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. La Enfermedad celiaca .....	5
2.2.1. Definición.....	5
2.2.2. Epidemiología.....	6
2.2.3. Etiopatogenia.....	7
2.2.4. Formas de celiacía .....	8
2.2.5. El gluten.....	8
2.2.5. Causas de la enfermedad .....	9
2.2.6. Sintomatología y consecuencias.....	11
2.2.8. Diagnóstico de la enfermedad celiaca .....	14
2.2.9. Tratamiento.....	15
2.3. Cereales .....	16
2.3.1. <i>Avena sativa</i> “avena” .....	17
2.3.2. <i>Triticum aestivum</i> “trigo”.....	18
2.3.3. <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” .....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
3.1. Área de estudio.....	25
3.2. Recolección de la muestra.....	25
3.3. Análisis Bromatológico.....	25
3.3.1. Características organolépticas.....	26
3.2.2. Características físicas.....	26
3.2.3. Características químicas.....	27
3.3. Análisis Estadístico .....	33
IV. RESULTADOS .....	34
V. DISCUSIÓN .....	45
VI. CONCLUSIONES.....	55
VII. RECOMENDACIONES.....	57
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
ANEXOS .....	64

**Caracterización bromatológica de harinas de *Hordeum vulgare* "cebada", *Avena sativa* "avena" y *Triticum aestivum* "trigo" expendidas en el mercado Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos, Ayacucho 2010.**

**Autor:** Bach. Marieta, CRESPO PAREDES  
**Asesor(a):** Blg. Edna LEÓN PALOMINO

**RESUMEN**

El trabajo se realizó con la finalidad de caracterizar bromatológicamente a las muestras de harina de *Hordeum vulgare* "cebada", *Avena sativa* "avena" y *Triticum aestivum* "trigo" expendidas en el mercado Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos, en la ciudad de Ayacucho. Las tres muestras de cada variedad de producto, fueron procesadas en el laboratorio de Bromatología y Nutrición de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. La técnica de recolección de datos fue la evaluación del perfil bromatológico que se registraron en la lista de chequeo. En el tratamiento estadístico de los datos se empleó la prueba de Análisis de Varianza y la prueba de Tukey al 95% de nivel de confianza. Los resultados de la investigación determinaron los siguientes valores en porcentajes: la acidez fue 0.022% (avena), 0.023% (trigo) y 0.030%, humedad 8.86% (cebada), 9.80% (avena), 14.55% (trigo), ceniza 2.69% (trigo), 2.96% (avena) y 4.10% (cebada); carbohidratos 73.01% (trigo), 74.22% (avena) y 77.48% (cebada); almidón 45.33% (avena), 64.00% (cebada) y 68.00% (trigo); extracto etéreo 0.103% (cebada), 0.1085 (trigo) y 0.365% (avena); proteína 9.45% (cebada), 9.64% (trigo) y 12.65% (avena); gluten húmedo 36.72% (trigo), 37.81% (cebada) y 45.36% (avena); prolaminas 4.24% (trigo), 4.92% (cebada) y 6.58% (avena); finalmente el porcentaje de gluteninas fue de 0.63% (avena), 2.17% (cebada) y 3.86% (trigo). Se concluye que existe diferencias en la composición físicoquímica del *Hordeum vulgare* "cebada", *Avena sativa* "avena" y *Triticum aestivum* "trigo".

**Palabras clave:** Bromatología del *Hordeum vulgare* "cebada", *Avena sativa* "avena" y *Triticum aestivum* "trigo"

## I. INTRODUCCIÓN

La enfermedad celíaca es una forma de enteropatía que afecta a individuos genéticamente predispuestos, al entrar en contacto con alimentos que contienen gluten. Ello determina la aparición de una lesión histológica característica, aunque no patognomónica, que en las formas más graves provoca atrofia de las vellosidades intestinales. Como consecuencia puede producirse un defecto de mal absorción de nutrientes (principios inmediatos, sales minerales y vitaminas) que conduce a diversos estados carenciales responsables de un amplio espectro de manifestaciones clínicas (Fasano, 2010).

La enfermedad celíaca puede presentarse a cualquier edad de la vida y cursa con manifestaciones clínicas muy variadas, aunque en muchos casos la enfermedad es asintomática. Estas premisas hacen especialmente relevante el papel del pediatra y del médico de familia en atención primaria en el diagnóstico precoz, evitando así el desarrollo a largo plazo de complicaciones graves (Ligorria, E).

Los cereales han jugado un papel muy importante en la historia de la civilización, por ello que ha sido objeto de numerosas investigaciones y publicaciones. Sin

embargo, pese a la gran producción de cereales en Latinoamérica, la literatura Específica sobre su cultivo, procesamiento y productos derivados, en dicho continente, es escasa. Esta desinformación es todavía más acentuada en el caso de los granos andinos y las harinas obtenidas de tubérculos y legumbres. El objeto de esta investigación es cubrir en parte dicho vacío y servir de información actualizada sobre las características de dichos cereales por lo que se plantearon los siguientes objetivos:

**Objetivo General:**

Conocer las características bromatológicas de harinas de *Hordeum vulgare* "cebada", *Avena sativa* "avena" y *Triticum aestivum* "trigo" expandidas en el mercado Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos.

**Objetivos Específicos:**

- a) Determinar la característica fisicoquímica y organoléptica de harinas de *Hordeum vulgare* "cebada", *Avena sativa* "avena" y *Triticum aestivum* "trigo".
- b) Determinar el porcentaje del nitrógeno total de harinas *Hordeum vulgare* "cebada", *Avena sativa* "avena" y *Triticum aestivum* "trigo".
- d) Determinar el porcentaje de gluten en harinas *Hordeum vulgare* "cebada", *Avena sativa* "avena" y *Triticum aestivum* "trigo".
- e) Evaluar el porcentaje de fracciones proteicas (prolaminas y gluteninas) en harinas *Hordeum vulgare* "cebada", *Avena sativa* "avena" y *Triticum aestivum* "trigo".

- f) Establecer la concentración de gluten relacionado con el consumo de celíacos.



## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Begué (2010), en la investigación "Enfermedad celíaca: prevalencia del diagnóstico en un hospital de comunidad", reportó 283 pacientes con diagnóstico de enfermedad celiaca entre 128748 afiliados (0,22%). La edad promedio fue de 42,3 años, correspondiendo un 80,2% al sexo femenino.

Guerreiro (2010), en la investigación "Detección de anticuerpos antigliadina y antitransglutaminasa en pacientes con clínica sugestiva de enfermedad celíaca", reportó la presencia de anticuerpos antigliadina y antitransglutaminasa en el suero de 110 enfermos con clínica sugestiva de enfermedad celíaca, y se detectaron anticuerpos en 23 enfermos: 11 con antigliadina, antitransglutaminasa y biopsia positiva; 6 con antigliadina positiva, antitransglutaminasa negativa y biopsia positiva y 6 con antigliadina positiva, antitransglutaminasa negativa y biopsia negativa.

Deprati (2005), refiere que la enfermedad celíaca es una enfermedad autoinmune que cursa con una agresión inflamatoria sobre la mucosa del intestino delgado. Es precipitada por la ingesta de una fracción proteica del gluten de la dieta en personas susceptibles genéticamente. Anteriormente se creía que era una entidad infrecuente pero estudios recientes en diferentes

partes del mundo arrojan una prevalencia de 1 caso cada 200 a 300 personas. Comúnmente la manifestación de esta enfermedad es atípica u oligosintomática, siendo la forma clásica de síndrome de malabsorción, poco frecuente. La disponibilidad y seguridad de los test serológicos actuales permiten identificar a la mayoría de los pacientes con la enfermedad.

## **2.2. La enfermedad celiaca**

### **2.2.1. Definición**

La enfermedad celiaca (EC) es un desorden inflamatorio crónico intestinal caracterizado por una atrofia de las vellosidades intestinales, que se desencadena al ingerir alimentos ricos en gluten en individuos genéticamente predispuestos (Dema, 2010).

Como consecuencia, se establece una malabsorción de nutrientes, cuya repercusión clínica y funcional, en general, va a estar en dependencia de la edad y la situación previa clínico-nutricional del paciente y la única actitud terapéutica es la supresión de la dieta de todos los productos que contienen gluten, concretamente todos los productos que incluyen harinas de cebada, centeno, avena y trigo. Aunque recientemente se ha puesto en entredicho la toxicidad de la avena, especialmente en pacientes pediátricos, no se dispone de estudios concluyentes. Un régimen estricto sin gluten conduce a la desaparición de los síntomas clínicos y de la alteración funcional (Donat, 2010).

### **2.2.2. Epidemiología**

La Enfermedad Celiaca suele darse en personas de raza blanca aunque también puede ocurrir en individuos procedentes de la India o de Pakistán, siendo rara al sur del Sahara, en China y en Japón. Ha sido difícil explicar hasta ahora por qué

en Estados Unidos con una población similar a la europea (descendientes de inmigrantes) la prevalencia de esta enfermedad era baja y es aproximadamente 2 veces más frecuente en las mujeres que en los hombres, tanto en series pediátricas como de adultos (Dema, 2010).

En Italia se realizó un despistaje de la enfermedad en una población escolar asintomática del centro de Italia a un total de 3351 niños con edades comprendidas entre 11 y 15 años. Con este estudio se demostró que la prevalencia real de la enfermedad era mucho mayor de la estimada, existiendo un gran número de formas silentes u oligosintomáticas; con una prevalencia de casos conocidos de 1/2-2500 distinta de la real obtenida tras despistaje de 1/300 (por cada caso diagnosticado existen 6-7 nuevos casos por diagnosticar). Semejantes resultados se obtienen en Holanda con un estudio de características parecidas, siendo los casos conocidos de 1/2700 y los casos obtenidos por despistaje poblacional de 1/300. Recientes estudios de despistaje realizados en Estados Unidos muestran una prevalencia similar sobretodo de casos atípicos o silentes (Donat, 2010).

### **2.2.3. Etiopatogenia**

La Enfermedad Celiaca se caracteriza por una intolerancia total y permanente al gluten, que es, a su vez, una mezcla de dos grupos de proteínas: las prolaminas y las gluteninas. El grupo de las prolaminas es la fracción del gluten que está involucrada en el desarrollo de esta entidad. Según el cereal de donde provengan, esta fracción recibe diferentes nombres: gliadina en el trigo, secalina en el centeno, hordeína en la cebada y avenina en la avena. Muy recientemente se ha encontrado un péptido perteneciente a la gliadina que llega intacto al intestino delgado y desencadena el mecanismo de la inflamación (enteritis) y

posterior destrucción de las vellosidades intestinales. Este mecanismo inmunológico ocurre en personas predispuestas genéticamente. La importancia del factor genético está respaldada por su alta prevalencia entre familiares de primer grado (alrededor de 10%) II (Deprati, 2005).

#### **2.2.4. Formas de celiaquía**

**a.1. Celiaquía clásica:** Donde predominan los trastornos intestinales, es la más fácil de detectar y constituye la punta del iceberg celíaco.

**a.2. Celiaquía potencial:** Comprende a las personas que tienen predisposición genética (familiares en 1º celíacos), presentan alteraciones inmunitarias pero las vellosidades de su intestino están intactas.

**a.3. Celiaquía silente:** La sintomatología es prácticamente nula pero los enfermos tienen alterada la mucosa yeyunal (atrofia en las vellosidades. Presentan marcadores serológicos positivos y HLA- DQ2/DQ8.

**a.4. Celiaquía latente:** Los enfermos no tienen síntomas, en general se trata de personas con predisposición genética o que sufrieron la celiaquía en la infancia pero se recuperaron.

**a.5. Celiaquía refractaria:** La dieta libre de gluten no elimina los trastornos intestinales, estos enfermos tienen solo 50% de supervivencia ya que la predisposición a desarrollar procesos neoplásicos, como el linfoma intestinal e infecciones concomitantes muy alta (Fasano, 2010).

#### **2.2.5. El gluten**

El gluten es un término genérico dado a la mayor parte de las proteínas del trigo y de otros cereales como la cebada, el centeno y la avena. Este tiene, a su vez,

gluteninas y prolaminas; estas últimas son, específicamente, las gliadinas, las secalinas, las hordeínas y las aveninas, todas fracciones tóxicas para el celíaco. En relación con la avena, algunos investigadores en Finlandia en el año 2000 refieren que el suministro diario de avena a niños celíacos no presentó alteraciones histológicas, tras dos años de exposición a este cereal; sin embargo, diferentes expertos insisten en que la avena suele estar muy contaminada con otros cereales que contienen gluten, especialmente con la cebada, y que se necesitan más estudios de este tipo antes de recomendar su consumo, por lo que creen debe considerarse este cereal como prohibido para los celíacos pero a un otros investigadores han comunicado la existencia de manifestaciones clínicas asociados al consumo de avena en los celíacos (Parada, 2010).

#### **2.2.5. Causas de la enfermedad**

Los cereales suponen la mayor fuente de nutrientes para numerosas comunidades humanas, siendo en el caso de los países occidentales la base de la pirámide alimenticia. Para los pacientes celíacos sin embargo, ciertos cereales son el principal factor ambiental causante de su patología.

Se sabe que las proteínas del trigo, la cebada y el centeno son los desencadenantes esenciales de la enfermedad celiaca. Estas proteínas se encuentran en el endospermo del grano de los cereales llamado gluten pertenece a la fracción insoluble de esta reserva proteica y está formado por dos fracciones mayoritarias, las gliadinas y las gluteninas. El alto contenido en prolamina lo hace bastante resistente a la digestión por las enzimas digestivas gástricas, pancreáticas e intestinales (Rueda, 2006).

A pesar del prominente papel del gluten como factor ambiental desencadenante

de la enfermedad celiaca, se cree que otros factores ambientales podrían afectar al desarrollo de esta enfermedad (Rueda, 2006).

#### **2.2.6. Sintomatología y consecuencias**

La expresión clínica de la enfermedad celiaca es variada y se puede presentar mediante una serie de síntomas y signos intestinales o de malabsorción, que representan la forma clásica, más conocida. Puede haber manifestaciones atípicas y manifestaciones mínimas, ya sean de tipo gastrointestinal o no. Es posible que la enfermedad no dé lugar a ninguna manifestación clínica (Cabañero, 2009).

En la exploración física de un cuadro típico de celiaquía, se observa un abdomen grande, protuberante, redondeado, sin circulación colateral. A la palpación es blando, sin vísceromegalias y puede haber un dolor impreciso. El panículo adiposo está disminuido, hay pérdida de la masa y la fuerza muscular, las nalgas están aplanadas, a veces con facies seria, y las extremidades y el tórax están adelgazados (Cabañero, 2009).

A nivel hematológico, se han descrito otras múltiples alteraciones: aumento del índice de distribución del volumen de glóbulos rojos, anemia microcítica hipocrómica, anemia normocítica normocrómica, hipocolesterolemia, hipertrasaminasemi , leucopenia, trombocitopenia, disminución del tiempo de protrombina y del tiempo parcial de tromboplastina probablemente debido a la malabsorción(Cabañero, 2009).

La primera manifestación de la enfermedad puede ser atípica, de carácter gastrointestinal, en forma de estreñimiento, dispepsia, aftas orales, queilitis, distensión y meteorismo abdominal (Cabañero, 2009).

centeno). Cada grano está compuesto por varias capas: las envolturas o salvado que contiene la mayor parte de la fibra, el endospermo que contiene el almidón y la mayor parte de la proteína del cereal; y el germen el 3%, pero concentra varios nutrientes: proteínas, vitamina B1, Vitamina E. Presentan frutos en forma de granos llamados cariósides, en las que las cubiertas están soldadas a las semillas; y crecen en las plantas de la familia de las gramíneas. Gramíneas, nombre común de una extensa familia de plantas con flor, la más importante del mundo desde los puntos de vista económico y ecológico. La familia contiene unos 635 géneros y 9.000 especies, y es la cuarta más extensa después de las leguminosas, orquidáceas y compuestas. A esta familia también se la conoce con el nombre de Poáceas (Dieter, 2001).

Existen otros granos que, aunque no pertenecen a esta familia botánica, se incluyen en el grupo de los cereales por su forma de empleo. Tal es el caso del alforfón o trigo sarraceno, el amaranto, la cañihua y la quinoa, dependiendo este valor no sólo de tipo de cereal, sino de la variedad y de las técnicas de producción, siendo por tanto muy variable. Los principales cereales utilizados en la alimentación humana son el *Triticum aestivum* "trigo", la *Hordeum vulgare* "cebada", *Oryza sativa* "arroz", *Zea mays*, "maíz" *Secale cereale* "centeno", y la *Avena sativa* "avena". El trigo y el centeno son adecuados para fabricar productos de panadería, especialmente pan y se denominan cereales panificables (Dieter, 2001).

### **2.3.1. *Avena sativa* "avena"**

La avena es un cereal procedente de Asia menor. Las variedades más utilizadas son de tipo hexaploide, principalmente *Avena sativa*. El cultivo se adapta bien a climas fríos, y soporta una elevada acidez en el suelo, por lo que es más

En las mujeres, retraso de la menarquia, amenorrea, abortos espontáneos, infertilidad, menor peso de los recién nacidos y menor duración de la lactancia materna, que mejoran al realizar una dieta sin gluten. En varones puede ser el origen de infertilidad y pubertad retrasada (Cabañero, 2009).

#### **2.2.8. Diagnóstico de la enfermedad celíaca**

Exámenes de sangre (para medir el nivel de anticuerpos al gluten)  
Los investigadores han encontrado que las personas que tienen la enfermedad celíaca tienen niveles más altos de lo normal de ciertos anticuerpos en la sangre. (Cabañero, 2009).

Biopsia. Para diagnosticar la enfermedad celíaca, el médico puede extirpar una porción diminuta de tejido del intestino delgado, para comprobar si hay algún daño en las vellosidades. Este procedimiento se considera como el "patrón de oro" para el diagnóstico de la enfermedad celíaca (Cabañero, 2009).

#### **2.2.9. Tratamiento**

Los pacientes con intolerancia al gluten han de seguir una dieta exenta de esta sustancia de por vida. Por tanto, han de evitar cualquier alimento preparado con trigo, cebada, centeno y avena. Han de ser cuidadosos, ya que numerosos alimentos y medicamentos tienen gluten en su composición, por lo que esta se ha de revisar cuidadosamente. Necesitan, en consecuencia, la supervisión de personal experto en este tipo de dietas y son también de gran valor las guías y listados de alimentos exentos de gluten que elaboran las asociaciones de celíacos (Cabañero, 2009).

#### **2.3. Cereales**

Son semillas o granos de plantas gramíneas (trigo, arroz, maíz, avena, cebada,



abundante en el Norte que en el Sur de Europa. Existen variedades de tipo desnudo (*Avena nuda*); también se comercializan híbridos con eco tipos espontáneos con un 20-25% de proteína. La producción española es bastante reducida (300-400.000 Tm/año), habiendo descendido notablemente en los últimos años (Edel, 2007).

El grano está compuesto, como media, por un 3% de embrión, un 30% de salvado y un 57% de endospermo harinoso, aunque estas proporciones pueden oscilar notablemente entre las diferentes variedades y con la climatología y condiciones de cultivo (Edel, 2007).

La avena es el cereal de menor valor energético, como consecuencia de su alto contenido en fibra y lignina y su bajo nivel de almidón. Su contenido en  $\beta$ -glucanos es elevado, pero inferior al de la cebada. Tiene una proporción apreciable de fibra efectiva, por lo que resulta adecuada también para alimentar vacas de leche, conejos, caballos y cerdas gestantes. Las variedades desnudas, y la avena descascarillada, tienen en cambio un elevado valor energético, superior incluso al del maíz, y resultan muy palatables (Edel, 2007).

El grano tiene un elevado contenido en grasa (4,9%) altamente insaturada (35% de ácido oleico y 39% de linoleico), por lo que tiende a producir canales blandas si se usa como único cereal en el pienso. Por la misma razón, presenta riesgo de enranciamiento, lo que debe tenerse en cuenta en el control de calidad de este ingrediente (Edel, 2007).

Es un cereal blanco, pobre en calcio, y en vitaminas D, B2 y niacina. El contenido en proteína se sitúa en un 10,5%, pero es altamente variable (6-17%) en función de los mismos factores de variación descritos para otros granos. La avena se distingue de otros cereales por su menor proporción de prolaminas (10-

16%) y gluteninas (5%) y su alta concentración de globulinas (78-80%). Como consecuencia, la solubilidad y degradabilidad son muy elevadas, y la concentración de aminoácidos esenciales es alta en relación a otros granos.

Destaca también su elevada concentración de cistina (2,86% respecto al total de PB) (Edel, 2007).

Los granos de avena procedentes de variedades desnudas, así como la avena descascarillada por medios mecánicos, tienen un contenido en fibra mucho más reducido que la avena entera. Como consecuencia, sus contenidos en proteína y grasa son más elevados y su concentración energética es superior incluso a la del grano de maíz. Por ello, resultan preferibles a la avena entera en piensos para lechones, cerdos en cebo y avicultura. No obstante, debe tenerse en cuenta que presentan más problemas de enranciamiento y de formación de canales blandas (Edel, 2007).

### **2.3.2. *Triticum aestivum* “trigo”**

*Triticum* spp es el término que designa al conjunto de cereales, tanto cultivados como silvestres, que pertenecen al género *Triticum*. Todos ellos son plantas anuales de la familia de las gramíneas, y su cultivo se ha extendido por todo el mundo. La palabra «trigo» proviene del vocablo latino *triticum*, que significa ‘quebrado’, ‘triturado’ o ‘trillado’, haciendo referencia a la actividad que se debe realizar para separar el grano de trigo de la cascarilla que lo recubre. Con el término trigo se designa tanto a la planta como a sus semillas comestibles, tal y como ocurre con los nombres de otros cereales. El trigo es uno de los tres cereales más cultivados globalmente, junto al maíz y el arroz, y el más consumido por el hombre en la civilización occidental desde la Antigüedad. El trigo se cultiva preferentemente para ser destinado al consumo humano, y en

menor cantidad para piensos (Edel, 2007).

El grano del trigo se utiliza para hacer harina, harina integral, sémola y malta, así como una gran variedad de productos alimenticios derivados de estos, como pan, galletas, cerveza, whisky, pasta, cereales de desayuno, aperitivos, etc. En Europa, el trigo fue la principal fuente de almidón para la fabricación de papel y cartón, hasta que se introdujo el cultivo del maíz (Edel, 2007).

Los granos de trigo son cariósides que presentan forma ovalada con sus extremos redondeados. Están formados por tres partes principales: el salvado, o parte externa, el germen o embrión y el endospermo, que es la parte más interna del grano. El germen sobresale en uno de los extremos y en el otro hay un mechón de pelos finos, el resto del grano se denomina endospermo, el cual es un depósito de alimentos para el embrión que representa el 82% del peso del grano. A lo largo de la cara ventral del grano hay una depresión (surco), una invaginación de la aleurona y todas las cubiertas. En el fondo del surco hay una zona vascular fuertemente pigmentada. El pericarpio y la testa, juntamente con la capa aleurona, conforman el salvado de trigo. El salvado está formado por numerosas capas ricas en vitaminas y minerales, así como con un alto contenido en proteína. La capa de aleurona se localiza entre el salvado y el endospermo. Esta capa juega un papel fundamental en el desarrollo del embrión durante la germinación. La capa de aleurona contiene concentraciones altas de diversas sustancias nutritivamente importantes, y por ello resulta muy interesante conseguir su aprovechamiento. El germen es la parte donde se inicia el origen de una nueva planta. El germen de trigo es una de las fuentes más ricas en vitaminas del grupo B y E, y contiene proteínas, grasas y minerales. El endospermo está formado principalmente por almidón, proteínas y, en menor medida, celulosas, y presenta un bajo contenido de vitaminas y minerales. La

harina blanca está formada predominantemente por el endospermo (Edel, 2007).

Los trigos se clasifican en función de la estación de cultivo, el color, la dureza y textura del endospermo (relacionada con la forma de romperse el grano durante la molienda) y por su contenido proteico (relacionado con las propiedades funcionales de la harina). Los trigos de ciclo largo se siembran en otoño en el hemisferio norte, maduran durante primavera y se cosechan al principio del verano. Los trigos de ciclo corto se siembran en primavera, motivo por el cual se denominan de primavera, y se cosechan al final del verano. Los trigos de primavera tienen rendimientos significativamente inferiores que los trigos de invierno, pero el grano es de mejor calidad para el proceso de panificación debido a su mayor contenido en gluten y mayor fuerza proteica.

La harina de trigo es la única que tiene la habilidad de formar una masa cohesiva y tenaz, capaz de retener gases y dar productos aireados y livianos después de su cocción. Esta propiedad se debe a su composición química, y en especial a las proteínas y su capacidad para formar gluten. La composición del trigo puede variar según la región, las condiciones de cultivo y el año de cosecha, presenta en promedio: 8% de humedad, 60% de almidón, 11.9% de proteína, 1.5% de grasas, 2% de fibra bruta y 1.5% de cenizas. Los mono y disacáridos se encuentran en el grano en muy pequeñas cantidades, fructosa 0,06%, glucosa 0,08%, galactosa 0,02%, sacarosa 0,54% y maltosa 0,05% (porcentajes de materia seca). Los oligosacáridos, como la rafinosa (0,19%) también se encuentran en proporciones muy bajas (Edel, 2007).

Las proteínas de los granos de trigo se pueden dividir en dos grandes grupos: las proteínas del gluten y aquellas que no forman gluten. Las primeras se denominan proteínas de almacenamiento y constituyen alrededor del 75-80% del

total. Entre las proteínas no formadoras de gluten, que representan el 20-25% del contenido total, se encuentran la mayoría de las enzimas (Edel, 2007).

Las proteínas de los cereales de acuerdo a su solubilidad se presenta en cuatro tipos: albúminas, solubles en agua; globulinas, insolubles en agua y solubles en soluciones salinas diluidas; prolaminas, insolubles en agua y en soluciones salinas y solubles en alcohol al 70%; y glutelinas, insolubles en los solventes anteriormente mencionados y solubles en ácidos diluidos. Estas últimas también pueden ser solubilizadas en bases diluidas y detergentes. A los dos primeros grupos pertenecen las proteínas metabólicamente activas que se ubican en el citoplasma celular. Las gliadinas y gluteninas comprenden las proteínas de almacenamiento, las cuales conforman la mayoría de las proteínas presentes en el gluten. Los términos gliadinas y gluteninas son usados comúnmente para designar las proteínas de almacenamiento del trigo, aunque Osborne sugirió los nombres genéricos, prolaminas y glutelinas, para las fracciones equivalentes de otros cereales. En los cereales, las albúminas y las globulinas están concentradas en el germen, el salvado y las células de la capa de aleurona, y en menor medida en el endospermo. Estas proteínas poseen un buen balance de aminoácidos (Edel, 2007).

En el grano de trigo se encuentran presentes distintos tipos de lípidos, tales como ácidos grasos, glicéridos simples, galactoglicéridos, fosfoglicéridos, esteroides, esfingolípidos, dioles, tocoferoles, carotenoides e hidrocarburos (Edel, 2007).

### **2.3.3. *Hordeum vulgare* “cebada”**

La cebada es el principal cereal utilizado en la fabricación de numerosos productos. La cantidad total consumida es del orden de 3,5 millones de Tm/año,

lo que supone casi un 50% del total de los cereales. En el mercado internacional se encuentran dos tipos: la cebada cervecera o de dos carreras y la caballar o de seis carreras. En la práctica no es fácil distinguir los dos tipos. Los proveedores los mezclan a veces, ofreciéndolos como cebada cervecera, dada su mayor valoración por la industria de piensos. Los análisis medios de los últimos seis años muestran una tendencia hacia un mayor contenido en proteína (11,1 vs 10,8%) y almidón (51,5 vs 49,7%) y un menor contenido en fibra bruta (5,1 vs 6,4) en la cebada cervecera. Sin embargo, existen diferencias notables en función de la climatología y la zona de procedencia. Años y zonas secas dan lugar a cebadas con un menor contenido en almidón y energía, y una mayor proporción de fibra y proteína. Existen también variedades de granos desnudos con mayor contenido en proteína y almidón y menor proporción de componentes de la pared celular, pero más sensibles a plagas y enfermedades (Edel, 2007).

El grano de cebada está compuesto por un 3,5% de germen, un 18% de pericarpio y un 78,5% de endospermo (incluyendo la aleurona). El germen es rico en azúcares (sacarosa, rafinosa y fructosanas). El pericarpio está lignificado y es abrasivo debido a la presencia de sílice en la epidermis. La capa de aleurona es rica en fibra, proteína, triglicéridos y azúcares. El endospermo es fundamentalmente de tipo harinoso. La matriz proteica que envuelve los gránulos de almidón es fácilmente degradable, lo que facilita la accesibilidad y fermentabilidad del almidón. El procesado del grano tiene un efecto pequeño sobre su valor nutritivo, similar al descrito para el trigo (Edel, 2007).

El contenido en almidón y la proporción de amilosa de la cebada, son inferiores a los del maíz y trigo. El grano contiene un 2-3% de azúcares solubles (sacarosa y rafinosa). La presencia de las glumas en el grano implica un contenido elevado en fibra, aunque su grado de lignificación es bajo. La mayor parte de la fibra está

constituida por  $\beta$ -glucanos y pentosanas, en proporciones muy variables (1,6-8,3% y 4,4-8,7%, respectivamente) dependiendo de la variedad, zona de procedencia y climatología. El contenido medio de  $\beta$  glucanos es superior al del trigo, maíz y centeno y similar al de la avena. Al estar localizados en la pared celular del endospermo y de la capa de aleurona, su proporción aumenta en granos desnudos y es también superior en variedades de 2 respecto a 6 carreras. La concentración de estos componentes fibrosos aumenta en condiciones de falta de humedad durante la etapa de maduración del grano (golpe de calor), lo que da lugar a variaciones geográficas e interanuales importantes. Estos compuestos son parcialmente solubles en agua, e incrementan la viscosidad del contenido digestivo, lo que supone un descenso de la ingestión y dificulta la absorción de los demás nutrientes (Edel, 2007).

La cebada tiene una baja proporción de grasa (2%) y de ácido linoleico (0,8%), dando lugar por tanto a canales de calidad. También tiene un bajo contenido en pigmentos, vitaminas liposolubles y vitamina B12. En cambio, es una fuente excelente de algunas vitaminas del grupo B (tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido pantoténico) y de niacina. La concentración media en proteína es de un 11,3%. La proporción de proteínas solubles (albúminas y globulinas) en la proteína total es relativamente alta (25%). El grano contiene además un 52% de prolamina (hordeína) y un 23% de glutenina. Tanto la calidad proteica como la degradabilidad de la proteína (82%) son relativamente altas con respecto a otros cereales. El efecto de la climatología y la productividad sobre el perfil de aminoácidos es similar al descrito para el trigo (Edel, 2007).

### **III. MATERIALES Y MÉTODO**

#### **3.1. Área de estudio**

El presente trabajo de investigación se realizó en la localidad de Ayacucho, las muestras de harinas *Hordeum vulgare* “cebada”, *Avena sativa* “avena” y *Triticum aestivum* “trigo” provenientes del mercado Carlos F. Vivanco de nuestra ciudad de Ayacucho ubicada a una altitud 2,746 msnm, las cuales fueron transportadas al laboratorio de Bromatología y Nutrición de la Facultad de Ciencias Biológicas de Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga para su respectivo análisis.

#### **3.2. Recolección de la muestra**

Los granos de trigo, cebada y avena fueron recolectados en frascos de vidrio de boca ancha, limpios, estériles, y transportados al laboratorio de Bromatología y Nutrición, realizando una molturación con un molino manual, extrayendo una harina blanda y previamente tamizado puesta nuevamente al frasco de vidrio de boca ancha limpio y esterilizado; cada muestra es representada por dos kilos de cada variedad de cereal.

#### **3.3. Análisis Bromatológico**

Se realizó en las harinas de los cereales trigo, cebada y avena que fueron



adquiridas en el mercado central Carlos F. Vivanco del distrito de Ayacucho.

### **3.3.1. Características organolépticas**

La evaluación organoléptica consiste en evaluar las características de las harinas mencionadas línea arriba. La evaluación estuvo a la sujeta al juicio persona (catador):

- a. **Olor.**-Debe ser franco, fresco y agradable característico; el olor enmohecido, rancio se debe a la presencia de ácaros o harinas húmedas.
- b. **Color.**-Debe tener un color blanco mate, ligeramente amarillo, el color uniforme; un tono grisáceo rojizo con puntos negros amarillos o rojos es característico de un producto de mala calidad.
- c. **Sabor.**-Debe ser agradable, es decir "sui generis", un sabor ácido, amargo indica harinas alteradas o viejas rancias
- d. **Aspecto.**-Debe ser homogéneo y uniforme al ser extendido en capa delgada (Hermoza, 2007).

### **3.2.2. Características físicas**

#### **a. Determinación de Humedad**

Fundamento: Consiste en la pérdida de peso por evaporación de agua que contiene los alimentos, cualquier método de industrialización al que haya sido sometido detectándose en mayor o menor proporción.

El agua se encuentra en los alimentos como agua de cristalización (hidratos), o ligada a las proteínas y a las moléculas absorbida sobre la superficie de las partículas coloidales. Éstas formas requieren para su eliminación en forma de

vapor con calentamiento de distinta intensidad, (A.O.A.C, 1982).

**Cálculo:**

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

#### **b. Determinación del potencial de hidrógeno (pH)**

**Fundamento:** El pH de una disolución se define como el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrógeno (en mol/L).

El pH es una manera de expresar la concentración del ion hidrógeno, las disoluciones ácidas y básicas a 25°C se identifican por sus valores de pH.

El Potenciómetro se utiliza en el laboratorio para determinar el pH de una disolución, para obtener medidas más exactas (Meyer, 1990).

#### **3.2.3. Características químicas**

##### **Determinación de la acidez**

**Fundamento:** La acidez titulable es el porcentaje de peso de los ácidos contenidos en el producto. Se determina por medio del análisis conocido como titulación, que es la neutralización de los iones hidrógeno del ácido con una solución de NaOH valorado. Este álcali se adiciona con una bureta puesta verticalmente en un soporte universal, (Meyer, 1990).

**Cálculo:**

$$\% \text{ Acidez} = \frac{\text{Gasto de NaOH} \times 0.1 \text{ N} \times 0.090}{\text{g ó ml}} \times 100$$

Dónde:

N=Normalidad de la solución del Hidróxido de Sodio

0.090 = Equivalente gramo al ácido láctico

### **Determinación del nitrógeno total**

**Fundamento:** El fundamento del método Kjeldahl consiste en transformar el nitrógeno proteico en sulfato de amonio, mediante la digestión de la proteína por ácido sulfúrico concentrado, en presencia del sulfato de cobre ( $\text{SO}_4\text{Cu}$ ), sulfato de potasio ( $\text{SO}_4\text{K}_2$ ) u otro catalizador conveniente. El sulfato de amonio formado se separa entonces de la proteína digerida por destilación en corriente de vapor de agua. El método de Kjeldahl consta de tres etapas:

#### **Digestión:**

Es la primera etapa de método que consiste en la descomposición de la materia orgánica por ácido orgánica por el ácido sulfúrico, el cual se reduce a  $\text{SO}_2$  que el agente reductor de los compuestos.

El nitrógeno es liberado como  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

Muestra +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  + catalizador  $\longrightarrow$   $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

En esta fase todo el nitrógeno proteico pasa a la forma amónica.

El proceso de digestión se realiza empleando el digestor de Kjeldahl que dura aproximadamente dos horas.

#### **Destilación:**

Es la segunda etapa del método que consiste en la separación  $\text{NH}_3$  de la sustancia digerida con  $\text{NaOH}$  al 40%, recibiendo el destilado en un ácido valorado ( $\text{H}_3\text{BO}_3$  al 2%), el  $\text{NH}_3$  al condensarse pasa en forma de  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$  el cual se reconoce por su reactivo característico.

$\text{SO}_2 (\text{NH}_4)_2 + \text{NaOH}$  al 40% condensación  $2 \text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$

$\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{BO}_3 \text{ ----- } \text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$

#### **Titulación:**

Es la última fase, consiste en la neutralización del ácido con una solución de sulfúrico valorado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.025N).

$2\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ---- } (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4 + 2 \text{H}_3\text{BO}_3$

#### **Cálculo:**

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{\text{ml H}_2\text{SO}_4 \times \text{N} \times 14}{\text{Peso de la muestra (mg)}} \times 100$$

#### **Hallando porcentaje de proteína:**

$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} \times 6.25$

#### **Dónde:**

ml. $\text{H}_2\text{SO}_4$ = Gasto real

N=Normalidad del  $\text{H}_2\text{SO}_4$

14 = peso atómico del nitrógeno

100=Porcentaje por c/100g

6.25 =factor de conversión de las proteínas para la mayoría de las plantas, con excepción del trigo su factor de conversión es 5.70 (León, Hermoza, 2000).

#### **Determinación de grasa**

**Fundamento:** Se basa en la extracción de las grasas mediante la acción (del éter Sulfúrico o éter de petróleo) del éter etílicoanhidrido sobre la materia

seca, la que solubiliza tanto a las grasas como algunas sustancias también solubles en él, las que se encuentran en cantidades mínimas, tales como la clorofila, ceras y ácidos orgánicos las que se depositan en el matraz del equipo extractor,(A.O.A.C, 1982).

**Cálculo:**

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(\text{peso matraz} + \text{grasa}) - (\text{peso matraz vacío})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

### **Determinación de carbohidratos totales**

**Fundamento:** La determinación de los carbohidratos en un análisis rutinario de un alimento se calcula por diferencia, descontando del 100% los otros componentes determinados en porcentaje, (A.O.A.C, 1982).

**Cálculo:**

$$\text{Carbohidratos totales} = 100 - (\%H + \%Ce + \%Ee + \%P)$$

Dónde:

%H= porcentaje de humedad

%Ce = porcentaje de ceniza.

%Ee = porcentaje de extracto etéreo

%P = porcentaje de proteína

### **Determinación de ceniza**

**Fundamento:** consiste en que la materia orgánica de la muestra es destruida y volatilizada a elevadas temperaturas, dejando un residuo constituido por óxidos y sales metálicas. Los carbohidratos, proteínas y lípidos son volatilizados y los minerales no llegan a volatilizarse, y participan

en las diferentes reacciones químicas (A.O.A.C, 1982).

**Cálculo:**

$$\% \text{ Ceniza total} = \frac{(\text{peso crisol} + \text{ceniza}) - (\text{peso crisol})}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

### **Determinación de almidón**

#### **Procedimiento**

Calentó durante 1 a 2 horas 1 gr. de materia prima con 100 ml. de agua destilada y 5 ml de HCl concentrado en un erlenmeyer con refrigerante a reflujo. Enfriar y llevar a casi neutralidad con NaOH, al 20%. Trasvasar a un balón aforado de 200 ml y llevar a volumen. Agitar y filtrar desechando las primeras gotas, valorar luego la glucosa liberada por el método de Fehling (León, 2004).

Título de Fehling

$$\frac{2\text{g de glucosa}}{T} = \frac{\text{-----}}{\text{-----}} = \frac{100\text{ML}}{G}$$

Conviene repetir dos a tres veces la valoración con glucosa y promediar los gastos para la determinación del título. Para hallar el almidón se utilizó el factor de 0.090.

### **Determinación de gluten húmedo**

#### **Procedimiento: Método del amasado**

Pesar 20 gr. de materia prima, colocar en un mortero, agregar 15 ml. de agua y mezclar con el pilón hasta obtener una masa firme. Se deja en contacto media hora, luego se manipula cuidadosamente la pasta entre las manos debajo de un

ligero chorro de agua haciendo pasar el líquido de lavado por un lienzo hasta que se haya eliminado todo el almidón y el agua escurrida pasa límpida. El gluten así obtenido, al que se agregan los fragmentos que hayan caído al lienzo, se exprimen sucesivamente con una y otra mano que se van secando con una tela hasta que no ceda más a la mano. Se pesa sobre un vidrio del reloj y se refiere al dato porcentaje de muestra (Milde 2008).

#### **Determinación de fracción proteica**

La extracción de proteínas mediante el proceso desarrollado por Osborne y Mendel en 1914 con base en las diferencias de solubilidad entre las proteínas. Las fracciones proteicas que se obtienen son: albúminas (solubles en agua), globulinas (solubles en soluciones salinas), prolaminas (solubles en soluciones alcohólicas) y glutelinas (solubles en álcali diluido)( De la Vega 2009).

##### **- Prolaminas**

Se agregó 100 mL de la solución alcohólica (etanol al 70%-acetato de sodio 0.5%) al residuo de proteína y se agitó por 1 hora, seguidamente se centrifugó por 20 min. Se colectó el sobrenadante y se lavó 2 veces más el residuo siguiendo el mismo procedimiento. Se juntó los sobrenadantes y se dializó contra agua por 24 hrs. cambiando por lo menos tres veces el agua, finalmente las proteínas se secaron. El residuo fue utilizado para la extracción de gluteninas ( De la Vega 2009).

##### **- Gluteninas**

Se agregó 100 mL de solución de etanol al 70%-acetato de sodio 0.5%-mercaptoetanol 0.1M al residuo anterior y se agitó por 30 min. Luego se separó el sobrenadante y se lavó el residuo 2 veces más con la solución de etanol-

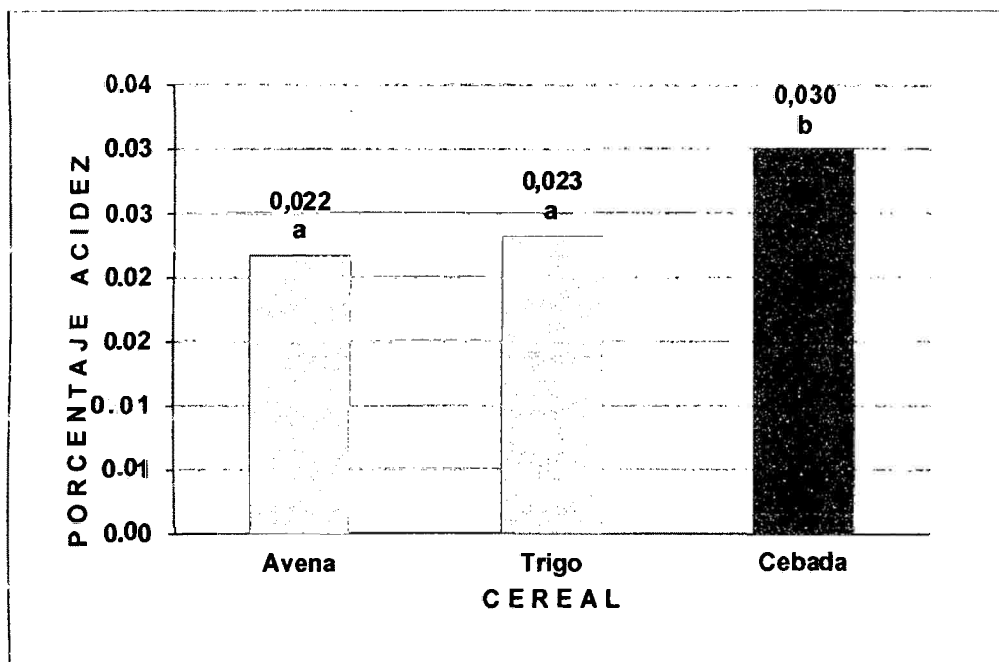
acetato de sodio-mercaptoetanol. Se juntaron los sobrenadantes y se secaron (De la Vega 2009).

#### **3.2.4. Análisis estadístico**

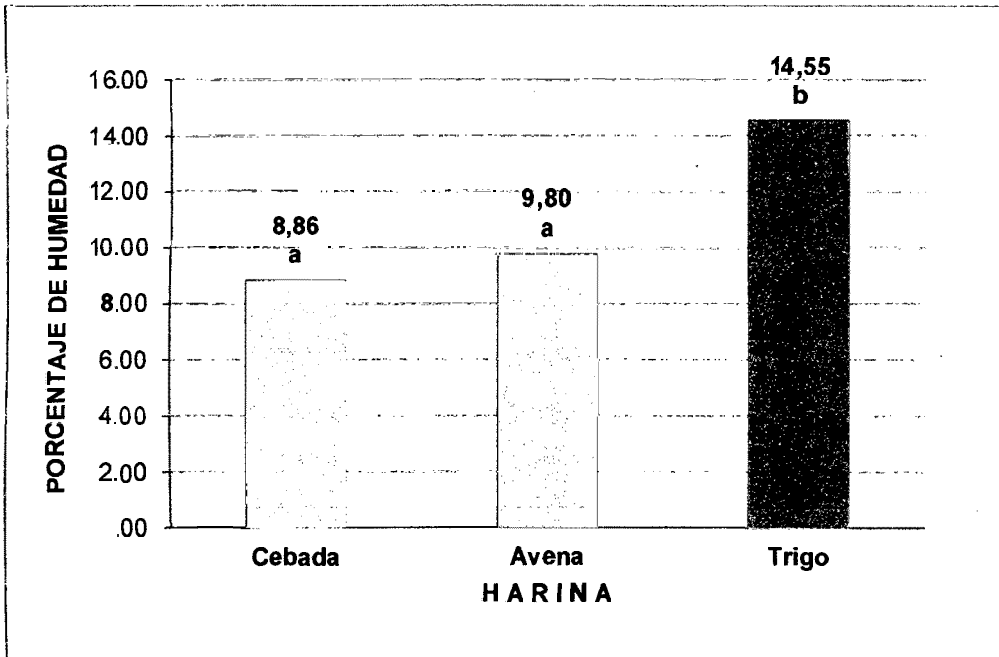
Los resultados se contrastaron mediante el análisis de varianza que fue usado para medir si existen diferencias entre los valores medios de las variables evaluadas en los tres cereales ("trigo", "cebada", "avena") y la comparación múltiple de Tukey para determinar la diferencia entre medias asignándoles un orden establecido y aun nivel de confianza de 95%.



#### **IV. RESULTADOS**



**Gráfico Nº 01: Prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) del porcentaje de acidez en harinas de *Hordeum vulgare* "cebada", *Avena sativa* "avena" y *Triticum aestivum* "trigo" expandidas en el mercado Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos, Ayacucho 2010.**



**Gráfico Nº 02: Prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) del porcentaje de humedad en harinas de *Hordeum vulgare* “cebada”, *Avena sativa* “avena” y *Triticum aestivum* “trigo” expendidas en el mercado Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos, Ayacucho 2010.**

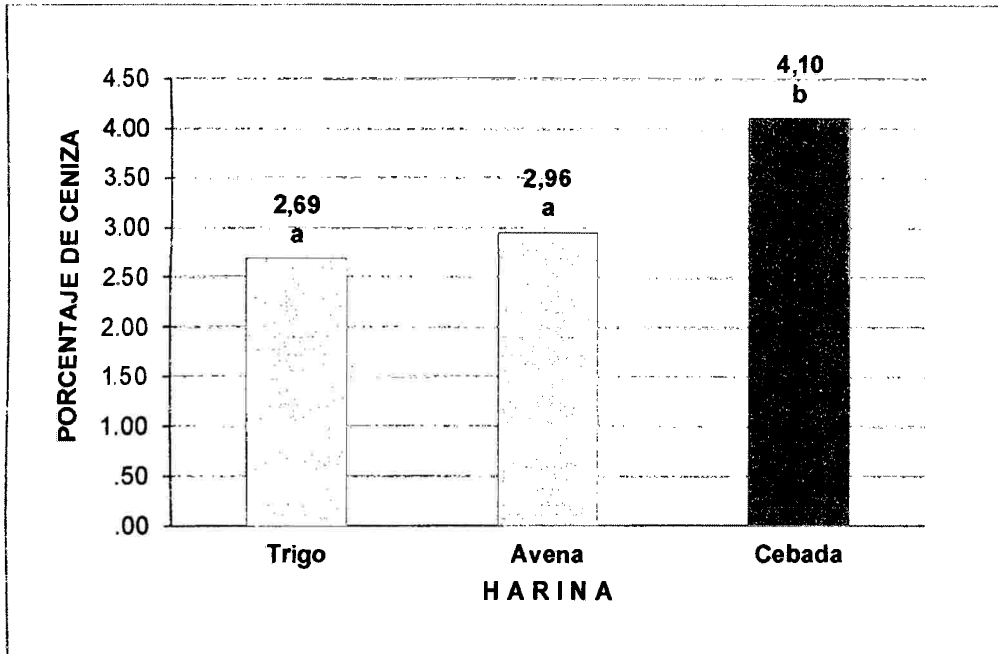


Gráfico Nº 03: Prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) del porcentaje de ceniza en harinas de *Hordeum vulgare* "cebada", *Avena sativa* "avena" y *Triticum aestivum* "trigo" expendidas en el mercado Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos, Ayacucho 2010.

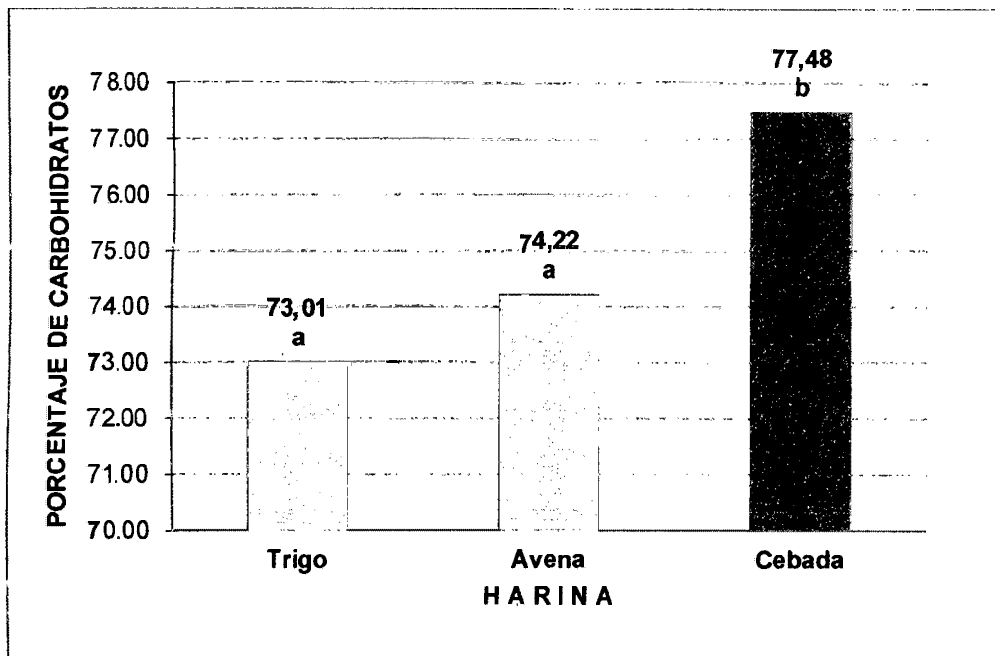


Tabla № 04: Prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) del porcentaje de carbohidratos en harinas de *Hordeum vulgare* “cebada”, *Avena sativa* “avena” y *Triticum aestivum* “trigo” expandidas en el mercado Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos, Ayacucho 2010.

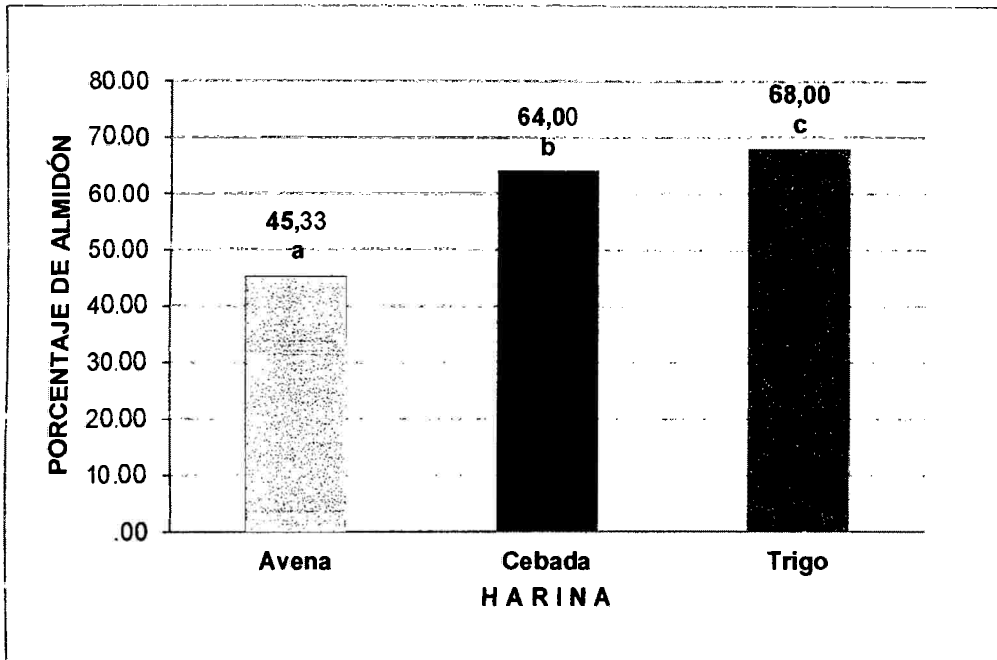
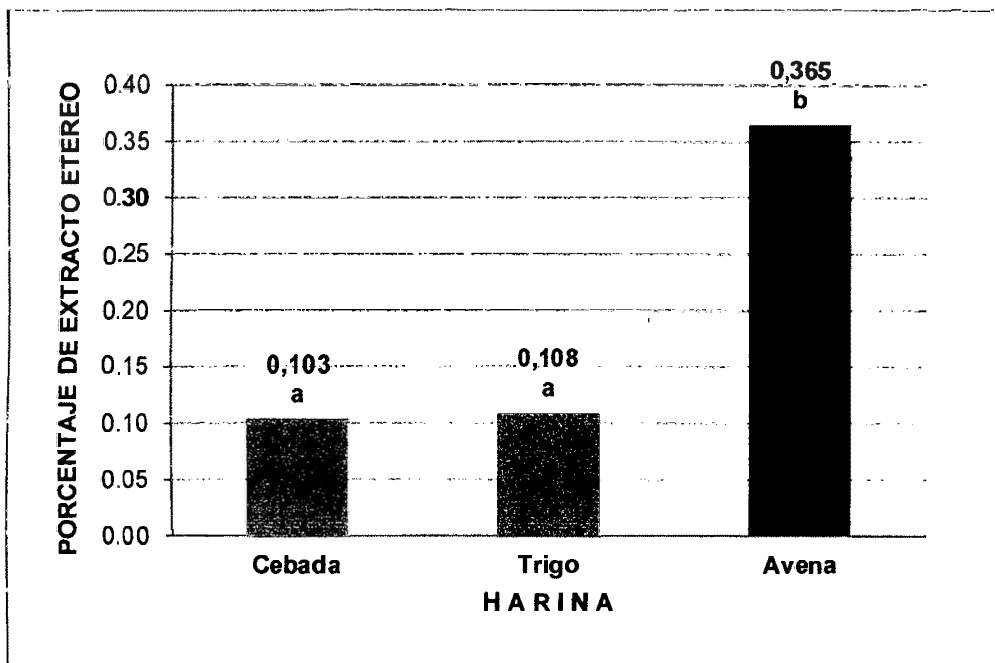
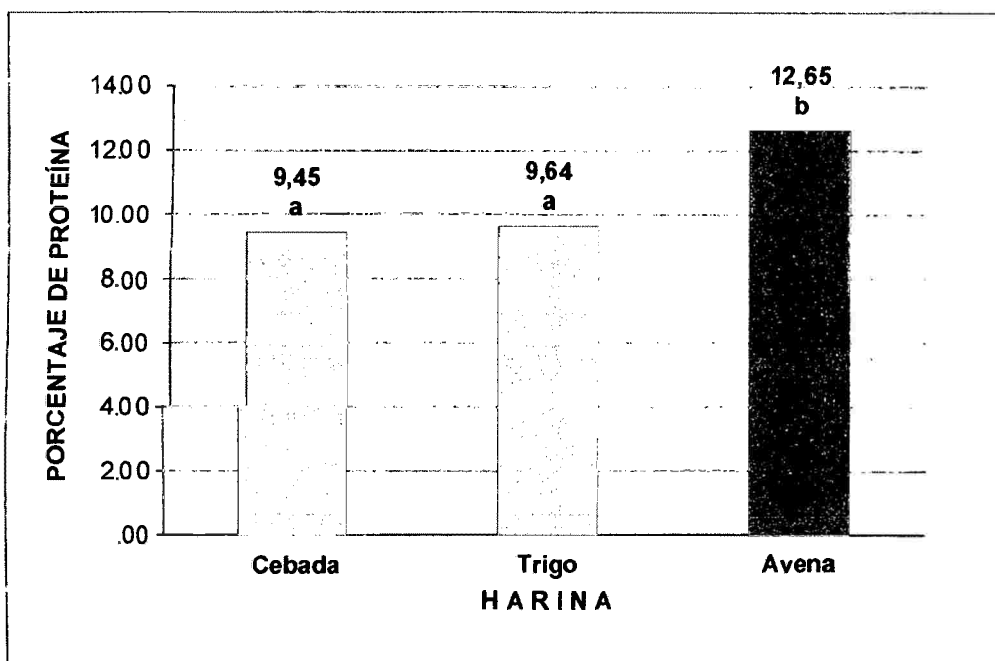


Gráfico Nº 05: Prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) del porcentaje de almidón en harinas de *Hordeum vulgare* "cebada", *Avena sativa* "avena" y *Triticum aestivum* "trigo" expandidas en el mercado Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos, Ayacucho 2010.



**Gráfico Nº 06: Prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) del porcentaje de extracto etéreo en harinas de *Hordeum vulgare* “cebada”, *Avena sativa* “avena” y *Triticum aestivum* “trigo” expendidas en el mercado Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos, Ayacucho 2010.**



**Gráfico Nº 07: Prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) del porcentaje de proteína en harinas de *Hordeum vulgare* “cebada”, *Avena sativa* “avena” y *Triticum aestivum* “trigo” expendidas en el mercado Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos, Ayacucho 2010.**



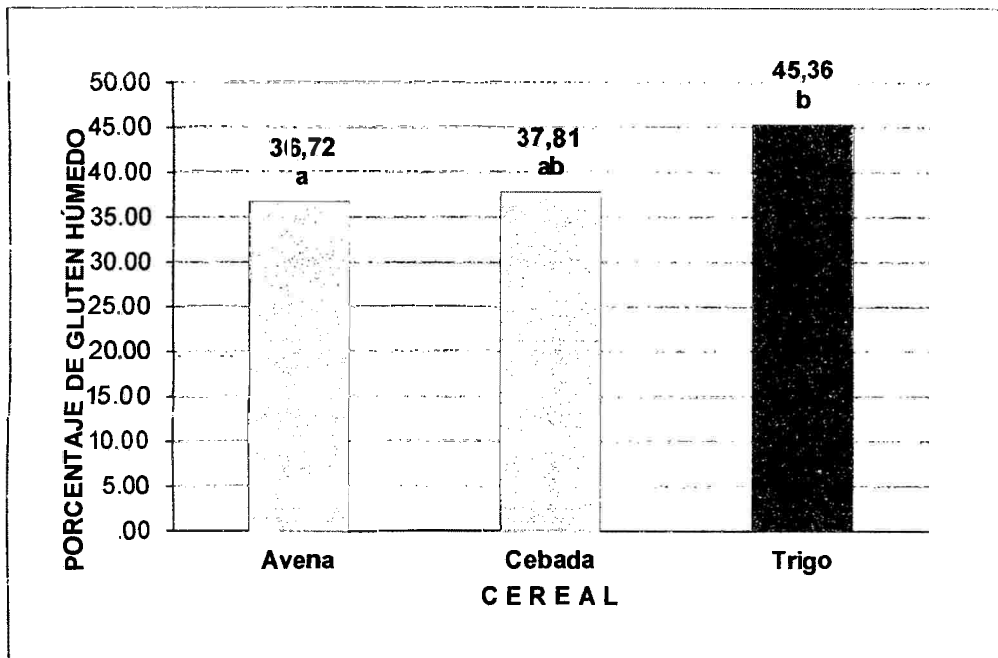


Gráfico Nº 08: Prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) del porcentaje de gluten húmedo en harinas de *Hordeum vulgare* "cebada", *Avena sativa* "avena" y *Triticum aestivum* "trigo" expendidas en el mercado Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos, Ayacucho 2010.

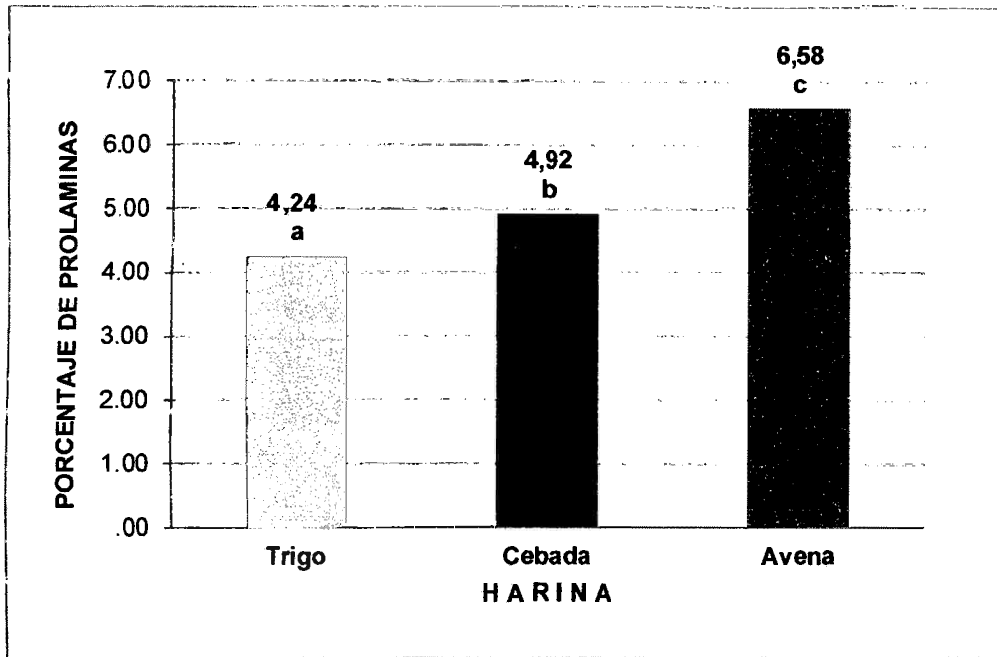


Gráfico Nº 09: Prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) del porcentaje de prolaminas en harinas de *Hordeum vulgare* “cebada”, *Avena sativa* “avena” y *Triticum aestivum* “trigo” expendidas en el mercado Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos, Ayacucho 2010.

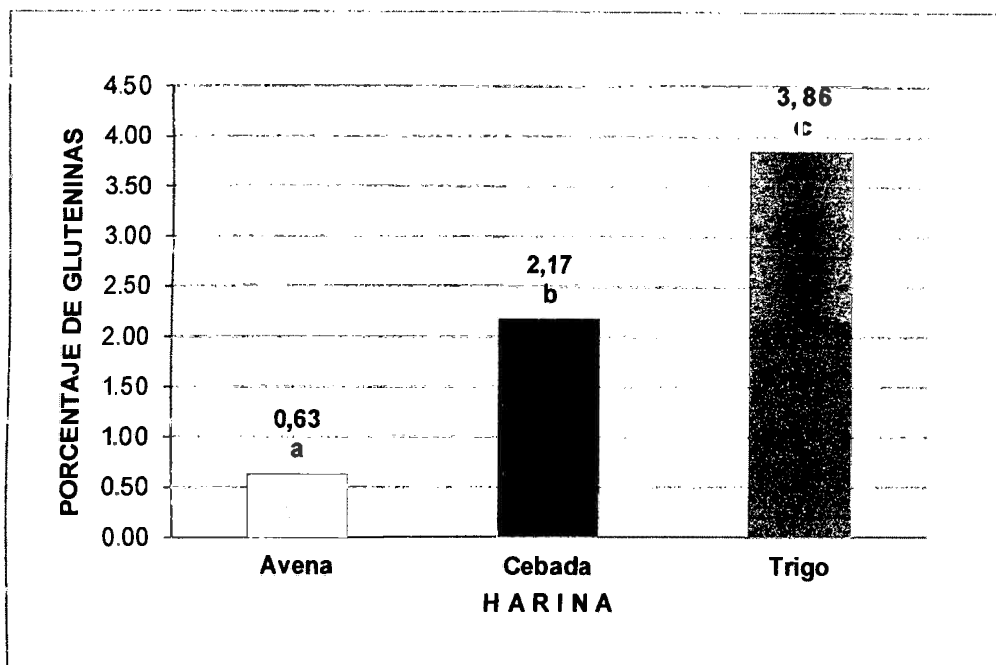


Gráfico Nº 10: Prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) del porcentaje gluteninas en harinas de *Hordeum vulgare* “cebada”, *Avena sativa* “avena” y *Triticum aestivum* “trigo” expandidas en el mercado Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos, Ayacucho 2010.

## V. DISCUSIÓN

El perfil bromatológico de las harinas de *Hordeum vulgare* "cebada", *Avena sativa* "avena" y *Triticum aestivum* "trigo" expandidas en el mercado Carlos F. Vivanco, muestran características heterogéneas en el promedio de porcentaje de acidez, humedad, ceniza, carbohidratos, almidón y extracto etéreo hallándose diferencia estadística significativa en el análisis de varianza (Tabla Nº 01,  $P < 0.01$ , Anexo Nº 02).

Debe entenderse por harina, al producto final triturado obtenido de la molturación del grano de cereales o mezcla de varios de ellos con características propias. Así los compuestos químicos que componen la harina son los mismos que los del grano antes de la trituración, aunque con una modificación porcentual debido a la eliminación de parte de ellos en el proceso de molienda, por ello la harina debe reunir ciertas características para ser considerado como tal (Ferrerías, 2009).

El Gráfico Nº 01 muestra la prueba de Tuckey para la acidez de harinas de "cebada", "avena" y "trigo" hallándose diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ), obteniéndose el mayor promedio de acidez en la harina de "cebada" con 0.030 (b), seguido del promedio de la harina de "avena" y "trigo" con 0.022(b) y 0.023(b) de acidez, respectivamente.

La acidez de las harinas es debido a la presencia de ácidos grasos provenientes de la transformación de las materias grasas. Un valor de acidez puede modificar la calidad del gluten disminuyendo su elasticidad y su grado de hidratación. La acidez de la harina va aumentando a medida que pasa el tiempo de almacenamiento, de esta forma las harinas viejas dan valores elevados de acidez (Ferrerías, 2009). Por otro lado, la acidez de la harina puede ser el indicador de la presencia de sustancias cloradas utilizadas como blanqueadores, estas sustancias son utilizadas para blanquear las harinas al destruir los carotenoides presentes o para mejorar sus propiedades en el amasado de las harinas al modificar la estructura del gluten. Los fenómenos implicados, oxidaciones en ambos casos, son semejantes a los que se producen de forma natural cuando se deja envejecer la harina, sin embargo los resultados hallados en la presente investigación son mínimos.

El Gráfico Nº 02 muestra la prueba de Tuckey para el porcentaje de humedad de harinas de “cebada”, “avena” y “trigo” hallándose diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ), obteniéndose el mayor promedio de humedad en la harina de “trigo” con 14.55%(b), seguido de la harina de “cebada” y “avena” con 8.86%(b) y 9.80%(b) de humedad, respectivamente.

El agua es el segundo componente cuantitativo de la harina. La humedad es el contenido en agua que tiene la harina, esta es una característica importante particularmente en relación con la seguridad del almacenamiento de la harina, ya que si la harina no está lo suficientemente seco después del almacenamiento podría generar condiciones que pueden secar la harina de esta manera la proteína se desnaturizará de tal forma que la harina al mezclarse con agua no producirá gluten (Ferrerías, 2009).

Román (2003) halló en variedades en “cebada” entre 13.72 a 15.05% de humedad y en “trigo” 11.58% de humedad. Igualmente, López (2007), reportó un promedio de humedad máximo en “cebada” de 11.5 a 13.5%. MINSA (2009) reporta un porcentaje promedio de humedad para avena envasada de 6.1%, difiriendo en algunos puntos con los resultados hallados en la presente investigación. Esta variación de humedad se debe a la influencia de las diferentes variedades de los cultivos de “cebada” y “trigo”, como a la influencia de factores genéticos, climáticos, tipos de suelo y de cultivo, etc.

El Gráfico Nº 03 muestra la prueba de Tuckey para el porcentaje de ceniza de harinas de “cebada”, “avena” y “trigo” hallándose diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ), obteniéndose el mayor promedio de ceniza en la harina de “cebada” con 4.10%(b), seguido de la harina de “trigo” y “avena” con 2.69%(b) y 2.96%(b) de humedad, respectivamente.

El porcentaje de materia mineral de la harina es pequeña, no obstante, influye extraordinariamente en la calidad y comportamiento de la misma. La materia mineral se encuentra en el residuo que queda cuando se incinera la harina. Las materias orgánicas como el almidón, las proteínas, los azúcares, etc., se queman pero los minerales permanecen en forma de ceniza. Por otro lado, las sales minerales de la harina tienen un papel importante en la fermentación contribuyendo a la alimentación de las levaduras y también en la formación de gluten. El porcentaje de materia mineral en la harina está, por tanto, en relación directa con el grado de extracción de la misma, siempre y cuando no se hayan añadido materias extrañas (Ferrerías, 2009).

Román (2003) reportó en “cebada” un porcentaje promedio de cenizas de 0.94 a 1.28% y en “trigo” 0.67%. Igualmente, López (2007), reportó el contenido de

cenizas en “cebada” un promedio de 2.1 a 2.6%. MINSA (2009) reporta un porcentaje promedio de ceniza en avena envasada de 4.2%, difiriendo en varios puntos con los resultados hallados en la presente investigación.

El Gráfico Nº 04 muestra la prueba de Tuckey para el porcentaje de carbohidratos de harinas de “cebada”, “avena” y “trigo” hallándose diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ), obteniéndose el mayor promedio de carbohidratos en la harina de “cebada” con 77.48%(b), seguido de la harina de “trigo” y “avena” con 73.01%(b) y 74.22%(b) de carbohidratos, respectivamente.

Los carbohidratos son compuestos orgánicos importantes de las harinas, y están compuestas por azúcares, dextrinas, almidones, celulosas, hemicelulosas, pectinas y algunas gomas (Córdova, 2010).

Román (2003) reportó en “cebada” un porcentaje promedio de carbohidratos de 85.34 a 90.11% y en “trigo” 84.91%. Los hidratos de carbono son el mayor constituyente de los granos de cereales. Igualmente, López (2007), reportó una variación de carbohidratos en “cebada” de 72.8 a 82.8%. MINSA (2009) reporta un porcentaje promedio de carbohidratos para avena envasada de 71.3%, este último resultado siendo muy semejante a los resultados hallados en la presente investigación.

El Gráfico Nº 05 muestra la prueba de Tuckey para el porcentaje de almidón de harinas de “cebada”, “avena” y “trigo” hallándose diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ), obteniéndose el mayor promedio de almidón en la harina de “trigo” con 68.00%(b), seguido de la harina de “avena” y “cebada” con 45.33%(b) y 64.00%(b) de almidón, respectivamente.

El almidón es un polisacárido de reserva alimenticia predominante en las

plantas, y proporciona el 70-80% de las calorías consumidas por los humanos de todo el mundo. Tanto el almidón como los productos de la hidrólisis del almidón constituyen la mayor parte de los carbohidratos digeribles de la dieta habitual.

De la Vega (2009), refiere que el trigo presenta en promedio de 70 a 75% de almidón, siendo una de los componentes principales de los carbohidratos totales, siendo similares en los valores hallados en la presente investigación.

El Gráfico Nº 06 muestra la prueba de Tuckey para el porcentaje de extracto etéreo de harinas de "cebada", "avena" y "trigo" hallándose diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ), obteniéndose el mayor promedio de extracto etéreo en la harina de "avena" con 0.365%(b), seguido de la harina de "cebada" y "trigo" con 0.103%(b) y 0.108%(b) de extracto, respectivamente.

Los lípidos se definen como un grupo heterogéneo de compuestos que son insolubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos tales como éter, cloroformo, benceno o acetona.

El término extracto etéreo se refiere a las sustancias extraídas con éter etílico que incluyen el grupo de nutrientes llamados grasa bruta o lípidos y son todos los ésteres de los ácidos grasos con el glicerol a los fosfolípidos, las lecitinas, los esteroides, las ceras, los ácidos grasos libres, vitaminas liposolubles, los carotenoides, la clorofila y otros pigmentos. En el proceso de digestión estas sustancias son transformadas en sustancias semejantes, por eso se consideran precursores dietéticos; la grasa es un componente necesario de los tejidos vivos y es esencial en la nutrición humana. Debido a que puede almacenarse y movilizarse, es el principal material de reserva corporal, son la fuente más concentrada de energía en la dieta, dando aproximadamente 9.3 calorías por gramo; su ingesta equilibrada es también esencial para asegurar el aporte



dietético de ácidos grasos esenciales y vitaminas liposolubles A, D y E (Serna, 2010).

Román (2003) reportó en “cebada” un porcentaje promedio de grasa de 2.03 a 2.89% y en “trigo” 1.63%. Igualmente, López (2007), reportó una variación de grasas en cebada entre 1.5 a 2.9%. MINSA (2009) reporta un porcentaje promedio de grasa total para avena envasada de 4.7%; difiriendo los autores mencionados con los resultados hallados en la presente investigación.

En cuanto al porcentaje de proteína, gluten húmedo, prolaminas y gluteninas también se halló diferencia estadística significativa en el análisis de varianza (Tabla Nº 02,  $P < 0.01$ , Anexo Nº 03) demostrándose que el porcentaje de los componentes orgánicos en mención presentan características heterogéneas.

Al respecto el Gráfico Nº 07 muestra la prueba de Tuckey para el porcentaje de proteína de harinas de “cebada”, “avena” y “trigo” hallándose diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ), obteniéndose el mayor promedio de proteína en la harina de “avena” con 12.65%(b), seguido de la harina de “cebada” y “trigo” con 9.45%(b) y 9.64%(b) de proteína, respectivamente.

La proteína es un componente de gran transcendencia en las harinas, porque su calidad y cantidad dependerá la calidad panadera de la harina (Ferrerías, 2009).

El término proteína bruta se aplica a gran número de compuestos nitrogenados, clasificados como alimentos plásticos. Estructuralmente, son polímeros cuyas unidades básicas son amino o aminoácidos, unidos por un enlace característico que recibe el nombre de enlace peptídico. La secuencia de grupos aminoácidos caracteriza a una proteína y las propiedades físicas, químicas y nutricionales dependen de la composición en aminoácidos de la molécula proteica y de la

forma como se enlazan para conformar su estructura. En el trabajo de rutina se determina más frecuentemente la proteína total que las proteínas o aminoácidos individuales y puesto que el nitrógeno representa en la mayoría de las sustancias proteicas un porcentaje relativamente constante, alrededor del 16%, determinación sirve como una medida del contenido proteico en los alimentos.

Román (2003) reportó en “cebada” un porcentaje promedio de proteína de 5.50 a 8.58% y en “trigo” 11.82%. Igualmente, López (2007), reportó una variación de proteína en “cebada” de 7.5 a 15.6%. MINSA (2009) reporta un porcentaje promedio de proteína para avena envasada de 13.7%; variando los promedios en con la presente investigación.

El Gráfico Nº 08 muestra la prueba de Tuckey para el porcentaje de gluten húmedo de harinas de “cebada”, “avena” y “trigo” hallándose diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ), obteniéndose el mayor promedio de gluten húmedo en la harina de “trigo” con 45.36%, seguido de la harina de “cebada” con 37.81%(ab) y la harina de “avena” con 36.72%(b), respectivamente.

El gluten está constituido por dos fracciones de proteínas insolubles en agua, denominadas gluteninas y prolaminas (gliadinas) y que representan aproximadamente el 85% del total de las proteínas. El gluten está reconocido como un factor básico de calidad de la harina de trigo. Esta se extrae de la harina sometiéndola a una corriente de agua salada que arrastra al almidón presente y a las proteínas solubles, formando el complejo proteínico llamado gluten húmedo con apariencia gomosa de color blanco grisáceo, duro y elástico, el gluten posee dos importantes proteínas llamadas Prolamina (cadenas proteicas sin enlaces, que le dan a la masa la viscosidad) y Glutenina (cadenas proteicas con enlaces, que le dan a la masa la consistencia y resistencia.), estas

proteínas se unen durante el amasado formando una malla capaz de retener agua y los gases producidos durante la fermentación. Esta malla se denomina gluten y tiene particulares características de elasticidad y tenacidad. La importancia del gluten radica en gran parte en el proceso de panificación y sirve como base para la clasificación de las harinas de acuerdo a sus usos (Serna, 2010).

Al respecto el Gráfico N° 09 muestra la prueba de Tuckey para el porcentaje de prolamina de harinas de “cebada”, “avena” y “trigo” hallándose diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ), obteniéndose el mayor promedio de prolamina en la harina de “avena” con 6.58%(c), seguido de la harina de “cebada” con 4.92%(b) y la harina de “trigo” con 4.24%(a), respectivamente. Igualmente, en el Gráfico N° 10 muestra la prueba de Tuckey para el porcentaje de glutenina de harinas de “cebada”, “avena” y “trigo” hallándose diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ), obteniéndose el mayor promedio de glutenina en la harina de “trigo” con 3.86%(c), seguido de la harina de “cebada” con 2.17%(b) y la harina de “avena” con 0.63%(a), respectivamente.

Las gluteninas y gliadinas son los principales componentes del gluten, se denominan genéricamente prolamina por su alto contenido en los aminoácidos prolinay glutamina. Comprenden aproximadamente el 44% de prolamina y el 40% de glutenina del total de proteína del “trigo”, del 52% de prolamina y el 23% de glutenina en la cebada y del 10 a 16% de prolamina y 5% de glutenina en la avena.

Las prolaminas confieren unas propiedades visco elásticas únicas a la masa del trigo. Por ello, la estructura, propiedades y genética de estas proteínas ha sido ampliamente estudiada con objeto de poder determinar la base bioquímica y

molecular de sus propiedades funcionales y mejorarlas por métodos de mejora convencional, optimización agronómica, condiciones de procesamiento e ingeniería genética.

Las gluteninas son proteínas poliméricas formadas por la agregación de hasta 20 subunidades unidas por puentes disulfuro inter- e intra-catenarios. Los polímeros de gluteninas están entre las macromoléculas más grandes presentes en la naturaleza, con pesos moleculares que exceden el millón de Daltons. Cuando se tratan con agentes reductores se rompen estos enlaces covalentes, dando lugar a subunidades de gluteninas de alto peso molecular (HMW) (70-90 KDa de peso molecular) y de bajo peso molecular (LMW) (20-45 KDa de peso molecular), según su movilidad en geles de poliacrilamida SDS-PAGE (De Lucas, 2008).

Sin embargo la importancia de los últimos años ha sido referente a las complicaciones de salud que estos dos componentes (prolamina y glutenina) producen al hombre.

La enfermedad celíaca es una enfermedad autoinmune caracterizada por una inflamación crónica de la parte proximal del intestino delgado o yeyuno, causada por la exposición a las proteínas del gluten (presente en el trigo, cebada, centeno y avena). Estas proteínas son prolaminas y se denominan gliadinas en el caso de las prolaminas del trigo, hordeínas en la cebada y aveninas en la avena. El gluten es responsable de la elasticidad de la masa de harina, lo que permite su fermentación, así como la consistencia elástica y esponjosa de los panes y masas horneadas (Mennickent, 2009).

Es una enfermedad crónica que requiere que el enfermo mantenga una dieta exenta de gluten, de por vida, como único tratamiento efectivo. Igualmente

aumenta el riesgo, a largo plazo, de padecer de linfoma de intestino delgado, carcinoma esofágico o faríngeo, entre otros problemas, de no seguir de una forma estricta la dieta (Fragoso, 2002).

Finalmente mencionar, que anteriormente se pensaba que la prevalencia estimada era de un caso cada 3000 a 6000 personas. Sin embargo, con la mayor disponibilidad de pruebas diagnósticas serológicas diversos estudios epidemiológicos muestran una mayor prevalencia de la enfermedad celiaca: un caso cada 200 a 300 personas (Deprati, 2005).

Por todo ello la importancia de la cuantificación de las prolaminas y gluteninas en las harinas que se expenden en los mercados Ayacuchanos, para de esta manera conocer a lo que están expuestos las personas que padecen de esta enfermedad.

## VI. CONCLUSIONES

De la caracterización bromatológica de harinas de *Hordeum vulgare* "cebada", *Avena sativa* "avena" y *Triticum aestivum* "trigo" expandidas en el mercado Carlos F. Vivanco obtenidas en la presente investigación se arriba a las siguientes conclusiones:

- 1° Los mayores porcentaje de acidez se obtuvo en harina de cebada con 0.030%, mayor porcentaje de humedad (14.55%) en harina de trigo, cenizas (4.10%) harina de cebada, carbohidratos (77.48%) harina de cebada y almidón (68.0%) harina de trigo.
- 2° La harina de avena presentó el mayor porcentaje de extracto etéreo con 0.365%, harina de trigo 0.108% y harina de cebada 0.103%; el mayor promedio de proteína se obtuvo en la harina de avena con 12.65%, harina de trigo con 9.64% y harina de cebada con 9.45%.
- 3° El mayor promedio de gluten húmedo se obtuvo en la harina de trigo con 45.36%, harina de cebada con 37.81% y harina de avena con 36.72%.
- 4° En prolamina, el mayor promedio se obtuvo en la harina de avena con 6.58%, harina de cebada con 4.92% y harina de trigo con 4.24%, finalmente, en glutenina, el mayor promedio se obtuvo en la harina de trigo con 3.86%, harina de cebada con 2.17% y harina de avena con 0.63%.

5° De acuerdo al porcentaje hallado de prolaminas y gluteninas el más recomendable para el consumo por enfermos celíacos es el trigo.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- 1° Realizar investigaciones referidas al tema en todas las harinas expendidas en todos los mercados del distrito de Ayacucho, ya que estas pueden ser adulteradas con otros similares durante el proceso de molienda.
  
- 2° Realizar investigaciones referidas a la determinación de la incidencia y/o prevalencia de personas que padecen la enfermedad celiaca, para de esta manera los establecimientos de salud puedan realizar campañas preventivas y de control de las harinas que se expenden en los mercados Ayacuchanos.



## VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. **A. O. C.** Methods of Analysis of the Official Analytical Chemists. 1980. Editor William Horwitz. Thirteenth Edition. Published by the Association of Official Analytical Chemists PO BOX 540, Benjamin. Washington USA.
2. **Agüero, A.** 2002, Estudio de proyecto de una planta de almidón de Oca en Chimbote. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú.
2. **Begué, C.** 2010, Enfermedad celiaca: prevalencia del diagnóstico en un hospital de comunidad. Acta Gastroenterológica Latinoamericana – Vol 40 / N° 4 / Diciembre 2010 Buenos Aires Argentina.
4. **Cabañero, M. Á.** 2009, Calidad de vida de los adolescentes afectos de enfermedad celiaca. Universidad de Murcia. Facultad de Medicina. Departamento de Cirugía, Pediatría, Obstetricia y Ginecología España.
5. **Chan, R.** 2002, Química. Séptima edición, interamericana editores. Mexico.
6. **Córdova, M. S. C.** 2010, Elaboración de pan integral a partir de la mezcla de harina de trigo blanca e integral (*Triticum spp.*) con harina de cebada germinada (*Hordeum vulgare*) cruda y tostada. Facultad de Ingeniería en Ciencias. Agropecuarias y Ambientales. Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Ecuador.
7. **Cueto, R., Arango E.** Enfermedad celiaca Rápida sospecha, diagnóstico oportuno, tratamiento adecuado y casi “un modo de ser” 2009 .Mal absorción .pdf-Reader Cuba.
8. **Davies, P.** 1996, Bioquímica Vegetal. Primera Edición. Ediciones Omega, S.A. – Barcelona España.
9. **De la Vega, G.** 2009, Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. Temas de Ciencia y Tecnología | mayo – agosto España.
10. **De Lucas de A, R.** 2008, Prolaminas, proteínas waxy y puroindolinas en trigo

blando: herencia, influencia e interacción en la calidad. Departamento de Biotecnología. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Madrid – España.

**11. Dema , J. B.** 2010, Avances en la base genética de la enfermedad celíaca en población española. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Fisiología Animal II. Madrid, España.

**12. Deprati, M.** 2005, Enfermedad Celíaca. Evidencia de Actualización en la Práctica Ambulatoria; 8:51-55 Buenos Aires Argentina.

**13. Dieter, H.** 2001, Fundamentos de Tecnología de los Alimentos Segunda Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España.

**14. Donat, A.E.** 2010, Análisis genético de la enfermedad celiaca. Universitat de València. Servei de Publicacions. Departamento de Pediatría, Obstetricia y Ginecología. España.

**15. Fasano, A.** 2010, Enfermedad celiaca como un cambio de paradigma en la patogenia de la enfermedad autoinmune. Center for Celiac Research.

**16. FEDNA.** 2007, Cereales. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal España.

**17. Ferreras ,CH, R.** 2009, Análisis reológico de las diferentes fracciones de harina obtenidas en la molienda del grano de trigo. Ingeniería Técnica Agrícola (Especialidad Industrias Agrarias y Alimentarias). Universidad de Salamanca. Escuela Politécnica Superior de Zamora. España.

**18. Fragoso, T.** 2002, Importancia de los aspectos psicosociales en la enfermedad celiaca. Revista Cubana de Medicina General e Integral Nº 3.

**19. Gómez, A.** 2008 Diagnóstico precoz de la enfermedad celíaca Edita y distribuye: Ministerio de Sanidad y Consumo Brasil.

**20. González K., Valle C., Rybak A.** 2001, Federación de Asociaciones de Celíacos de España .Plaza de España, 18 - 4ª - 20 - 28008 Madrid 1ª Edición: Diciembre.

21. **Guerreiro, Ana M.** Detección de anticuerpos anti gliadina y antitransglutaminasa en pacientes con clínica sugestiva de enfermedad celíaca. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia* .2010; 26(2) 28-32 Cuba.
22. **Günter, V.** 1995, *Elementos de Bromatología Descriptiva*. Segunda Edición. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza España.
23. **IV Congreso Latino Americano de Microbiología e Higiene de los Alimentos 1996**, Primer simposio peruano de conservación de alimentos 14-18 de abril, Lima Perú.
24. **Krabshuis J.** World Gastroenterology Organisation Practice Guidelines:
25. **Leandro, A.** 1988, *Bromatología*. Tomo I. Segunda Edición. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Argentina.
26. **León, E.** 2004, *Guía de Prácticas de Bromatología*. Laboratorio de Bromatología Y Nutrición. Facultad de Ciencias Biológicas UNSCH. Ayacucho Perú.
27. **Ligorria, E.** 2004 Conferencia dictada por el Gastroenterólogo, en el congreso de medicina interna (Centro Médico), Guatemala.
28. **López, P., Patricia.** 2007, *Caracterización fisicoquímica de diferentes variedades de cebada cultivadas en la región centro de México*. *Revista Chilena de Nutrición, Sociedad Chilena de Nutrición, Bromatología y Toxicología*, Santiago, Chile. Marzo, año/vol. 34, número 001.
29. **Martines, A.** 2001, ¿Qué es la enfermedad Celíaca? En *Manual del celíaco*, 1ª ed. Madrid: Real Patronato sobre discapacidad; España del.
30. **Méndez, E.** 2007 *Congreso Internacional Alimentación, nutrición y dietética Conferencias Sección A: Nutrición y Dietética*. Centro Nacional de Biotecnología C.S.I.C. Madrid España.
31. **Mennickent, Sigrid.** 2009, *Enfermedad celíaca: ¿Enfermedad emergente en Chile?* Universidad de Concepción, Concepción, Chile. *Ciencia...Ahora*, Nº 23,

año 12, enero a junio Chile.

**32. Meyer, M.** 1990, Control de calidad de productos agrícolas , segunda edición , editorial trillas. Mexico.

**33. Milde, B.** 2009, Pan de harina de cebada con leche. Comportamiento físico Revista mexicanas. Ciencia. Tecnología / Año 11 / N° 11 / Mexico.

**34. Ministerio de Agricultura.** 2005 Plan Estratégico de la Cadena Productiva de Papa Nativa en Tambo. DGPA – DPA cultivos. Julio. La Mar – Ayacucho Perú.

**35. MINSA** 2009, Tablas peruanas de composición de alimentos. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Instituto Nacional de Salud. Lima– Perú.

**36. Parada, A.** 2010, El gluten. Su historia y efectos en la enfermedad celíaca. Revista Médica de Chile, 138: 1319-1325.

**37. Román, G., A. D.** 2003, Evaluación de la calidad de harinas de diferentes variedades de cebada (*Hordeum sativum* Jess) cultivadas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala. Centro de Investigaciones Químicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.

**38. Rueda, M., B. M.** 2006, Búsqueda de nuevos marcadores genéticos de susceptibilidad a la enfermedad celíaca. Universidad de Granada. Facultativo Especialista de Inmunología Hospital Universitario “Virgen de las Nieves”. Granada. España.

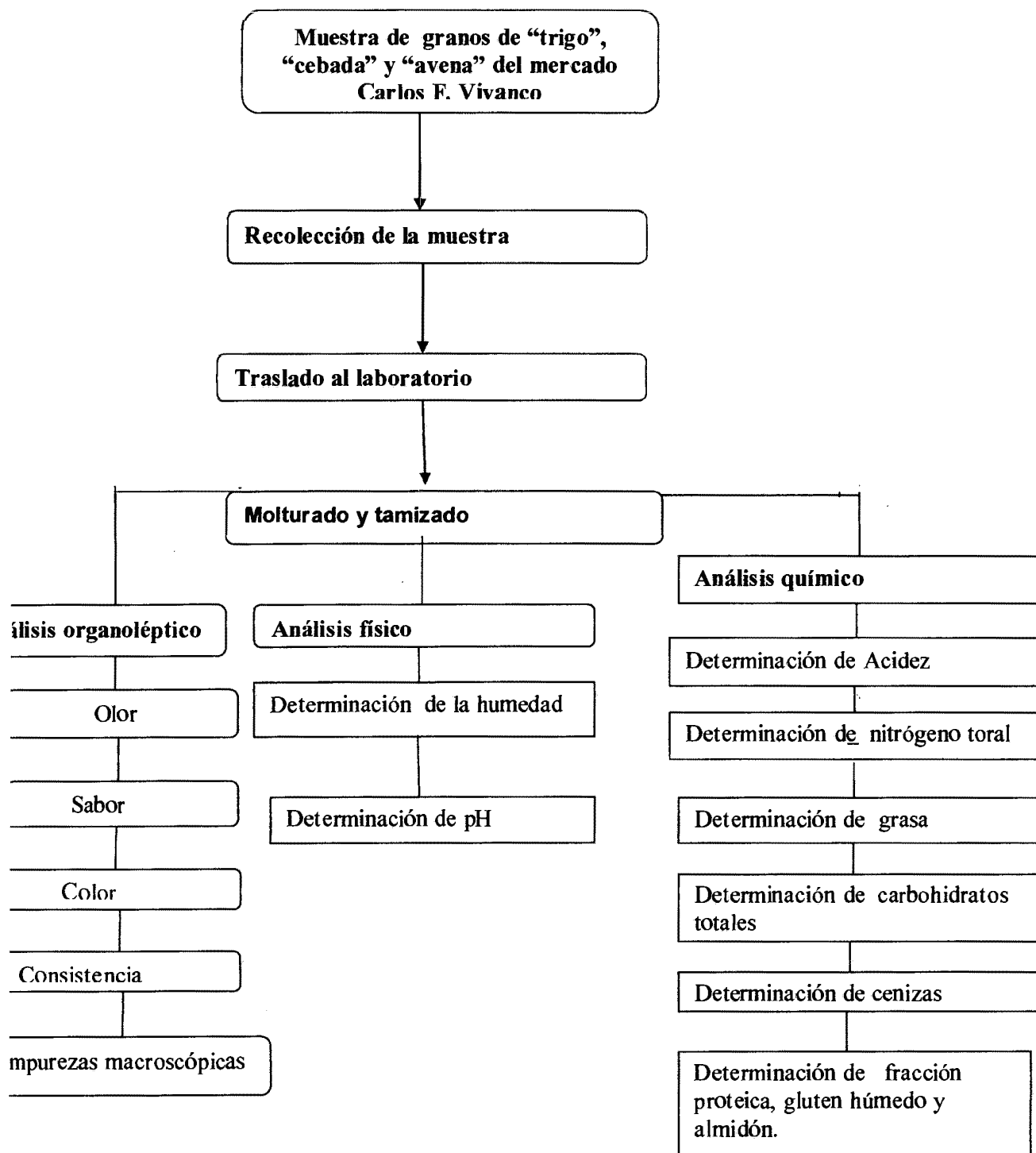
**39. Serna R., L. F.** 2010, Actualización del manual del laboratorio de análisis de alimentos del programa de Tecnología Química de la Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de Química. Programa de Tecnología Química. Colombia.

**40. Torres, R.** 1984. Estudio Nutricional de la Maca (*Lepidium meyenii* walp) y su aplicación en la elaboración de una bebida base. Universidad Agraria la Molina.Lima – Perú.

**41. Valdés L., Hernández C.** Historia de la enfermedad celíaca en España 2008

**ANEXO**

Anexo № 01  
FLUJOGRAMA



Anexo № 02

**Tabla № 01: Acidez, porcentaje de humedad, ceniza, carbohidratos, almidón y extracto etéreo en harinas de *Hordeum vulgare* “cebada”, *Avena sativa* “avena” y *Triticum aestivum* “trigo” expendidas en el mercado Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos, Ayacucho 2010.**

Componente (Porcentaje)	Fuente de Variación	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F.c.	Sig.
Acidez	Tipo de harina	2	0,000116168	0,000058084	23,109	0,002
	Error	6	0,000015081	0,000002513		
	Total	8	0,000131249			
Humedad	Tipo de harina	2	55,918	27,959	83,473	0,000
	Error	6	2,010	0,335		
	Total	8	57,927			
Ceniza	Tipo de harina	2	3,391	1,696	22,425	0,002
	Error	6	0,454	0,076		
	Total	8	3,845			
Carbohidratos	Tipo de harina	2	32,116	16,058	53,324	0,000
	Error	6	1,807	0,301		
	Total	8	33,923			
Almidón	Tipo de harina	2	878,222	439,111	304,000	0,000
	Error	6	8,667	1,444		
	Total	8	886,889			
Extracto etéreo	Tipo de harina	2	0,134	0,067	3187,982	0,000
	Error	6	0,000	0,000		
	Total	8	0,134			

**Anexo Nº 03**

**Tabla Nº 02: Porcentaje de proteína, gluten húmedo, prolaminas y gluteninas en harinas de *Hordeum vulgare* “cebada”, *Avena sativa* “avena” y *Triticum aestivum* “trigo” expendidas en el mercado Carlos F. Vivanco para enfermos celíacos, Ayacucho 2010.**

<b>Componente (Porcentaje)</b>	<b>Fuente de Variación</b>	<b>g. l.</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F. c.</b>	<b>Sig.</b>
Proteína	Tipo de harina	2	19,307	9,653	421,037	0,000
	Error	6	0,138	0,023		
	Total	8	19,444			
Gluten húmedo	Tipo de harina	2	133,030	66,515	7,209	0,025
	Error	6	55,360	9,227		
	Total	8	188,391			
Prolaminas	Tipo de harina	2	8,673	4,337	740,052	0,000
	Error	6	0,035	0,006		
	Total	8	8,708			
Gluteninas	Tipo de harina	2	15,605	7,803	7905,603	0,000
	Error	6	0,006	0,001		
	Total	8	15,611			



Fotografías durante la realización del trabajo.



Anexo № 04: pesando la muestra de harina (trigo, avena, cebada).



Anexo № 05: muestras de harinas previamente pesadas.



Anexo № 06: Amasando la masa de harina en un mortero.



Anexo № 07: Obteniendo en gluten a chorro de agua.