



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA

TEMA:

**“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE BETA -
GLUCANOS EN LÍNEAS AVANZADAS Y EN VARIEDADES
DE CEBADA, PROCESADA Y NO PROCESADA, POR
MEDIO DE UN MÉTODO ENZIMÁTICO.”**

Trabajo de graduación, modalidad Sistema Tutorial, presentado como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniera Bioquímica, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Fernanda Jacqueline Moreano Culqui

Ambato-Ecuador

2011

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor de investigación sobre el tema:

“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE BETA - GLUCANOS EN LÍNEAS AVANZADAS Y EN VARIEDADES DE CEBADA, PROCESADA Y NO PROCESADA, POR MEDIO DE UN MÉTODO ENZIMÁTICO”, presentado por Fernanda Jacqueline Moreano Culqui, EGRESADA de la carrera de Ingeniera Bioquímica, de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, certifico que el trabajo fue realizado por la persona indicada y considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Directivo designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Ambato,

.....

Roman Rodríguez, Dr. Rer. Nat., Ph.D.

EL TUTOR

AUTORIA

El presente trabajo de investigación: “**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE BETA - GLUCANOS EN LÍNEAS AVANZADAS Y EN VARIEDADES DE CEBADA, PROCESADA Y NO PROCESADA, POR MEDIO DE UN MÉTODO ENZIMÁTICO**”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato,

.....

Fernanda Jacqueline Moreano Culqui

050304722-7

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal Calificador, de conformidad con las disposiciones reglamentarias vigentes en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, aprueben el presente trabajo de investigación bajo el tema: **“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE BETA - GLUCANOS EN LÍNEAS AVANZADAS Y EN VARIEDADES DE CEBADA, PROCESADA Y NO PROCESADA, POR MEDIO DE UN MÉTODO ENZIMÁTICO”**.

Ambato,

Para constancia firman:

.....
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Rommel Rivera

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Gladys Navas

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Mayra Paredes

2011

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios por haberme puesto en el lugar, sitio, momento indicado y con las personas indicadas, por ser quien me da la oportunidad de seguir existiendo y seguir demostrando cuan capaz soy de realizar mis sueños.

Y a Cesar Gonzalo Moreano, la persona que cuando estuvo presente físicamente, me motivo a superarme, al que todos los días llevo presente y me acompaña en cada paso que doy.

Fernanda Jacqueline Moreano Culqui

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento primeramente a Dios por haberme permitido culminar una de mis metas en la vida.

A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica, por haberme instruido todos los conocimientos necesarios para poder defenderme en la vida profesional.

Al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Santa Catalina, por permitir la realización de este trabajo de graduación, en sus instalaciones y a todas las personas que allí laboran por haber establecido relaciones de confianza y de apoyo para la realización de este trabajo de investigación

Al Doctor Roman Rodríguez, Tutor del Trabajo de Investigación, quien supo guiarme no solo en mi formación académica, si no también personal, además por sus recomendaciones y acertadas opiniones en la ejecución de este Trabajo de Investigación.

A mis padres por ser el apoyo moral y económico en toda mi formación, En especial a mi madre María Eva Culqui por ser la persona que me dio la vida y supo enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y sacrificio.

A mis hermanos quienes me apoyaron moralmente en toda mi vida, en especial a mi hermana la Dra. Karina Vanessa Moreano, por ser mi guía en la vida.

A toda mi familia, Moreano Culqui en especial a mis tías, porque nunca me faltó palabras de aliento, y motivación para seguir adelante.

A la persona incondicional, sincera y amorosa que estuvo siempre acompañándome en toda mi vida Universitaria, Alex Heredia, gracias por seguir siendo el apoyo, y la fortaleza que siempre necesite.

Mis cuatro únicos amigos que nunca faltan y siempre he tenido Verónica Cóndor, Mariela Chacón, Holguer Quimbita y Geovany Montaluiza, por sus palabras de aliento, consejos y todos los inolvidables momentos compartidos.

Y finalmente un profundo agradecimiento a todas las personas que me rodean porque gracias a ellas soy quien soy.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN EJECUTIVO.....	xv

TEXTO: INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA.....	1
1.1 TEMA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1 Contextualización	1
1.2.2 Análisis crítico	3
1.2.3 Prognosis	5
1.2.4 Formulación del problema.....	5
1.2.5 Interrogantes	5
1.2.6 Delimitación del objeto de investigación.....	6
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4 OBJETIVOS.....	7
1.4.1 Objetivo General	7

1.4.2	Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO II		8
MARCO TEÓRICO		8
2.1	ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	8
2.2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	11
2.2.1	La cebada	11
2.2.2	Los beta - glucanos	18
2.2.3	Modo de acción de los beta-glucanos	23
2.3	FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	25
2.4	FUNDAMENTACIÓN LEGAL	25
2.5	CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	29
2.6	HIPÓTESIS.....	30
2.7	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.....	30
2.7.1	Variable dependiente	30
2.7.2	Variable independiente.....	30
2.8	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
2.8.1	Acondicionamiento de la muestra	30
2.8.2	Método de campo.....	30
2.8.3	Métodos de laboratorio.....	31
CAPÍTULO III		52
METODOLOGÍA		52
3.1	ENFOQUE	52
3.2	MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN	52
3.3	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	53
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	53
3.4.1	Población	53

3.4.2	Muestra	53
3.4.3	Diseño experimental.....	58
3.5	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	62
3.6	PLAN DE RECOLECCION DE INFORMACIÓN.....	64
3.7	PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	64
CAPÍTULO IV.....		65
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		65
4.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	65
4.1.1	Contenido de beta - glucanos	65
4.1.2	Viscosidad.....	65
4.1.3	Índice de comportamiento al flujo (n)	66
4.1.4	Índice de consistencia (K)	66
4.1.5	Correlación entre la concentración de beta–glucanos y la viscosidad de los mostos	66
4.1.6	Fibra dietética.....	67
4.1.7	Correlación entre la concentración de beta-glucanos y de fibra dietética soluble.	67
4.1.8	Efecto del procesamiento del grano sobre el contenido de beta-glucanos.....	68
4.1.9	Clasificación de las 70 líneas y/o variedades de cebada de acuerdo a la orientación de su uso.	69
4.2	INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	69
4.2.1	Contenido de beta-glucanos	69
4.2.2	Viscosidad.....	70
4.2.3	Correlación entre la concentración de beta-glucanos y viscosidad de los mostos	70
4.2.4	Fibra dietética y su correlación con los beta-glucanos.....	71

4.2.5	Efecto del procesamiento del grano sobre el contenido de beta-glucanos	71
4.2.6	Clasificación de las 70 líneas y/o variedades de cebada de acuerdo a la orientación de su uso.	72
4.3	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	73
CAPÍTULO V		74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		74
5.1	CONCLUSIONES	74
5.2	RECOMENDACIONES	75
CAPÍTULO Vi		77
PROPUESTA		77
6.1	DATOS INFORMATIVOS	77
6.2	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	77
6.3	JUSTIFICACIÓN	79
6.4	OBJETIVOS	79
6.4.1	General	79
6.4.2	Específicos	80
6.5	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	80
6.6	FUNDAMENTACIÓN	81
6.7	METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO	83
6.8	ADMINISTRACIÓN	84
6.9	PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	85
BIBLIOGRAFÍA		86

MATERIALES DE REFERENCIA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestras de cebada para el análisis del contenido de beta - glucanos	53
Tabla 2. Contenido de beta-glucanos en 70 líneas o variedades de cebada..	91
Tabla 3. Análisis de varianza para el contenido de beta-glucanos en 70 líneas o variedades de cebada.....	92
Tabla 4. Prueba de Tukey al 5% para el contenido de beta-glucanos en 70 líneas o variedades de cebada.	93
Tabla 5. Líneas y variedades con alto contenido de beta-glucanos.....	95
Tabla 6. Viscosidad de doce extractos solubles de cebada.....	96
Tabla 7. Análisis de varianza para la viscosidad de doce extractos solubles de cebada	96
Tabla 8. Prueba de Tukey al 5% para la viscosidad de doce extractos solubles de cebada	97
Tabla 9. Índice de consistencia (K) e índice de comportamiento al flujo (n) de varios extractos de cebada	97
Tabla 10. Correlaciones entre Viscosidad y Beta glucanos de cebadas	98
Tabla 11. Correlaciones entre Viscosidad y Beta glucanos de cebadas	99
Tabla 12. Porcentaje de fibra dietética total, soluble e insoluble en cebada	99
Tabla 13. Contenido de fibra dietética soluble en las líneas y variedades con alto contenido en beta-glucanos	99
Tabla 14. Análisis de varianza para el contenido de fibra dietética soluble en las líneas y variedades con alto contenido en beta-glucanos.....	100

Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% para fibra dietética soluble	100
Tabla 16. Correlación entre %Fibra dietética soluble y % de beta glucanos en cebadas dísticas	101
Tabla 17. Correlación entre %Fibra dietética soluble y % de beta glucanos en cebadas hexásticas.....	102
Tabla 18. Efecto del proceso sobre el contenido de beta - glucanos en cebada	102
Tabla 19. Análisis de varianza para la determinación del efecto del proceso sobre el contenido de beta - glucanos en cebada.....	103
Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para la determinación del efecto del proceso sobre el contenido de beta-glucanos	104
Tabla 21. Clasificación de la cebada de acuerdo al contenido de beta-glucanos	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol del problema	4
Figura 2. Categorías fundamentales	29
Figura 3. Correlación entre el contenido de beta-glucanos y la viscosidad de los cinco extractos solubles de cebada del genotipo dísticas.....	98
Figura 4. Correlación entre el contenido de beta-glucanos y la viscosidad de los seis extractos solubles de cebada del genotipo hexásticas	98
Figura 5. Correlación entre el contenido de beta-glucanos y la fibra dietética soluble de cebada del genotipo dísticas	101
Figura 6. Correlación entre el contenido de beta-glucanos y la fibra dietética soluble de cebada del genotipo hexásticas.....	101
Figura 7. Representación de las concentraciones de beta-glucanos de 70 líneas o variedades de cebada.....	112
Figura 8. Viscosidad de las doce muestras de cebada seleccionadas como las de mayor contenido de beta-glucanos	113
Figura 9. Representación de las concentraciones de Fibra dietética soluble	114
Figura 10. Efecto de los cuatro procesamientos más comunes aplicados al grano de cebada en la industria de los alimentos.	115
Figura 11. Clasificación de las 70 líneas/variedades de cebada de acuerdo a su contenido de beta-glucanos.	116

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 TABLAS.....	90
ANEXO 2 FIGURAS.....	111
ANEXO 3 CÁLCULOS	117
ANEXO 4 FOTOGRAFÍAS	128

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de clasificar las diferentes variedades y líneas de cebada existentes en nuestro país, para posteriormente orientar su uso de acuerdo al contenido de beta-glucanos.

De las 70 líneas y/o variedades de cebada analizadas, los genotipos con mayor aptitud para el consumo humano basado en el contenido de beta-glucanos son: la variedad INIAP GUARANGA, la línea CD-09-009 y CM-09-007, que reportaron concentraciones de 3.74, 3.72 y 3.63% respectivamente.

No se encontró una correlación positiva entre; la acción de las beta-glucanasas sobre la concentración de beta-glucanos y la viscosidad de los mostos, pero si, entre la concentración de beta-glucanos y la fibra dietética.

De la clasificación realizada en función del contenido de beta-glucanos; se concluye que la variedad CAMELOT es la más apropiada para la industria cervecera, con un porcentaje de 0.38% de beta-glucanos, inferior al requerido (0,42%). Puesto que un bajo contenido de beta glucanos evita dificultades en el proceso de filtración, se minimice la turbidez y sedimentación en el almacenamiento del producto final.

Se determinó también que el proceso de tostado y escarificado en la cebada, provocan un incremento en el contenido de beta-glucanos, con relación al grano no procesado, mientras que la cocción en agua y el malteado ocasionan su disminución.

Considerando las propiedades de los beta-glucanos y su concentración en la cebada, se puede considerar a este cereal como un alimento funcional; capaz de proporcionar un efecto específico beneficioso en el organismo; más allá de su aporte nutricional.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

“Determinación del contenido de beta - glucanos en líneas avanzadas y en variedades de cebada, procesada y no procesada, por medio de un método enzimático”.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Contextualización

La cebada cultivada (*Hordeum vulgare*) descende de la cebada silvestre (*Hordeum spontaneum*), la cual crece en el Oriente Medio. Desde el antiguo Egipto se cultiva la cebada y fue importante para su desarrollo. La cebada también fue conocida por los griegos y los romanos, quienes la utilizaban para elaborar pan y era la base de la alimentación para los gladiadores romanos; en Suiza se han encontrado restos calcinados de tortas elaboradas con granos toscamente molidos de cebada y trigo que datan de la Edad de Piedra. (Moreno, *et al.*, 2010).

En nuestro país, la cebada ocupa el cuarto lugar en importancia entre los cereales, después del trigo, maíz y arroz. La razón de su importancia se debe a su amplia adaptación ecológica y a su diversidad de aplicaciones. Generalmente posee siete cromosomas con más de cien genes que se encuentran localizados. La mejora genética en estas plantas se basa en obtener nuevas variedades que sean más productivas, con unos rendimientos más estables y de mejor calidad. (Infoagro, 2010)

La cebada en la región interandina es cultivada por los campesinos más pobres de nuestro país y en áreas marginales de producción, ubicadas sobre los 3.300 metros de altitud. Este cereal se ha constituido en el alimento básico de las poblaciones rurales después del maíz, es el de más amplia distribución, con un

consumo que alcanza el 46% de la producción nacional. En el Austro ecuatoriano las variedades de cebada, INIAP Cañicapa e INIAP Paccha tienen una gran aceptación en los campos de los agricultores de Saraguro-Loja, así como también en otras provincias de la sierra centro-norte. INIAP-BOLÍVAR en el 2007, en la provincia de Bolívar se cultivaron 3.500 ha de cebada, teniendo un rendimiento promedio de 1,7 ton/ha. Este grano se cultiva principalmente en los cantones de: Guaranda, Chimbo y San Miguel. Dentro de las variedades predominantes que se cultivan se tiene: el INIAP-Shiry 2000, el INIAP-Paccha y el INIAP-Cañicapa, destinados principalmente para el auto consumo (Moreno, *et al.*, 2010). Una de las características de la cebada, y de otros cereales, es que contienen polisacáridos distintos del almidón en cantidades muy inferiores, entre los que se encuentran hemicelulosas, pentosanos, celulosa, beta-glucanos y gluco-fructanos. Estos polisacáridos constituyen la estructura de las paredes celulares y abundan más en las porciones internas que en las externas del grano. Desde el punto de vista fisiológico y nutritivo a estos compuestos se les denomina fibra alimentaria (Mazza, 2000).

La cebada al igual que la avena presentan similar efecto en la reducción de los niveles de colesterol sérico, específicamente el colesterol asociado a las lipoproteínas de baja densidad (colesterol- LDL), sin que cambie la fracción de colesterol asociado a lipoproteínas de alta densidad (colesterol-HDL), reduciendo así el riesgo de enfermedades coronarias. Por otro lado se dice también que los beta - glucanos y la viscosidad tienen una importante función en la modificación de los lípidos sanguíneos y en la atenuación a las respuestas de la glucosa y de insulina en la sangre (Mazza, 2000).

El porcentaje de beta-glucanos en la cebada no está bien definido ya que bibliográficamente se han reportado datos con un rango comprendido entre el 3 al 11% o de 2 a 11% en el mosto de cebada, 4 al 7% en el grano seco, y también se han encontrado cantidades muy elevadas que van de los 13 a 17%. Lo cierto es que cada variedad y línea de cebada tiene un porcentaje de β -glucanos diferente de acuerdo a su constitución genética y condiciones ambientales. (Mazza, 2000; Jadhav, 1998)

1.2.2 Análisis crítico

- Mediante la adaptación del método enzimático NTC543 se cuantificará el contenido de beta-glucanos en las diversas líneas y variedades de cebada seleccionados por el Programa de Cereales del INIAP, proponiendo con ello una metodología más sencilla y de menor costo para la determinación de dicho compuesto.
- Obtenidos los datos de porcentaje de beta – glucanos se podrá clasificar y orientar el uso de las diversas líneas y variedades de cebada que se encuentran disponibles en el banco de semillas del INIAP.
- Se comprobará si existe una correlación directa entre la acción de las beta-glucanasas en el aumento de la viscosidad. Y la correlación de beta-glucanos con la cantidad de fibra dietética, en granos no procesados, consiguiendo con ello obtener nuevos parámetros que nos permitan cuantificar de mejor manera la existencia de beta-glucanos.
- Luego de realizados los cuatro procesos: escarificado, tostado, cocinado y malteado; necesarios para la obtención de los subproductos comunes de consumo de la cebada, se obtendrá información acerca del proceso en el cual se incrementa la cantidad de beta-glucanos. Para que con dicha información se pueda obtener a futuro productos que contengan alta cantidad de beta-glucanos beneficiosos para la salud, dando así un valor agregado a dicho producto.

1.2.2.1 Árbol de problema

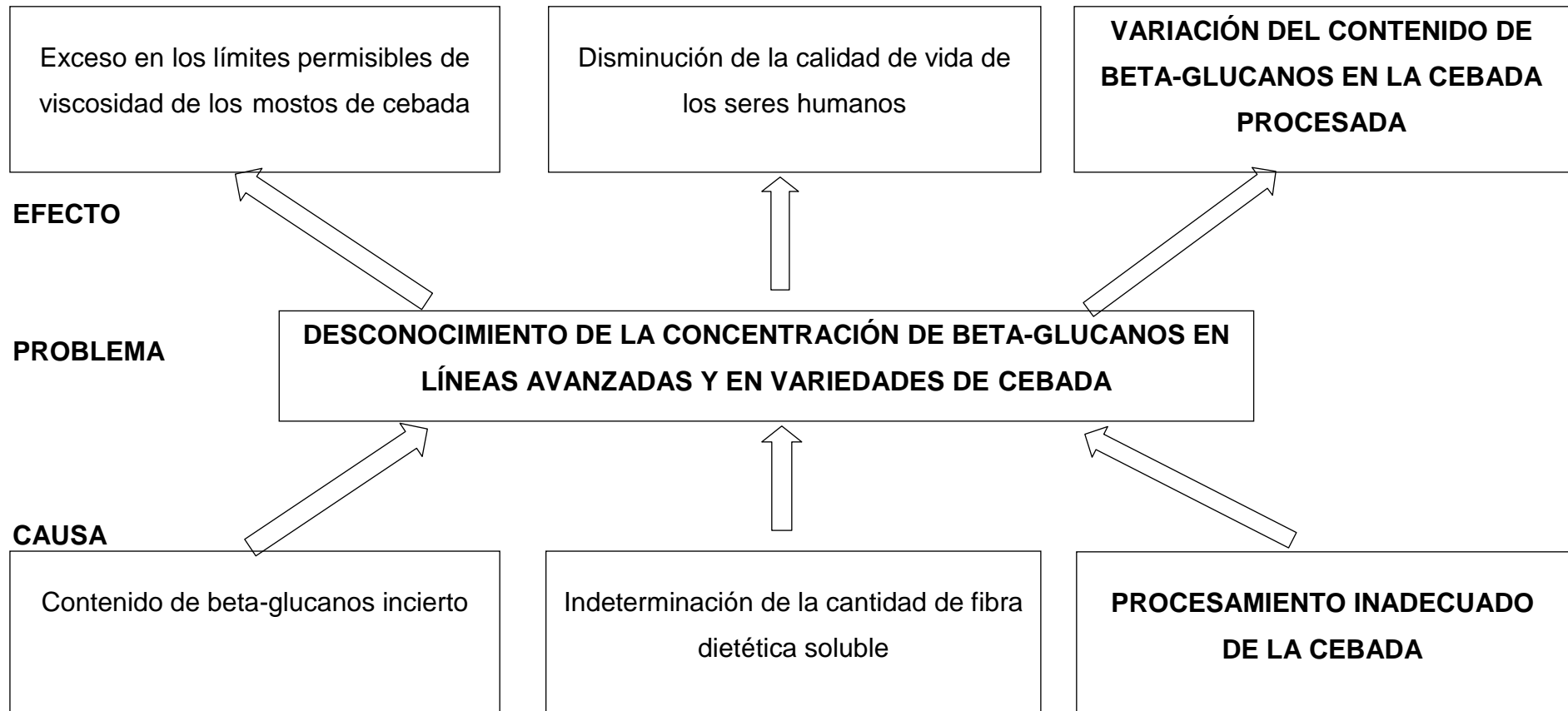


Figura 1. Árbol del problema
Elaborado por: Fernanda Moreano C., 2011

1.2.3 Prognosis

El desconocimiento de la concentración de beta-glucanos en la cebada, ha hecho que el banco de semillas del INIAP, disminuya los datos de información técnica obtenidos para las diversas variedades de cebada, y líneas próximas a convertirse en variedades, omitiendo así su uso y clasificación en líneas o variedades aptas para el consumo humano o apto para la industria cervecera. Por esta razón es importante conocer el contenido de beta-glucanos en la cebada, para de esta manera poder orientar al agricultor Ecuatoriano en la clase de cultivo al cual quiera dedicarse.

1.2.4 Formulación del problema

¿El contenido de beta - glucanos en líneas avanzadas y en variedades de cebada, procesada y no procesada, podrá ser determinada por medio de un método enzimático?

1.2.5 Interrogantes

- ¿Se puede determinar el contenido de beta - glucanos en 70 líneas y/o variedades de cebada?
- ¿Se logrará establecer la viscosidad, el índice de consistencia e índice de comportamiento al flujo en los extractos solubles de cebada de las líneas o variedades, con mayor contenido de beta – glucanos?
- ¿Se identificará el grado de correlación entre la concentración de los beta – glucanos y la viscosidad de los mostos?
- ¿Se determinará el contenido de fibra dietética en las líneas o variedades de cebada seleccionadas como las de mayor contenido de beta-glucanos, y se establecerá el grado de correlación que existe entre fibra dietética y beta-glucanos?
- ¿Se determinará el efecto del proceso sobre el contenido de beta - glucanos en el grano escarificado, tostado, cocido y malteado, de las líneas o variedades con mayor cantidad de beta-glucanos?

1.2.6 Delimitación del objeto de investigación

1.2.6.1 Delimitación científica

La determinación del contenido de beta - glucanos en líneas avanzadas y en variedades de cebada procesada y no procesada, por medio de un método enzimático está delimitada en:

- **Área:** Alimentos.
- **Sub-área:** Bioquímica.
- **Sector:** Cereales.
- **Sub-sector:** Nutrición.

1.2.6.2 Delimitación espacial

Laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

1.2.6.3 Delimitación temporal

Septiembre del 2010 - Agosto del 2011.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación pretende clasificar los materiales promisorios y variedades de cebada según su contenido de beta-glucanos y distribuyéndolos de la siguiente manera: los de alta concentración de beta-glucanos para el consumo humano y para cervecería los de bajo contenido de beta-glucanos.

El procesamiento de la cebada posee importantes efectos sobre las propiedades benéficas para la salud humana, siendo necesario determinar el efecto de la cocción, el tostado, la escarificación y el malteado sobre el contenido de beta-glucanos, ya que dichos procesos son los que comúnmente

se aplican en la preparación culinaria y en el procesamiento agroindustrial del grano.

Se enfatizará en el estudio de los materiales con alto contenido de beta-glucanos debido a su importancia en la reducción del riesgo de enfermedades crónicas, como la diabetes y las enfermedades cardiovasculares; ya que los beta-glucanos y su viscosidad indican tener una importante función en la modificación de los lípidos sanguíneos, en la atenuación de las respuestas de glucosa y de insulina en la sangre (Mazza, 2000).

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Clasificar los diferentes tipos de cebada en función del contenido de beta-glucanos.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar el contenido de beta - glucanos en 70 líneas y/o variedades de cebada.
- Establecer la viscosidad, el índice de consistencia e índice de comportamiento al flujo en los extractos solubles de cebada de las líneas o variedades con mayor contenido de beta – glucanos.
- Correlacionar la concentración de los beta –glucanos y la viscosidad de los mostos de cebada.
- Determinar el contenido de fibra dietética en las líneas o variedades de cebada seleccionadas en el primer objetivo y establecer el grado de correlación con el contenido de beta - glucanos.
- Determinar el efecto del proceso de escarificado, tostado, cocido y malteado sobre el contenido de beta - glucanos de las líneas o variedades con mayor cantidad de beta-glucanos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La cebada es un cereal cultivado anualmente, de ciclo vegetativo corto en relación a otras especies, que no requiere regadío, razón por la cual se adapta muy bien a zonas altas de la sierra ecuatoriana.

Imagen 1. *Hordeum vulgare* (cebada).



Fuente: Criollo P y Cujilema L. (2009)

Según datos del tercer censo nacional Agropecuario, la superficie dedicada a la siembra es de 40.845 ha, produciendo 11.794Tm de cebada, distribuidas en Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha, Bolívar e Imbabura como provincias de mayor producción del grano, tanto para consumo familiar como para producción a gran escala (ESPAC, 2010), constituyéndose en la base alimentaria de una gran mayoría de la población rural y en el sustento de su economía (Martínez, 2009).

benéfica, mejorando así el tránsito intestinal y disminuyendo el colesterol asociado a las lipoproteínas de baja densidad (colesterol-LDL) (Lee, *et al.*, 1997).

Los beta-glucanos reducen el riesgo de enfermedades coronarias ya que modifican los lípidos sanguíneos y atenúan las respuestas de la glucosa y de la insulina en la sangre, acción fisiológica importante para las personas que padecen diabetes. (Mazza, 2000).

La presencia de beta - glucanos en la cebada se debe a un gen específico presente en cada uno de los genotipos (Jadhav, *et al.*, 1998).

Es por ello que las cifras de su contenido reportan valores variables, por ejemplo se señala que las mayores concentraciones de beta - glucanos se encuentran en la cebada (3-11%) y en la avena (3-7%), concentraciones menores en el centeno (1-2%) y en el trigo (<1%). En el maíz, sorgo, arroz y otros cereales alimentarios importantes solo se han encontrado trazas (Mazza, 2000).

Los resultados obtenidos en esta investigación, servirán para determinar si la cebada se ajusta a la descripción de alimento funcional, definido como aquel que además de presentar todas las características normales de un alimento, proporciona también un efecto beneficioso para la salud. En otro ámbito, el grano es insustituible para la elaboración cerveza, en este caso, los parámetros requeridos son contrarios a los que se necesitan para el consumo humano, debiendo presentar alto extracto cervecero y azúcares, bajo contenido de proteínas (9 a 11.5%), una actividad enzimática apropiada y finalmente un escaso contenido de beta – glucanos, (Mazza, 2000). Debido a que estos compuestos son un inconveniente en la filtración de los mostos y provocan turbidez en la cerveza (Bert *et al.*, 1999).

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

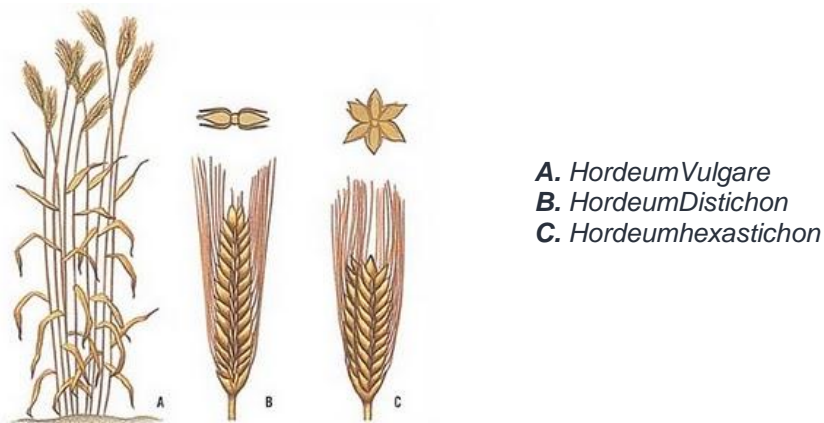
2.2.1 La cebada

La cebada es un cultivo de ciclo vegetativo corto (con un ciclo de cultivo de hasta 180 días) que resiste a la sequía y tolera bajas temperaturas. Hay una sola especie cultivada, *Hordeum vulgare*, la que contiene 3 subespecies (Romero, 2007):

- *ssp. hexastichum* (de seis hileras)
- *ssp. distichum* (de dos hileras)
- *ssp. irregulare* (irregular)

Morfología

Imagen 3. Morfología de la cebada.



Fuente: Blogspot, (2010)

Todas las cebadas cultivadas a nivel comercial se clasifican dentro del género *Hordeum* de la familia de las gramíneas. Sus espigas se componen de un eje llamado raquis, formado por nudos en zigzag en cada uno de los cuales se encuentran tres flores hermafroditas que presentan tres estambres y un ovario con estigma doble; estas estructuras se hallan protegidas por la corola, la cual está constituida por la lema y la palea. El cáliz de la flor lo componen dos glumas situadas en el lado donde se localiza la lema, o sea en el lado externo de flor respecto a su posición en el nudo. (Egas, 2006)

Clasificación

- **Morfológica**

Hexásticas: Son aquellas que en el raquis de la espiga de cebada tiene seis hileras mide de 7 a 10 centímetros de longitud, posee la 10 nudos y contiene 50 granos aproximadamente.

Dísticas: Son aquellas en las que la cebada tiene dos hileras mide de 5 a 10 centímetros, tiene 16 nudos y 25 granos. (Egas, 2006)

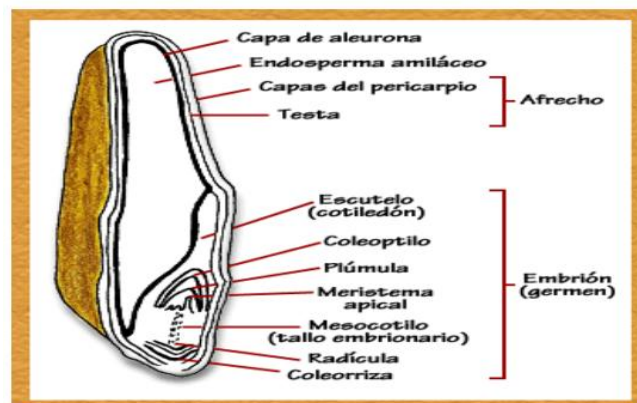
- **De acuerdo al uso**

Desnudas: La cebada desnuda se define aquella que no está provista de cascarilla y palea, pero sí de cascarilla y de lema, la cual se encuentra muy adherida al grano. Esta variedad fue creada bajo condiciones de mejoramiento genético para logran un mejor rendimiento de aporte nutritivo para el consumo humano. (Egas, 2006)

Maltera: Aquí se encuentran las cebadas de interés industrial, es decir que contiene del 10 al 12% de proteína, lo que da muy buenas maltas cerveceras. Esta variedad al igual que la anterior, fue creada bajo condiciones de mejoramiento genético para logran un mejor rendimiento cervecero.

Estructura del grano

Imagen 4. Estructura del grano de cebada.



Fuente: Criollo P y Cujilema L. (2009)

El grano de cebada es, botánicamente, un fruto en cariósipide que contiene solo una semilla (o grano). La cubierta exterior de esta semilla está constituida, fundamentalmente por el pericarpio comprende, a su vez, diversos tejidos (epicarpio, mesocarpio, capa de células transversales, entre otros), más o menos diferenciados. En el tegmen o testa del grano maduro solo se diferencia fácilmente una capa celular. El pericarpio es rico en celulosa y el tegmen está constituido, básicamente por una capa continua de sustancia grasa, en la cual se encuentran los pigmentos que dan al grano su color característico.

Subyacente al tegmen se encuentra la capa aleurona que consta de uno o varios estratos de células de parénquima, de forma cuadrangular o rectangular y con paredes delgadas. Estas células contienen abundantes glóbulos de grasa y de proteína (“granos de aleurona”).

El endospermo propiamente dicho está constituido por células de parénquima, de paredes delgadas, dispuestas en sentido radial, repletas de gránulos de almidón. Las células de las capas más externas del endospermo son ricas en glóbulos o gránulos proteicos.

El embrión o germen está localizado en uno de los extremos del grano, adosado a la cara ventral, siendo una estructura compleja, formada por escutelo – tejido de reserva-, el coleoptilo, la coleorriza, el epiblasto, la radícula, la plúmula, y el hipocotilo. Los tejidos del germen son ricos en proteínas y lípidos, no conteniendo apenas almidón. El germen está rodeado por las cubiertas exteriores del grano –pericarpio y tegmen-, así como por las aleuronas y finalmente presentan unas cubiertas lignocelulósicas más externas, denominadas cascarillas, muy ricas en sílice (Primo - Yúfera, 1979).

Químicamente la mayor parte de las paredes celulares de la cebada se encuentran constituidas por arabinoxilanos y beta – glucanos. Tal es así que la pared celular del endospermo está constituido por el 75% de beta – glucanos y el 20% de arabinoxilanos, mientras que la pared celular de la aleurona contiene alrededor del 26% de beta – glucanos y el 71% de arabinoxilanos. (Jadhav, *et al.*, 1998).

Composición química y nutricional del grano de cebada

La cebada es un alimento energético, rico en carbohidratos, principalmente en almidón. Los hidratos de carbono son importantes porque aportan con más del 40% de calorías a la dieta de los seres humanos y permiten una eficaz utilización de las proteínas. Además ciertos carbohidratos como la fibra viscosa de la cebada, tienen la propiedad de atrapar el colesterol e impedir la absorción en el tracto digestivo (Villacrés, 2008)

La composición y propiedades de la cebada varían en función de la variedad, métodos de cultivo y condiciones ambientales (Jadhav, *et al.*, 1998).

a) Hidratos de carbono

Almidón: El almidón es el componente más abundante en la cebada y la principal fuente calórica. Se estima que el contenido de almidón en el grano de cebada fluctúa entre 58 a 64%, de este contenido el 20 a 30% es amilosa y el 70-80% es amilopectina. La amilosa es un polímero formado por moléculas de α -D-glucosa con un peso molecular de 10000 a 100000 Da. La amilopectina en cambio es un polímero ramificado formado por pequeñas cadenas de unidades de α -D-glucosa que se unen y forman grandes moléculas que pesan entre 50000 a 1000000 Da. Los gránulos de almidón de la cebada común son esféricos o lenticulares, con un rango de temperatura de gelatinización de 51 a 60°C (Jadhav, *et al.*, 1998).

Fibra dietética o fibra alimentaria: Se ha comprobado que la fibra es absolutamente necesaria, aunque no sea más que para completar el proceso de la digestión. Al ingerirse ofrece la ventaja de aumentar el volumen de los restos alimenticios, lo que facilita la evacuación. Además tiene la facultad de absorber agua, con lo que se favorece ese tránsito intestinal en mayor medida. (Sánchez y Conesa, 2004).

Hay indicaciones que la fibra dietética, incluyendo las hemicelulosas disminuyen la susceptibilidad a las enfermedades cardiovasculares y desordenes del colon, especialmente el cáncer de colon. Igualmente los

pacientes diabéticos pueden experimentar un reducido requerimiento de insulina, ingiriendo dietas con un alto contenido de fibra (Villacrés y Rivadeneira, 2000). A nivel gástrico la retención hídrica por parte de la fibra produce una distensión del estómago provocando sensación de saciedad. La formación de soluciones viscosas tiene como resultado endentecer el vaciamiento del contenido gástrico al duodeno, lo que justifica para muchos autores el enlentecimiento y gradualidad en la absorción de nutrientes, entre ellos la glucosa, impidiendo la elevación aguda de la misma en la sangre.

Composición química de la fibra dietética o fibra alimentaria

Los elementos de la fibra dietética son polisacáridos estructurales de las plantas, siendo sus moléculas básicas la glucosa, la fructosa y otros monosacáridos (hexosas y pentosas). Se puede distinguir (Grupo latino, 2008):

- **Polisacáridos no almidonáceos:** Incluye celulosa y los diversos polisacáridos no celulósicos (hemicelulosas, beta-glucanos, pectinas, gomas, mucilagos).

Celulosa: Polímero de glucosa (hasta 10000) en enlace β -1,4. Abundan los puentes de hidrogeno que conducen a una organización de las cadenas en micro fibrillas y fibras formando estructuras cristalinas muy estables, destacando su carácter insoluble. Es el componente más abundante de las paredes celulares de los cereales y las verduras.

Polisacáridos no celulósicos: Incluye de un conjunto de polisacáridos en donde la glucosa puede estar presente, pero normalmente aparecen otros azúcares y en general azúcares neutros como arabinosa, xilosa, manosa, ramnosa, galactosa y azúcares ácidos como ácido glucorónico y galacturónico.

Hemicelulosas: Conjunto de polímeros más pequeños que la celulosa (50 a 2000), con una estructura ramificada. Se encuentran en los mismos alimentos que la celulosa. No se digieren en el intestino delgado humano, aunque si se desdoblan parcialmente en el colon por acción de la flora microbiana.

Beta-glucanos: Son polímeros de glucosa como es la celulosa (pero con enlaces β -1,4 y β -1,3), son ramificados y tienen menor tamaño. Esta estructura les permite tener carácter soluble. Se encuentran en cereales especialmente de avena y cebada.

Mucílagos: Los pentosanos, los hexosanos el ácido urónico, etc, son elementos que cuando están en contacto con el agua forman disoluciones viscosas o también, debido a su gran capacidad para retener agua, pueden hincharse para formar una pseudo disolución gelatinosa. Son solubles y en realidad son hemicelulosas neutras.

- **Almidón resistente:** Es el almidón que no sufre ataque enzimático en el intestino delgado, siendo fermentado por la microbiota del intestino grueso.
- **Ligninas:** Forman la estructura de la parte más dura o leñosa de los vegetales como acelgas, lechugas, el tegumento de los cereales, etc. No es un polisacárido sino un polímero de cadenas de fenilpropano. Es totalmente indigerible (Mataix, 2002).

Clasificación de la Fibra dietética o fibra alimentaria

El conducta de los diversos componentes de la fibra en relación al agua es muy diverso y depende de muchos factores como son, los radicales hidroxilo presentes en la molécula, la estructura de la cadena de los polímeros según sea lineal o más o menos ramificada, la interacción o tipo de enlace entre las cadenas poliméricas y la presencia de grupos ácidos (cargados eléctricamente), entre los más importantes, lo que hace que se hable de:

- **Fibra dietética soluble**

Fibra como pectina, ciertas hemicelulosas, gomas, mucilagos y beta-glucanos son solubles y tienen una gran capacidad para retener agua en el estomago e intestino delgado y forma soluciones viscosas de gran volumen, constituyendo un sustrato altamente fermentable para la microbiota intestinal, con lo que se produce más masa bacteriana que contribuye a la masa fecal (Mataix, 2002).

La fibra soluble en la cebada está formada en su mayoría por beta-glucanos, los cuales han sido reconocidos como componentes importantes en la alimentación humana ya que reducen los niveles de colesterol. La concentración de estos polisacáridos, usualmente se encuentran en el endospermo del grano (Romero, 2007).

- **Fibra dietética insoluble**

La celulosa, diversas hemicelulosas y lignina, caracteriza por su escasa capacidad de formar soluciones viscosas en el estomago e intestinos, su baja fermentabilidad en el colon ascendente y capacidad de retención de agua, en el colon distal, hace que favorezca el aumento del tamaño del bolo fecal e incrementa la velocidad de tránsito (Mataix, 2002).

b) Proteína

La composición y cantidad proteica en el grano de cebada tienen una influencia significativa en la cantidad nutricional del grano. Esta puede variar desde 8.1 hasta 14.7%, de acuerdo al origen (Jadhav, *et al.*, 1998). Las proteínas enzimáticas del grano de cebada se encuentran localizadas en el embrión, la aleurona y en pequeñas proporciones en el endospermo.

c) Lípidos

Se ha reportado hasta un 3.2% de lípidos presentes en el grano. Los principales tejidos ricos en lípidos son; el embrión, escutelo y aleurona. Los lípidos también están presentes en tejidos o en residuos de tejidos como el retículo endoplasmático, vesículas de Golgi, plástidos y mitocondrias (Romero, 2007).

d) Minerales

Cerca del 95% de los minerales en los cereales desnudos y los granos de avena, cebada, arroz, etc. Consisten en fosfatos y sulfatos de potasio, magnesio y calcio. La cascara de cebada contiene el 32% de los minerales. El

potasio se encuentra en la parte externa del lema, mientras que el fosfato y el calcio se encuentran en la parte interna de este tejido. (Romero, 2007).

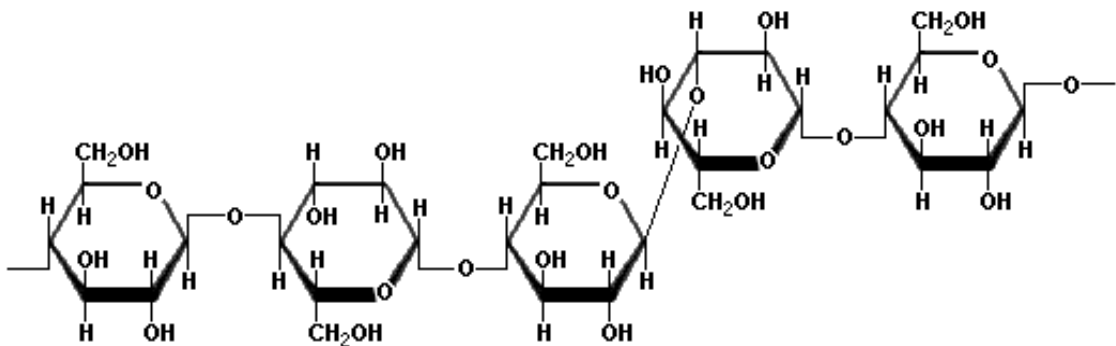
e) Vitaminas

La cebada posee carotenoides y esteroides, precursores de la vitamina A y D, respectivamente. Esta gramínea además es una buena fuente de vitamina B. Los tejidos ricos en esta vitamina son el embrión, el escutelo y la aleurona.

2.2.2 Los beta - glucanos

Estructura

Imagen 5. Estructura de las beta-glucanos.



Fuente: Blogspot, 2010

El beta-glucano es un polisacárido lineal, no ramificado compuesto en un $\approx 70\%$ por unidad de β -D-glucopiranosilo unidas mediante enlaces 4-O-, y en un $\approx 30\%$ por unidad de β -D-glucopiranosilo unidas mediante enlaces 3-O-.

Los enlaces (1 \rightarrow 3) se presentan aislados y la mayoría de los enlaces (1 \rightarrow 4) se presentan en grupos de dos o tres, produciendo predominantemente una estructura de unidades de celotriocilo y celotetraocilo unidas mediante enlaces beta-(1 \rightarrow 3).

El beta-glucano de avena y cebada y el de β -glucano que no es de cereal, el liquenano, parecen ser prácticamente idénticos desde el punto de vista estructural, sobre la base del análisis de los enlaces o de los espectros, pero

los análisis de los fragmentos de oligosacáridos liberados por los enzimas revelan diferencias

Las cantidades relativas de los oligosacáridos producidos por acción de las liquenazas, una $(1\rightarrow3)(1\rightarrow4)\text{-}\beta\text{-D-glucan-4-glucanohidrolasa}$ específica altamente específica, constituye una huella de la estructura. Los oligosacáridos se analizan de forma fácil y rápida mediante cromatografía de intercambio aniónico de alto rendimiento (HPAEC). Como no es necesario purificar ni limpiar la muestra, es posible realizar un análisis estructural de todo el beta-glucano de una harina o producto, en lugar de analizar una porción purificada que no es necesariamente representativa del conjunto.

La proporción molar de unidades de celotriosilo unidas mediante enlace $(1\rightarrow3)$, a unidades de celotetraosilo unidas mediante enlace $(1\rightarrow3)$ que constituyen el 85 - 90% en peso de los polisacáridos, es menor en el caso de la avena (2.1 - 2.4) que en la cebada (2.8 - 3.3), el centeno (3.0 - 3.2) o el trigo (3.0 - 3.8).

Mediante la acción de la liquenasa se forman, además de 3-O- β -celobiosil- y celotriosil-D-glucosa, diversos oligosacáridos de mayor grado de polimerización (GP) y un precipitado insoluble. Dado que el enzima es específico para unidades de glucopiranosilo unidas mediante enlace beta- $(1\rightarrow4)$ y sustituidas en el carbono 3, estos productos adicionales deben ser oligosacáridos que contienen más de dos unidades de glucopiranosilo unidas mediante enlace beta- $(1\rightarrow4)$ y cuyo extremo reductor es una unidad de glucosa unida mediante enlace beta- $(1\rightarrow3)$, es decir, celodextrinas cuyo extremo reductor termina en una unidad unida al carbono 3, confirmando mediante análisis de metilación (Mazza, 2000).

Peso molecular

A pesar del considerable interés despertado por los problemas surgidos en la industria cervecera y de piensos debidos a la viscosidad del beta - glucano de cebada se han realizado pocos estudios sobre el peso molecular (PM) de beta-glucanos de cereales, lo cual probablemente se debe a la dificultad de obtener

datos fiables. Los primeros estudios dan valores tan bajos como 2.7×10^4 (avena) o tan altos como 40×10^6 (cebada). (Mazza, 2000).

El alto valor obtenido en este último estudio se atribuyó a la asociación con proteínas. Los estudios más detallados y rigurosos sobre el PM del beta - glucano de avena han sido los que se realizaron únicamente con muestras que habían sido despolimerizadas por sonicación. Para estas muestras de bajo PM, se determinó la siguiente ecuación de Mark-Houwink:

$$[\eta](ml/g) = 6.7 \times 10^{-2} Mn^{0.75}$$

La cromatografía de exclusión por tamaño es un método sencillo para determinar el PM y la distribución de PM. Puesto que no se dispone de detectores sensibles al PM, es necesario utilizar patrones de PM conocido, y para ello se han utilizado frecuentemente dextrano y populano comerciales. Debido a las diferencias que existen entre la conformación molecular (forma) de los patrones de glucano con enlaces α y el beta-glucano, es posible sobrestimar considerablemente el PM del beta-glucano. Por ello, los PM deben reflejarse como equivalentes de dextrano o populano o se debe aplicar el procedimiento conocido como calibración universal.

El PM del beta-glucano de extractos brutos de varios cultivares de avena, cebada y centeno, usando cromatografía de exclusión por tamaño de alto rendimiento con detección de calcofluor y patrones de beta-glucano de avena calibrados mediante LALLS (*low angle laser light scattering*). El PM del beta-glucano de avena ($\approx 3 \times 10^6$) fue mayor que el de cebada ($2-2.5 \times 10^6$) o el de centeno (1×10^6). (Mazza, 2000)

Es importante someter a las muestras a un tratamiento previo antes de la extracción. Es evidente que si hay beta - glucanasas en la muestra, estas deben ser inactivadas o bien se deberá indicar que cualquier muestra aislada sin llevar a cabo dicha inactivación puede haber sufrido una despolimerización se puede apreciar teniendo en cuenta que la rotura de un solo enlace entre 12000 puede reducir a la mitad el PM de un beta-glucano de alto PM.

Solubilidad

El termino solubilidad es quizá inapropiado aplicado a la fibra alimentaria y específicamente al beta - glucano de avena o cebada (Mazza, 2000). La solubilidad se refiere a la extractibilidad de la muestra preparada en determinadas condiciones específicas de disolvente, de temperatura, de tiempo, y de proporción solido – liquido. Es difícil realizar una comparación de los datos de varios estudios relativos a la extracción o solubilidad de beta-glucano de avena y cebada debido al gran número de variables implicadas. Como en el caso de la determinación del PM, pueden ser importante los enzimas endógenos, tanto si proceden del propio cereal como de microorganismos contaminantes; la cantidad de beta-glucano de se extrae de la harina es mayor que la que se obtiene de muestras tratadas con etanol.

Sin embargo el efecto solubilizante de la despolimerización puede ser compensado por los cambios producido en las paredes celulares durante el secado que resultan en una menor extractibilidad.

La extracción del beta-glucano de cereales con reactivos y condiciones suaves no es completa. No se han encontrado aún una explicación plenamente satisfactoria de las causas a nivel molecular o de microestructura que justifiquen esta resistencia a la solubilización ni las diferencias entre muestras, aunque es evidente que el peso molecular puede influir. Además el mayor grosor de las paredes celulares, como las del endospermo sub - aleurónico de muchos cultivares, ejerce una mayor resistencia a la extracción. McCleary, extrajo el 90% del beta-glucano total de cebada mediante tratamientos sucesivos con agua a 40, 65 y 95°C, mientras que Wood *et al.*, 1983a (Mazza, 2000), extrajeron aproximadamente el 45% del beta - glucano de cebada y el 70% del de avena con carbonato a (pH 10) a 60°C.

Reología

El beta - glucano es un polisacárido lineal, de alto peso molecular, que, si no se produce un ordenamiento y una asociación de las cadenas y por encima de

determinada concentración mínima (de enredamiento), produce disoluciones muy viscosas y pseudoplásticas (Mazza, 2000).

La viscosidad (η) depende en gran medida de la concentración y, en este caso, también del gradiente de cizalla (S), por lo que los datos deben compararse a igual gradiente de cizalla y concentración. Para la comparación se puede usar la siguiente ley de potencia:

$$\eta = KS^{n-1}$$

Pero las comparaciones deben realizarse con gradientes de cizalla del mismo orden, ya que la fórmula solo es válida dentro de un intervalo limitado. Basándose en esta ecuación se puede determinar los parámetros K (índice de consistencia, o viscosidad teórica a un gradiente de cizalla de $1s^{n-1}$) y n (índice de flujo, una medida del grado de reducción de la viscosidad conforme aumenta el grado de cizalla) (Zhang, 1998).

Los beta-glucanos junto con los pentosanos presentes en la cebada forman gomas que son solubles en agua caliente y aportan viscosidad a los mostos cerveceros, causando problemas durante la filtración previa a la fermentación del mosto; también se les ha asociado a problemas de turbidez y el empobrecimiento del extracto cervecero (Figueroa, 1985).

Análisis de los beta-glucanos

Tanto desde el punto de vista normativo como en investigación y desarrollo, es importante poder analizar los componentes específicos de un alimento funcional a los que se asignan el efecto fisiológico (Mazza, 2000).

El beta-glucano se puede analizar como fibra alimentaria, pero a diferencia de otras fibras alimentarias existen además para el beta-glucano otros métodos específicos reconocidos, lo cual convierte beta-glucano en un modelo particularmente útil para la investigación.

Utilizando técnicas de microscopia y tinción específica, la que se puede usar también de forma específica y sensible el beta-glucano en disolución. También

existen métodos de análisis enzimático. El método de Áman y Graham, 1987 (Mazza, 2000) utiliza beta - glucanasas para convertir de forma cuantitativa el beta-glucano en glucosa, la cual se determina a continuación mediante glucosa oxidasa. En este método es necesario eliminar primero todo el almidón mediante α -amilasa, que debe estar libre de beta-glucanasas.

Un método desarrollado por McIntosh *et al*, 1991 (Mazza, 2000), usa una (1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)- β -D-glucan-4-glucanohidrolasa específica para solubilizar y extraer cuantitativamente el beta-glucano en forma de oligosacáridos, que son convertidos a continuación convertidos a glucosa mediante un beta-glucosidasa específica.

2.2.3 Modo de acción de los beta-glucanos

Respuesta a la glucemia

La fibra alimentaria no es dirigida por las enzimas humanas y crea una masa sólida en el tracto gastrointestinal superior que modifica el medio físico con posibles consecuencias fisiológicas. En estudios con animales se ha comprobado la desaparición de la fibra y el beta-glucano en el intestino delgado y que el beta-glucano sufre una despolimerización, lo cual indica que se produce una fermentación en el intestino delgado. La solubilización de la fibra incrementa la viscosidad en el lumen de forma dependiente del peso molecular y de la concentración, pero las fibras solubles e insolubles de forma incompleta también afectan a las características reológicas en resumen la expresión fibra alimentaria incluye materiales con propiedades y características muy diversas. Las propiedades más importantes de los beta-glucanos de avena probablemente sean su capacidad de incrementar la viscosidad de la disolución y una rápida fermentación en el intestino grueso.

Las manifestaciones bioquímicas del consumo de beta-glucano de avena (niveles de glucosa e insulina en la sangre) dependen en aproximadamente un 90% de la viscosidad. El principal efecto probablemente se deba simplemente al incremento de la viscosidad en el lumen que afecta a la mezcla por convección y al transporte de la pared del intestino. Los ácidos grasos de

cadena corta (acetato, propionato y butirato) producidos por fermentación en el colon también pueden influir en la producción de glucosa y en su utilización por los tejidos periféricos. (Mazza, 2000).

Lípidos del suero

- El incremento del consumo de fibra soluble va asociado a un incremento de la excreción de ácidos biliares y colesterol. También puede influir la absorción y reabsorción, los cambios en la mezcla y difusión causados por el incremento de la viscosidad y los cambios en las propiedades emulsionantes.
- La insulina está implicada en el metabolismo de los lípidos y puede estimular la síntesis de colesterol y la síntesis de secreción hepática de lipoproteínas de baja densidad. Las fibras solubles reducen los niveles de glucosa y de insulina en la sangre y la disminución de la concentración de insulina puede reducir los niveles de colesterol sérico.
- La fermentación de colon produce ácido acético, propiónico y butírico, pudiendo modificar la síntesis del colesterol, como se ha probado con el propionato que inhibió la síntesis de colesterol en hepatocitos de rata aislados y redujo los niveles de colesterol sérico en ratas y cerdos.
- La absorción requiere de una dispersión apropiada de las moléculas de lípidos en la fase acuosa y una interacción adecuada con la mucosa intestinal. El incremento de la viscosidad del contenido intestinal reduce el grado de mezcla en el lumen debido a un incremento de la resistencia a los efectos convectivos de las concentraciones intestinales.
- En condiciones gástricas, las fibras solubles de viscosidad suficientemente alta reducen significativamente el grado de emulsión de los lípidos, y en consecuencia producen una ligera reducción del grado de hidrólisis de triglicéridos catalizados por la lipasa gástrica. (Mazza, 2000).

2.3 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

La presente investigación se basa en un paradigma positivista ya que se trata de una investigación experimental, donde se busca la explicación, predicción y control de fenómenos físicos y químicos; donde la generalización científica se basa en leyes naturales inmutables.

En este paradigma se tiene como escenario de investigación, el laboratorio a través de un diseño pre estructurado y esquematizado; su lógica de análisis está orientado a lo confirmatorio, reduccionista, verificación, inferencia e hipotético deductivo mediante el respectivo análisis de resultados (Reichart y Cook, 1986).

El enfoque además se hará en conformidad a la corriente critico-propositivo, es decir, que se basa en una comprensión de la investigación, en identificar los cambios y una interacción renovadora. (starMedia, 1998)

2.4 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Objetivos Nacionales del Ecuador para el Buen Vivir (Plan Nacional del Ecuador para el Buen Vivir, 2009).

Política 1.1.- *Garantizar los derechos del Buen Vivir para la superación de todas las desigualdades (en especial salud, educación, alimentación, agua y vivienda)*

- Impulsar el acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos, preferentemente producidos a nivel local, en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales, promoviendo la educación para la nutrición y la soberanía alimentaria.

Política 1.4.- *Democratizar los medios de producción para generar condiciones y oportunidades equitativas*

- Conformar bancos de semillas, germoplasma y, en general, variedades genéticas para promover su conservación y libre intercambio, así como la promoción de investigaciones asociadas.
- Fomentar asistencia técnica, capacitación y procesos adecuados de transferencia de ciencia, tecnología y conocimientos ancestrales, para la innovación y el mejoramiento de los procesos productivos, con la activa participación de los diversos actores incluyendo a las universidades e institutos técnicos.

Política 2.1.- Asegurar una alimentación sana, nutritiva, natural y con productos del medio para disminuir drásticamente las deficiencias nutricionales.

- Promover programas de reactivación productiva enfocados al cultivo de productos tradicionales, articulados al programa nacional de alimentación y nutrición.

Política 4.1.- Conservar y manejar sustentablemente el patrimonio natural y su biodiversidad terrestre y marina, considerada como sector estratégico.

- Promover usos alternativos, estratégicos y sostenibles de los ecosistemas terrestres y marinos y de las potenciales oportunidades económicas derivadas del aprovechamiento del patrimonio natural, respetando los modos de vida de las comunidades locales, los derechos colectivos de pueblos y nacionalidades y los derechos de la naturaleza.
- Fomentar la investigación, educación, capacitación, comunicación y desarrollo tecnológico para la sustentabilidad de los procesos productivos y la conservación de la biodiversidad.
- Preservar, recuperar y proteger el agro diversidad y el patrimonio genético del país, así como de los conocimientos y saberes ancestrales vinculados a ellos.

Política 5.3.- *Propender a la reducción de la vulnerabilidad producida por la dependencia externa alimentaria y energética.*

- Fomentar la producción de alimentos sanos y culturalmente apropiados de la canasta básica para el consumo nacional, evitando la dependencia de las importaciones y los patrones alimenticios poco saludables.
- Impulsar la industria nacional de alimentos, asegurando la recuperación y la innovación de productos de calidad, sanos y de alto valor nutritivo, articulando la producción agropecuaria y con el consumo local.

Política 5.6.- *Promover relaciones exteriores soberanas y estratégicas, complementarias y solidarias.*

- Incorporar nuevos actores en el comercio exterior, particularmente provenientes de la micro, pequeña y mediana producción y del sector artesanal, impulsando iniciativas ambientalmente responsables y generadoras de trabajo.

Política 11.3.- *Impulsar las condiciones productivas necesarias para el logro de la soberanía alimentaria.*

- Incentivar programas de conservación y recuperación de productos y semillas tradicionales.
- Fomentar la producción de alimentos sanos y culturalmente apropiados orientados al consumo interno, mediante un apoyo integral que potencie las capacidades productivas y la diversidad de las pequeñas y medianas unidades, urbanas y rurales, de las comunidades campesinas, indígenas, montubias y afro ecuatorianas.
- Impulsar la industria nacional de alimentos, asegurando la recuperación y la innovación de productos de calidad, inocuos y de alto valor nutritivo, el vínculo con la producción agropecuaria y con el consumo local, y minimizando el uso y el desecho de embalajes.

- Proteger la producción local de alimentos básicos a través de precios de sustentación, subsidios productivos y mecanismos similares.

Política 11.9.- *Promover el acceso a conocimientos y tecnologías y a su generación endógena como bienes públicos.*

- Impulsar la creación de redes nacionales de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, que articule centros de investigación universitarios públicos y privados, entidades particulares y comunitarias y unidades productivas, y que recuperen, integren y generen conocimientos y tecnologías con una perspectiva de fortalecimiento de la diversidad.

2.5 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

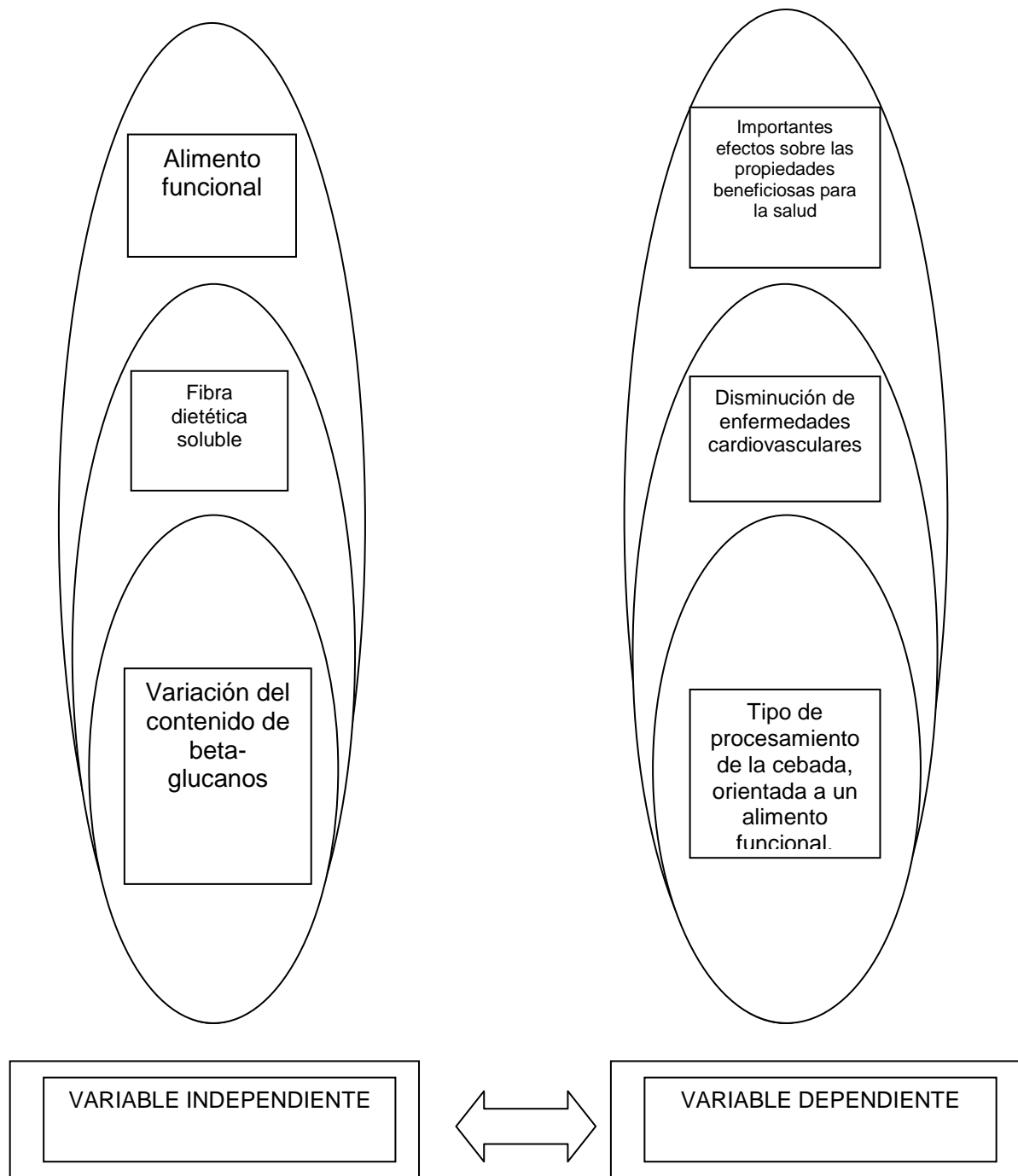


Figura 2. Categorías fundamentales
Elaborado por: Fernanda Moreano C., 2011

2.6 HIPÓTESIS

Ho: Todas las líneas y variedades de cebada presentan similar contenido de beta - glucanos, diversas técnicas de proceso, no influyen en su contenido y no existe ninguna correlación entre los beta - glucanos, la viscosidad y la fibra dietética.

Ha: Todas las líneas y variedades de cebada no presentan similar contenido de beta – glucanos, las diversas técnicas de proceso influyen en su contenido y existe correlación entre los beta - glucanos, la viscosidad y la fibra dietética.

2.7 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

2.7.1 Variable dependiente

Contenido de beta-glucanos en las líneas y variedades de cebada.

2.7.2 Variable independiente

- Viscosidad.
- Fibra dietética.
- Tipo de procesamiento.

2.8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.8.1 Acondicionamiento de la muestra

A cada una de las muestras de cebada, se le determinó el contenido de humedad para expresar los resultados en base seca. Seguidamente las muestras fueron molidas en un molino semindustrial modelo 879-D y luego en un molino de café modelo DCG-20N, con el fin de obtener harina fina, la que se almacenó hasta el momento del análisis.

2.8.2 Método de campo

Cada una de las 70 líneas y variedades de cebada se las cosecho y transporto al Programa de Cereales, para ser sometidas a secado y disminuir así su

humedad a un nivel del 12%, y de esta manera ser guardadas por el banco de semillas.

2.8.3 Métodos de laboratorio

Método 1. CONTENIDO DE BETA GLUCANOS

(Método McCLEARY del kit Megazyme, según los Métodos; AACC 32-23, AOAC 995.16, EBC 3.11.1, 4.16.1, 8.11.1, y el Método Estándar ICC N° 166.)

PRINCIPIO

Las muestras son suspendidas e hidratadas en una solución de buffer a pH 6.5, para luego ser incubadas con liquenasa purificada y posteriormente ser filtrada. Una alícuota del filtrado es hidrolizada con beta-glucosidasa purificada. La D-glucosa producida es analizada usando un estándar de glucosa oxidasa/peroxidasa.

NOTA

El contenido total de beta glucanos en la cebada de un 4% (p/p), el método es exacto a $4.0 \pm 0.1\%$ (p/p)

KITS

El Kit Megazyme cuenta con:

- Botella 1: Liquenasa [*endo*-(1-3)(1-4)-b-D-glucano 4-glucanohidrolasa, específica] suspendida (1 mL, 1,000 U/mL). estable por > 3 días a 4°C.
- Botella 2: Suspensión de b-glucosidasa (1 mL, 40 U/mL). Estable por > 3 años a 4°C.
- Botella 3: **GOPOD Reagent Buffer**. Buffer de fosfato de potasio (1 M, pH 7.4), ácido *p* hydroxybenzoico (0.22 M) y azida de sodio (0.4 % w/w). estable por > 3 años a 4°C.

- Botella 4: **GOPOD Reagent Enzymes**. Glucosa oxidasa (> 12,000 U) mas peroxidasa (> 650 U) y 4-aminoantipiridina (80 mg). Polvo seco congelado. Estable por > 5 años a -20°C.
- Botella 5: Solución estándar D-Glucosa (5 mL, 1.0 mg/mL) en 0.2 % (w/v) ácido benzoico. Estable por > 5 años a temperatura ambiente.
- Botella 6: Control estandarizado de harina de cebada. Frasco pequeño que contiene b-glucano. Estable por > 5 años a temperatura ambiente.
- Botella 7: Control estandarizado de harina de avena. Frasco pequeño que contiene b-Glucano. Estable por > 5 años a temperatura ambiente.

Preparación de los reactivos, soluciones y suspensiones.

- Diluir el contenido de la botella 1 (liquenasa) en 20 ml con 20mM del buffer de fosfato de sodio a pH 6.5. Dividir apropiadamente la alícuotas en los tubos de polipropileno entre unos -20°C. Úsese durante todo el tiempo frio si es posible. Es estable por > 2 años a -20°C.
- **Nota:** Es importante que la liquenasa no se contamine con la β -glucosidasa.
- Diluir el contenido de la botella 2 (β -glucosidasa) en 20.0 ml con 50mM del buffer de acetato de sodio a pH 4. Dividir apropiadamente la alícuotas en los tubos de polipropileno entre unos -20°C. Úsese durante todo el tiempo frio si es posible. Es estable por > 2 años a -20°C.
- Diluir el contenido de la botella 3 (GOPOD Reagent Buffer) a 1 litro con agua destilada. Use inmediatamente.
- **Nota:** Si la concentración de buffer es igual a -20°C. Esto podría formar cristales de sal lo cual sería más complicado disolverlas aun cuando este buffer es diluido a 1 litro con agua destilada. Este buffer contiene 0.4% (w/v) sodio. Este es un químico venenoso y podría ser por consiguiente adsorbido.

- Disolver el contenido de la botella 4 en 20ml de la solución 3 y cuantitativamente transferir a la botella que contiene el residuo de la solución 3. Tapar la botella con papel aluminio y protegerlo de la luz ultra violeta. La determinación de la glucosa con el reactivo (GOPOD Reagent). Estable por aproximadamente 3 meses a 2-5°C o > 12 meses a -20°C. Si este reactivo tuviera que ser congelado, preferiblemente podría ser dividido en alícuotas para ser congeladas y de este modo solo ser descongelada durante su uso. Cuando este reactivo es preparado recientemente podría emitir una luz amarilla o rosada. Este podría tomar un rosado mas fuerte por encima de los 2 – 3 meses a 4°C. la Absorbancia de estas soluciones serán baja 0.05 cuando se lee contra agua destilada.

Preparación de Buffer no suministrado

- Buffer de fosfato de sodio: (20 mM, pH 6.5). Disolver 3.12 g ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en 900ml de agua destilada y ajustar el pH a 6.5 por la adición de 100mM de hidróxido de sodio (4 g/L) aproximadamente 100 ml es requerido. Ajustar el volumen a 1 litro. Añadir 0.2 g de azida de sodio. Estable por 2 meses a 4°C.
- Buffer de acetato de sodio: (50 mM, pH 4.0). Añadir 2.3 ml de ácido acético glacial a 900 ml de agua destilada. Ajustar el pH a 4 por la adición de 1 M de la solución de hidróxido de sodio. Aforar el volumen a 1 litro. Añadir 0.2 g de azida de sodio. Estable por 2 meses a 4°C.
- Buffer de acetato de sodio: (200 mM, pH 4.0). Añadir 11.6 ml de ácido acético glacial a 900 ml de agua destilada. Ajustar el pH a 4 por la adición de 1 M de la solución de hidróxido de sodio. Aforar el volumen a 1 litro. Añadir 0.2 g de azida de sodio. Estable por 2 meses a 4°C.

EQUIPO Y MATERIAL

- Tubos de polipropileno con tapa (capacidad de 35 ml)
- Tubos de vidrio (capacidad de 12 ml)

- Micro pipetas e.g. Gilson Pipetman® (100 µL and 200 µL).
- Pipetas con desplazamiento positivo e.g. Eppendorf Multipette® con 5 ml (para dispensar alícuotas de 1 ml de buffer y solución buffer de β-glucosidasa)
- Dispensador con volumen ajustable: 0 -0.5 para el buffer de fosfato, 3 ml para el reactivo de glucosa/oxidasa/peroxidasa y de 0 – 25 ml para el agua destilada
- Balanza analítica
- Espectrofotómetro U.V. visible
- Vórtex
- Termostato a 40°C
- Cronometro
- Papel filtro Whatman No. 41
- Centrifuga

PROCEDIMIENTO

- Se molerán muestras secas de cebada, posteriormente se pesarán 0.5 g de cada una colocándolas en un tubo con 1,0 ml de etanol acuoso, con ello se logrará la dispersión de la materia orgánica de las muestras, se preparará el medio añadiendo 5 ml de buffer de fosfato de sodio (0,020 mol/litro, pH = 6,5) y con agitación para que la enzima liquenasa pudiese actuar.
- Los tubos se pasaron a un baño de agua hirviendo durante 2 minutos; posteriormente se retirarán y agitarán; se calentarán por tres minutos, se mezclarán constantemente para evitar la formación de material gelatinoso.
- Se incubará la enzima liquenasa, para ello los tubos se enfriarán a 40° C y se adicionarán 0.2ml de liquenasa (10U) en cada tubo; se incubarán a 40° C

durante 1 hora. Se extraerá el material acuoso que contiene los β - glucanos mediante centrifugación.

- Posteriormente se realizará la incubación de β -glucosidasa de la siguiente forma:
- Blanco. 0.1ml de buffer de acetato (0,050mol/Litro, pH = 4,0) más 0.1ml de b-glucosidasa
- Tubos muestra. Se adicionarán 0,1ml de b-glucosidasa (0.2U en el buffer de acetato 0,050mol/Litro, pH = 4.0; los tubos anteriores se incubarán a 40° C durante 20° C.
- *Determinación de glucosa.* A cada uno los tubos anteriores se les adicionarán glucosa oxidasa peroxidasa y se incubará a 40° C durante 15 minutos. Las muestras se leerán en un espectrofotómetro de luz ultravioleta bajo las siguientes especificaciones: Lectura 510nm (492-550), Temperatura 40° C o 50°C, Tamaño de la celda 1cm.

CÁLCULOS

$$\beta - glucanos(\% p / p) = \Delta A * F * 300 * \frac{1}{1000} * \frac{100}{W} * \frac{162}{180}$$

$$\beta - glucanos(\% p / p) = \Delta A * \frac{F}{W} * 27$$

Donde:

ΔA = Absorbancia de la reacción – Absorbancia del blanco.

F= 100mg de glucosa /absorbancia de 100mg de glucosa

300 = Volumen de corrección (i.e. 0,1ml tomado de 30ml).

1/1000 = Conversión de mg a mg

162/180 = Ajuste de la glucosa libre a glucosa anhidra (para obtener b-glucanos)

100/W = Factor para expresar el porcentaje de β -glucanos en harina de cebada seca.

W = Peso de la muestra seca en mg

Método 2. EXTRACTO POTENCIAL

(Figueroa, 1985)

PRINCIPIO

En el caso del extracto potencial, el principal objetivo es determinar el grado o factibilidad de modificación de los almidones en azúcares por acción de las enzimas, lo cual es un buen indicador de la cantidad de sustancia que se pueden extraer de la malta. La modificación del almidón presente en el endospermo de la cebada está en función del grado de ramificación de las moléculas de amilopectina y de la cantidad de amilosa. El proceso de hidrólisis comienza al tener la muestra un tamaño óptimo de partícula (molienda fina) para que el almidón esté disponible al ataque enzimático y al procurarse un medio acuoso para que la masa quede totalmente remojada y pueda liberar y activar la beta amilasa y algunas sustancias solubles como los azúcares. El proceso de modificación propiamente dicho comienza al elevarse la temperatura de 20°C hasta 50°C, y mantenerse esta última por 10 minutos, gracias a este cambio térmico los almidones en presencia de agua son convertidos en engrudo (gelatinización).

EQUIPO Y MATERIAL

- Balanza analítica
- Balanza de torsión
- Macerador con vasos de bronce o níquel
- Molino para molienda fina
- Picnómetro de 50 ml
- Embudos de núm. 15
- Baño maría a 20°C

- Matraces erlenmeyer de 125 ml
- Termómetro
- Papel filtro Schleicher and Schuell N° 597

REACTIVOS

Solución de enzimas: pesar 9 g de alfa-amilasa (Wallerstein) y 22.5 g de diastasa de malta (Wallerstein) para 4.5 lt de agua destilada. Esta solución debe prepararse para ser usada inmediatamente.

PROCEDIMIENTO

- Pesar 20 g de cebada molida fina en vasos de maceración y agregar 135 ml de solución enzimática
- Colocar los vasos en baño maría a 20°C por 16 a 18 horas
- Colocar los vasos en el macerador con agitación de 80 a 100 revoluciones por minuto (rpm), y aumentar la temperatura 1°C por minuto hasta llegar a 50°C, y mantenerse esta última condición por 10 minutos. Después se continúa incrementando la temperatura 1°C por minuto hasta alcanzar los 75°C, punto en el cual se mantiene constante la temperatura durante 30 minutos.
- Enfriar los vasos a 20°C y ajustar su peso a 180 g con agua destilada para las muestras, y 170.6 g para tratamiento blanco.
- Filtrar el mosto y regresar los primeros 25 ml de filtrado al embudo. Mantener el filtrado a temperatura de 20°C.
- Limpiar cuidadosamente el picnómetro y determinar su tara.
- Llenar el picnómetro con agua destilada e insertarle el tapón cuidadosamente; en seguida pesar el agua retenida por aquel a 20°C
- Enfriar el extracto de cebada a 20°C

- Llenar el picnómetro con extractos e insertar el tapón con cuidado para evitar la formación de burbujas.
- Lavar el exterior del picnómetro con agua destilada a 20°C, secar y pesar.

CÁLCULOS

$$\% E(BS) = \frac{^{\circ}p(H + 800) * 100}{(100 - ^{\circ}p)(100 - H)}$$

$$^{\circ}p = (GS * 244.26872) - 244.03851$$

$$GS = \left[\frac{PM - PV}{PA - PV} \right] - \left(\left[\frac{PB - PV}{PA - PV} \right] - 1 \right)$$

Donde:

% E (BS) = Porcentaje de extracto base seca

GS = Gravedad específica (corregida a 20°C)

PM = Picnómetro con muestra (g)

PV = Picnómetro vacío (g)

PA = Picnómetro con agua (g)

PB = Picnómetro con tratamiento blanco (g)

°p = Grados plato

H = Porcentaje de humedad

(BS) = Base seca

Método 3. CONTENIDO DE BETA-GLUCANOS

(Figuroa, 1985)

PRINCIPIO

Los beta-glucanos son polímeros formados por unidades de glucosa que presentan enlaces beta 1-3 en un 30% aproximadamente y beta 1-4 en un 70%, forman parte de la pared celular del endospermo de la cebada junto con proteínas y pentosanos.

Algunos problemas de filtración son asociados con su presencia, la cual está directamente relacionada con la viscosidad. Esta determinación consiste

básicamente en precipitar los beta glucanos con sulfato de amonio, hidrolizarlos en medio ácido para transformarlos en glucosa, la cual se evalúa por colorimetría.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Espectrofotómetro
- Centrifuga
- Erlenmeyer de 50 cm³
- Balones aforados de 100 y de 25 cm³
- Tubos para centrifuga
- Tubos con tapón esmerilado
- Pipetas aforadas de 20, 10, 2 cm³

REACTIVOS

- Sulfato de amonio r.a.
- Ácido sulfúrico, al 85% v/v
- Antrona, r.a.
- Solución de etanol: agua 70:30 v/v
- Solución de antrona, al 0.1% p/v en ácido sulfúrico del 85%
- Solución patrón de glucosa: se pesa 0.100 g de D-glucosa, se lleva a 100 cm³ con agua destilada. Esta solución contiene 50 mg/ dm³ de glucosa.

PROCEDIMIENTO

- Se pesan 6 g de sulfato de amonio en un erlenmeyer de 50 cm³ y se adicionan 20 cm³ del mosto por analizar. Se agita hasta la disolución total del sulfato de amonio.
- Se deja en reposo durante 12 h mínimo, al cabo de las cuales se centrifugara por 30 minutos.
- Se lava el precipitado con la solución de etanol: agua para ser centrifugado durante 10 minutos eliminando así el sobrenadante, se repite el lavado tres o cuatro veces hasta obtener un precipitado blanco.
- Se disuelve el precipitado en agua y se coloca el tubo en un baño a ebullición, durante 10 minutos, se transfiere cuantitativamente a un balón aforado de 100 cm³ y se lleva a volumen con agua destilada.
- Se toma una alícuota de 20 cm³ de la solución anterior y se lleva a volumen con agua destilada en un balón aforado de 25 cm³.
- Se toma una alícuota de 3 cm³ en un tubo con tapón esmerilado y se adicionaran 10 cm³ de la solución de antrona.
- Se prepara un patrón interno de glucosa con 3 cm³ del patrón de glucosa y el blanco con 3 cm³ de agua destilada, a estos dos últimos se les adicionara 10 cm³ de solución de antrona. Es conveniente que el patrón y el blanco sean preparados por duplicado.
- Se agitaran suave y cuidadosamente.
- Los tubos se colocan en un baño a ebullición durante 20 minutos.
- Se determina la Absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 625nm, ajustado a cero con el blanco.

CÁLCULOS

$$\text{Glucosa en mg / dm}^3 \text{ de mosto} = \frac{\text{Abs.muestra}}{\text{Abs.pat}^{\text{r}}\text{on}} * C * F$$

Dónde:

C = concentración de patrón mg/dm³

F = factor de dilución = 6.25

Se debe tener en cuenta que esta determinación se efectúa sobre el mosto obtenido para análisis del extracto de malta según lo indicado en la NTC 1119, en la cual se emplean 50 g de malta y 400 cm³ de agua destilada, por lo tanto la ecuación utilizada para el cálculo es:

$$\text{Glucosa en mg / 100g de malta (base seca)} = \frac{\text{mg glucosa}}{\text{dm}^3 \text{ mosto}} * \frac{A}{d * B} = \frac{\text{mg glucosa}}{\text{dm}^3 \text{ mosto}} * \frac{A}{10 * P * d}$$

Dónde:

d = densidad del mosto

°P = grado plato = % de solido P/V

A = g extracto / 100 g malta (base seca)

B = g de extracto / 100 g de mosto

Notas

- El lavado del precipitado debe ser muy cuidadoso para evitar la pérdida de β-glucanos, ya sea por falta de centrifugación o por exceso de la misma (se puede aumentar la temperatura de la solución etanol/agua y favorecer la solubilización de los β-glucanos)
- Cuando se observe que no hay solubilización total del precipitado, se debe retirar el tubo del baño de ebullición y esperar a que precipite la parte insoluble, antes de transferir la solución al balón aforado de 100 cm³. El precipitado se tratara nuevamente.
- El material debe estar completamente libre de azucares, dado que la reacción es muy sensible.

Método 4. DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD

(Alvarado y Aguilera, 2001); (Heldman y Singh, 2001); (Perry y Cecil, 1986)

PRINCIPIO

Establecer el efecto de las enzimas sobre el mosto de cebada, sobre la viscosidad en el filtrado, para lo cual se utiliza un viscosímetro de vidrio Cannon Frenske, y de esta manera poder determinar la viscosidad.

EQUIPO Y MATERIAL

- Viscosímetro de vidrio Cannon Frenske
- Baño maría
- Vasos de precipitación
- Cronómetro
- Termómetro

PROCEDIMIENTO

- Medir 25 ml de mosto de cebada en un vaso de precipitación de 50 ml
- Acondicionar los vasos por cinco a diez minutos hasta que el mosto alcance la temperatura determinada.
- Trasvasar 10ml del filtrado de la muestra por el capilar del viscosímetro de vidrio Cannon-Frenske.
- Absorber el líquido suavemente con una pera por el capilar hasta la parte superior.
- Medir el tiempo que demora en pasar el líquido desde el enrase superior al enrase inferior del capilar del viscosímetro.

- Realizar el mismo procedimiento con agua destilada para determinar la constante del viscosímetro.

CÁLCULOS

La viscosidad se calcula de la siguiente manera:

$$\eta = \left(\frac{\text{Tiempo de flujo de la muestra}}{\text{Tiempo de flujo del agua}} \right) * \rho * \eta_{H_2O(25^\circ C)}$$

Dónde:

η = Viscosidad (Cp)

ρ = Densidad

η_{H_2O} = Viscosidad del agua a 25°C (Cp)

Método 5. DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA SOLUBLE

Método 991.42 y Método 993.19 (A.O.A.C., 1995). Adaptado en el departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

PRINCIPIO

El almidón y las proteínas son digeridos por pequeños fragmentos por medio de enzimas. La fracción de fibra dietética insoluble es separada por filtración. La fracción de fibra dietética soluble es recuperada por filtración luego de precipitar con etanol.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Estufa
- Balones Kjeldahl
- P-2 filtros – crisol (40 – 60 μm porosidad)
- Celita 545. FLUKA AG, BUCHS Switzerland
- Bomba de vacío

- Desecador

REACTIVOS

- Solución buffer 0.1 M pH 6.0 Fosfato de Sodio
12.1 g $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
2.2 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Disolver en aproximadamente 900 ml de agua destilada. Ajustar pH a 6.0 y luego aforar a 1000 ml.
- Solución 0,2 M. HCl
82.3 ml de HCl concentrado. Diluya a 5000 ml con agua destilada.
- Solución 5,0 M. HCl
82.3 ml de HCl concentrado. Diluya a 200 ml con agua destilada.
- Solución 1,0 M. HCl
82.3 ml de HCl concentrado. Diluya a 1000 ml con agua destilada.
- Solución 5,0 M. NaOH
40.01 g de NaOH libre de agua. Disuelva y afore a 200 ml.
- Solución 1,0 M. NaOH
40.01 g de NaOH libre de agua. Disuelva y afore a 1000 ml.
- Etanol al 95%
- Etanol al 76%
4 volúmenes de etanol al 95% + 1 volumen de agua destilada.
- Acetona

ENZIMAS

- Pepsin 200 FIP U/g MERK, N°7190, Darmstadt, W. Germany
- Pancreatina Fluka AG N°76190 Buchs. Switzerland

- Termamyl 120 L Novo A/S, Copenhagen, Denmark

Preparación de las soluciones enzimáticas

Termamyl ya viene en solución, pero la pepsina y la pancreatina son polvos secos.

Para simplificar el trabajo, es mejor preparar las soluciones de pancreatina y pepsina y luego almacenarla en un congelador.

Se pesarán 10,0 g de enzima en polvo en un vaso de precipitación y disuélvalo en 100 ml de agua destilada. Se mezclará lentamente con agitador magnético. Las soluciones serán congeladas en porciones de 7 ml.

PROCEDIMIENTO

- Se analizará por duplicado.
- Pesar 1,0 g (+/- 0,0001) de muestra seca o su equivalente de muestra húmeda homogenizada, en un vaso de precipitación o un frasco plástico.
- Adicionar 25 ml de buffer de Fosfato de sodio y 100 µl de Termamyl. Usando agitador magnético de 20 mm de longitud. Mezclar bien.
- Evitar que la muestra salpique a las paredes. Cubrir con papel aluminio y colocar los vasos en un baño de agua hirviendo para incubación por 20 minutos.
- Adicionar 20 ml de HCl 0,2 M, esperar hasta que el contenido del vaso alcance la temperatura ambiente. Ajustar el pH a 1,5 con HCl 5 M.
- Agregar 1,0 ml de solución de pepsina a cada muestra. Se incubará durante 1.0 hora a 40°C en un baño de agua, con agitación.
- Retirar las muestras del baño de incubación y se adicionará 1,0 ml de NaOH 5.0 M. Se ajustará el pH a 6,8 con NaOH 1.0 M.
- Adicionar a cada frasco 1,0 ml de solución de pancreatina.

- Las muestras se incubarán en un baño de agua por una hora a 40°C. Durante la incubación se deberá mantener una agitación lenta y continua.
- Se retirarán las muestras del baño de agua, a las mismas se adicionará 0,5 ml de HCl 5,0 M y el pH se ajustará a 4,5 con HCl 1 M.

PRECIPITACIÓN Y FILTRACIÓN

Mantenga en desecadores los crisoles y la Celita que han sido previamente secados a 105°C.

Pese 0.5 g (+/- 0.0001 g) de Celita en cada crisol, los cuales deben de estar marcados previamente. Tome nota del peso del crisol + Celita. Humedezca la Celita del crisol con alcohol 76% (para prevenir perdidas de Celita previo a la filtración).

FIBRA DIETÉTICA TOTAL

- Añadir agua destilada hasta la marca de 100 ml del vaso, posteriormente se añadirá 400 ml de etanol al 95% precalentando a la temperatura de 60°C. Dejar precipitar por una hora.
- Colocar los crisoles y la Celita que previamente serán secados en una estufa a 105°C en un desecador y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Pesar 0,5 g (precisión de 4 cifras decimales) de Celita en cada crisol. Anotar el número del crisol, pesar el crisol y la suma del crisol más Celita. Humedecer las chelitas en el crisol con etanol al 76% (para evitar la pérdida de Celita antes de la filtración).
- Durante la filtración, se debe cuidar que las paredes del embudo estén siempre húmedas con etanol al 76% (se evita que la fibra se adhiera a las paredes). Lavar la torta filtrada con porciones de etanol al 95% de 2 x 15 ml y acetona en porciones de 2 x 15 ml.

FIBRA DIETÉTICA SOLUBLE E INSOLUBLE

- Prepare los crisoles como se describe bajo “FIBRA DIETÉTICA TOTAL” PERO NO DILUIR LA ENZIMA DIGERIDA A LA MARCA DE 100 ml
- Remover los agitadores magnéticos y realizar la primera filtración en frascos limpios. Cuidar de no exceder de la marca de 100 ml. Lavar la torta filtrada con agua destilada hasta la marca de 100 ml. Retirar los frascos con el filtrado. Reemplazar con frascos nuevos y lavar la torta filtrada con porciones de 2 x 15 ml de etanol y 2 x 15 ml de acetona.
- Chequear que los frascos con la fibra dietética soluble estén diluidos a la marca de 100 ml y añadir 400 ml de alcohol precalentado a 60°C y dejar que la fibra precipite por 1 hora antes de filtrar como se ha descrito bajo “FIBRA DIETÉTICA TOTAL”.
- Secar los crisoles toda la noche en estufa a 105°C.
Pesar los crisoles después que han sido enfriados a la temperatura ambiente en un desecador.

GUARDAR SIEMPRE LOS CRISOLES EN UN DESECADOR

Los crisoles se guardarán en un desecador, el contenido de uno de ellos será utilizado para análisis de nitrógeno por Kjeldahl. El otro crisol será calcinado toda la noche a 550°C para determinar el contenido de cenizas en la muestra.

LA MÁXIMA DESVIACIÓN SUGERIDA ENTRE MUESTRAS PARALELAS, PARA LA EXACTITUD REQUERIDA

- Muestra contenido 0-10% fibra dietética no corregida 0.5%
- Muestra contenido 10-50% fibra dietética no corregida 0.85%
- Muestra contenido 50% fibra dietética no corregida 1.50%

CÁLCULOS

De acuerdo con Proxy *et al.*, (1985.) Assoc. Anal. Chem. Vol. 68 N° 4.

Cálculos para el análisis de fibra dietética:

Los siguientes cálculos son necesarios para reportar los valores de fibra dietética y se refieren a los pesos expresados en mg.

1. Fibra no corregida

$$(Crisol + Celita + fibra) - (crisol + Celita)$$

2. % de Fibra no corregida

$$\frac{Fibra\ no\ corregida\ (mg)}{peso\ de\ muestra\ (mg)} * 100$$

3. Ceniza no corregida

$$(Crisol + Celita + cenizas) - (crisol + Celita)$$

4. Proteína no corregida

$$\frac{Normalidad\ de\ HCl * ml\ HCl * 14.007 * 6.25}{Peso\ de\ muestra}$$

5. Ceniza corregida

$$\frac{Valor\ promedio\ (mg)\ fibra\ no\ corregida * proteina\ no\ corregida\ (mg)}{Contenido\ de\ fibra\ en\ crisol\ antes\ de\ incinerarlo\ (mg)}$$

6. Proteína corregida

$$\frac{Valor\ promedio\ (mg)\ fibra\ no\ corregida * mg\ proteina\ no\ corregida}{Contenido\ de\ fibra\ en\ crisol\ usado\ para\ Kjeldahl\ (mg)}$$

7. Blanco corregido

$$(Promedio\ (mg)\ fibra\ en\ blanco) - (ceniza\ corregida + proteina\ corregida)$$

8. Fibra dietética corregida

$$\frac{(valor\ promedio(mg)\ FD\ no\ corregida) - (ceniza + proteina + blanco\ corregido)}{promedio\ peso\ de\ muestra\ (mg)}$$

Método 6. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA TOTAL (Micro Kjeldahl)

Método N° 10.177 (A.O.A.C., 1997). Adaptado en el departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

PRINCIPIO

El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio al ser digeridas en ácido sulfúrico en ebullición. El residuo se enfría, se diluye con agua y se agrega hidróxido de sodio.

El amonio presente se desprende y a la vez se destila y se recibe en una solución de ácido bórico, que luego se titula con ácido sulfúrico estandarizado.

REACTIVOS

- Ácido sulfúrico (grado técnico)
- Ácido clorhídrico 0.02 N estandarizado
- Hidróxido de sodio al 50% (grado técnico)
- Ácido bórico 4%
- Indicador mixto 0.1% y verde de bromocresol al 0.2% en alcohol de 95%
- Mezcla catalizadora: 800g de sulfato de potasio o sodio, 50g de sulfato cúprico pentahidratado y 50g de dióxido de selenio
- Agua destilada

PROCEDIMIENTO

- Digestión; Pesar alrededor de 0.04g de muestra, colocar dentro de un balón de digestión y añadir 0.5g de mezcla catalizadora y 2ml de ácido sulfúrico concentrado al 92% (grado técnico).
- Colocar los balones en el digestor Kjeldahl con los calentadores a 500°C hasta que la solución adquiera una solución verde. Esto es indicativo de

haberse eliminado toda la materia orgánica. Retirar los balones del digestor y enfriar.

- Destilación: Colocar la muestra en el destilador y añadir 10ml de hidróxido de sodio al 50%, destilar recogiendo el destilado en un vaso de precipitación que contiene; 6ml de ácido bórico al 4% y 5 gotas del indicador mixto, hasta obtener 60ml de volumen.
- Titulación: Se titula con ácido clorhídrico 0.02N, hasta que la solución cambie del color turquesa a tomate. Se realiza también una titulación con un blanco.

CÁLCULOS

$$P(\%) = \frac{(Ma - Mb) * N * 0.014 * 6.25}{Pm} * 100$$

Dónde:

P (%) = Porcentaje de proteína

N = Normalidad del ácido titulante

Ma = Mililitros del ácido gastado en la muestra

Mb = Mililitros del ácido gastado en el blanco

Pm = Peso de la muestra en gramos

6.25 = Factor proteico

Método 7. DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Método N° 923.03 de la A.O.A.C. Adaptado en el departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Santa Catalina, INIAP.

PRINCIPIO

La muestra es incinerada en un horno o mufla a 600°C, previa pre calcinación en placa calentadora o reverbero, para eliminar todo el material orgánico. El material inorgánico que no se destruye se llama ceniza.

PROCEDIMIENTO

Preparación de los crisoles

- Dejar los crisoles en solución sulfocromica por 2 horas y enjuagar con agua destilada.
- Secar los crisoles en estufa a 105°C por 15 minutos.
- Colocar en la mufla a 600°C por 2 horas.
- Retirar los crisoles en un desecador y enfriar.

Obtención de cenizas

- Pesar el crisol y agregar 2 gramos de muestra.
- Pre calcinar la muestra hasta que no desprenda humo.
- Colocar en la mufla a 600°C por 8 horas (preferiblemente una noche). Las cenizas obtenidas deben ser blancas y no deben presentar adherencias a las paredes del crisol.
- Secar en un desecador, enfriar y pesar.

CÁLCULOS

$$C(\%) = \frac{P_{cz} - P_c}{P_{cm} - P_c} * 100$$

Dónde:

C=Contenido de cenizas

P_c=Peso del crisol tarado

P_{cz}=Peso del crisol + cenizas

P_{cm}=Peso del crisol + muestra

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

La orientación brindada por la metodología utilizada en el desarrollo del presente proyecto de tesis se encuentra basada en la presentación de datos cualitativos y cuantitativos utilizando variables continuas, para lo cual fue necesaria la medición de parámetros que permitieron establecer el contenido de beta-glucanos en las 70 líneas y variedades de cebada.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

La modalidad empleada en la investigación realizada, fue ejecutada de acuerdo a los siguientes tipos y procedimientos investigativos.

Investigación de laboratorio

La presente investigación fue realizada en los laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad, en donde se recolectaron datos para la obtención de un método sencillo y más accesible de determinación de beta glucanos.

Investigación experimental

Se realizaron estudios, ensayos, pruebas y análisis para la obtención de un método sencillo y más accesible de determinación de beta glucanos.

Investigación bibliográfica

Ésta investigación se llevó a cabo con la ayuda de revistas científicas, libros, normas, artículos científicos, publicaciones de internet, etc.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue mixta, evaluativa y experimental, ya que se desarrolló a nivel de laboratorio mediante análisis, midiendo las diferentes propiedades que posee cada variable planteada, validando así dichos análisis mediante métodos estadísticos los cuales a su vez evaluaron el grado de relación y variabilidad existentes entre las variables en estudio.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 Población

Para la investigación se tuvo como población a las líneas y variedades de cebada que fueron proporcionados por el Programa de Cereales, teniendo como tipo de muestreo el completamente al azar.

3.4.2 Muestra

De la población de granos de cebada existentes en el Programa de Cereales. Se seleccionaron 70 tipos, entre líneas y variedades, las cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Muestras de cebada para el análisis del contenido de beta - glucanos

Nº	Código	Nombre de crusa e historial de selección	Origen
1	INIAP CAÑICAPA (variedad)
2	CD-09-001	INIAP SHYRI 89/GRIT 7 E-II.93-8891-2E-1E-3E-1E-3E-4E-0E-0E- 0E-0E-0E-0E (línea)	INCR. Cebada 2005 S-1
3	CD-09-002	ANDESS297.91/BSRD1.72 CBSS96M00247S-1E-2E-0E-0E-0E-0E-0E- 0E (línea)	S-2
4	INIAP GUARANGA 2010
5	CD-09-004	INIAP SHYRI89/GRIT9E-II-93-8891-3E-4E -1E-1E-2E-1E-0E-0E-0E-0E-0E-0E (línea)	S-5

6	CD-09-005	INIAP SHYRI 89/GRIT 20 E-II-93-8891-5E-2E-4E-1E-4E-5E-0E-0E- 0E-0E-0E-0E (línea)	S-7
7	CD-09-006	INIAP SHYRI 89/GRIT 3 E-II-93-8891-2E-1E-3E-1E-2E-1E-0E-0E- 0E-0E-0E-0E (línea)	S-8
8	CD-09-007	INIAP SHYRI 89/GRIT 19 E-II-93-8891-5E-2E-4E-1E-4E-2E-0E-0E- 0E-0E-0E-0E (línea)	S-9
9	CD-09-008	INIAP SHYRI 89/GRIT 43 E-II-93-8891-5E- 2E-4E-1E-5E-2E-0E-0E-0E-0E-0E (línea)	INCR. Cebada 2002 Preduzca V-1
10	CD-09-009	CAMELOT/ALELI CBSS955Y00195S-15Y-1M-1Y-1M-0Y-0E- 0E-0E-0E (línea)	INCR. Cebada 2005 S-11
11	CD-09-010	INIAP SHYRI 89/GRIT 10-3E-4E-1E-1E- 2E-4E-0E-0E-0E-0E-0E-0E (línea)	S-12
12	CD-09-011	INIAP SHYRI 89/GRIT 17 E-II-93-8891-5E-2E-2E-1E-5E-5E-0E-0E- 0E-0E-0E-0E (línea)	S-15
13	CD-09-012	INIAP SHYRI 89/GRIT 8 E-II-93-8891-2E-1E-3E-1E-3-5E-0E-0E-0E- 0E-0E-0E-0E (línea)	Rendimiento 2004 S-14
14	CD-09-013	MSEL/AZAF CBSS96M00355S-5Y-1M-0Y-0E-0E (línea)	INCR. Cebada 2005 S-18
15	...	INIAP PACHA (variedad)	...
16	...	INIAP-ATAHUALPA (variedad)	...
17	CN-09-001	H.V-I.16.E3-0E-0E-0E (línea)	Ensayo Fitatos/09 S-8
18	CN-09-002	H.V-I.16.E3-0E-0E-0E (línea)	S-9
19	CN-09-003	H.V-III.37.E1-0E-0E-0E (línea)	S-29
20	CN-09-004	H.V-IV.52.E4-0E-0E-0E (línea)	S-33

21	CN-09-005	H.V-IV.65.E1-0E-0E-0E (línea)	S-38
22	CN-09-006	H.V-III.37.E1-0E-0E-0E (línea)	S-28
23	CN-09-007	H.V-1.2.E1-0E-0E-0E (línea)	S-4
24	CN-09-008	H.V-I.20.E1-0E-0E-0E (línea)	S-16
25	...	RITA PELADA (variedad)	...
26	CN-09-009	H.V-IV.61.E1-0E-0E-0E (línea)	S-34
27	CN-09-010	H.V-III.37.E1-0E-0E-0E (línea)	S-25
28	CN-09-011	H.V-III.37.E1-0E-0E-0E (línea)	S-24
29	CN-09-012	H.V-1.2.E1-0E-0E-0E (línea)	S-3
30	CN-09-013	H.V-IV.62.E1-0E-0E-0E (línea)	S-35
31	CN-09-014	H.V-I.20.E3-0E-0E-0E (línea)	S-15
32	CN-09-015	H.V-I.11.E2-0E-0E-0E (línea)	S-7
33	CN-09-016	H.V-I.20.E1-0E-0E-0E (línea)	S-19
34	CN-09-017	H.V-IV.65.E1-0E-0E-0E (línea)	S-36
35	CN-09-018	H.V-II.31.E5-0E-0E-0E (línea)	S-22
36	...	INIAP TERAN (variedad)	...
37	CM-09-001	CAMELOT/ALELI CBSS95Y00195S-15Y-2M-3Y-0M-0E-0E-0E-0E (línea)	ER. 2009 V-12
38	CM-09-002	STANDER-BAR/IBTA MALTERA CBSS01Y00377S-0Y-8M-0M-2M-0Y-0E-0E (línea)	S.T./2009 S-24
39	CM-09-003	STANDER-BAR/CALI92/ROBUST CBSS01Y00377S-0Y-7M-0M-1M-0Y-0E-0E (línea)	S-23
40	CM-09-004	CALI92/KASOTA/CALI92/ROBUST C00828T-B-0Y-2M-0M-4M-0Y-0E-0E (línea)	S-17
41	CM-09-005	CALI92/ROBUST/PENCO/CHEVRON-BAR/3/SLLO/ROBUST/QUINACBSS01Y00866T-E0Y-7M-0M-2M-0Y-0E-0E (línea)	S-2

42	CM-09-006	STANDER-BAR/CABUYA CBSS01Y00342S-0Y-2M-0M-2M-0Y-0E-0E (línea)	S-26
43	CM-09-007	LEGACY*2/5ATACO/BERMEJO/HIGO/3/C LN-B/80.5138//GLORIA- BAR/COPAL/4/CHEVRON-BAR CBSS01Y00734T-E-0Y-5M-0M-1M-0Y-0E- 0E (línea)	S-7
44	CM-09-008	IBTA MALTERA/3/PUEBLA/CARDO/TOCTE CBSS00M00317S-0Y-1M-0M-1M-0Y-0E- 0E (línea)	S-11
45	...	SCARLET (variedad)	...
46	...	METCALFE (variedad)	...
47	...	CLIPPER (variedad)	...
48	CM-09-009	HARRINGTON (variedad)	ENS. STRIPE RUST/09 S-408
49	CM-09-010	CAMELOT (variedad)	S-456
50	CM-09-011	NIOBE (variedad)	S-470
51	...	INIAP-DORADA (variedad)	...
52	CH-09-001	PETUNIA 2/3/GAL/PI6384//ESC.II.72.607.1E.4E.5E CBSS98Y00174S-181Y-1B-0Y-0E-0E (línea)	ER3/09 V-62
53	CH-09-002	PETUNIA 2/3/TOCTE/TOCTE//BERROS/4/CABUYA CBSS99M00395T.Q-1M-2Y-1M-0Y-0E-0E (línea)	V-66
54	CH-09-003	EBC(A)/PALTON//CABUYA CBSW99WM0073T-AA-1M-1Y-1M-0Y-0E- 0E (línea)	V-63

55	CH-09-004	QUINN/ALOE//CARD0/3/CIRU CBSS9 9M00038S-11M-1Y-1M-0Y-0E-0E (línea)	V-56
56	CH-09-005	ATAH92/GOB//F101.78/3/ARUPO/K8755// MORA (línea)	V-51
		CBSS97MOO686T-B-1M-1Y-1M-1Y-1M- 0Y-0E-0E (línea)	
57	CH-09-006	MJA/BRB2//QUINA/5/DC-B/SEN/3/AGAVE YANALA//TUMBO/4/CEN.B*CALI92/6/TOC TE/3/GAL/PI6384//ESC.II.72.607.1E.4E.5E CBSS99M00383D-14B-2Y-2B-0Y-0E-0E (línea)	ER4/09 V-91
58	CH-09-007	ENCINO/CIRU//CABUYA CBSS99Y00328T -0TOPM-4Y-1M-1Y-2M-0Y-0E-0E (línea)	V-93
59	CH-09-008	MJA/BRB2//QUINA/5/DC-B/SEN/3/AGAVE YANALA//TUMBO/4/CEN.B*CALI92/6/TOC TE/3/GAL/PI6384//ESC.II.72.607.1E.4E.5E CBSS99M00383D-8B-1Y-2B-1Y-0B-0E-0E (línea)	V-92
60	...	INIAP-QUILOTOA (variedad)	...
61	CH-09-009	CIRUELO CMB92.419-H-1Y-1M-1Y-1B-0Y-0E-0E (línea)	V-84
62	CH-09-010	OPTIMA-BAR//BLLU//LA MOLINA 94 CBSW99WM00105T-1-1M-1Y-2M-0Y-0E- 0E (línea)	V-87
63	CH-09-011	MJA/BRB2//QUINA/5/DC-B/SEN/3/AGAVE YANALA//TUMBO/4/CEN.B*CALI92/6/TOC TE/3/GAL/PI6384//ESC.II.72.607.1E.4E.5E CBSS99M00383D-14B-2Y-1B-1Y-0B-0E- 0E (línea)	V-74

64	CH-09-012	M94060003 (línea)	S.T/09 S-74
65	CH-09-013	ZIGZIG/BLLUP//PETUNIA 1 CBSS01Y007 78T-E-0Y-2M-0M-1M-0Y-0E-0E (línea)	S-12
66	CH-09-014	PFC9202/LA MOLINA94 CBSS01Y00232S-0Y-3M-0M-1M-0Y-0E-0E (línea)	S-31
67	CH-09-015	MN BRITE/LEGACY CBSS01 Y003548-0Y-7M-0M-1M-0Y-0E-0E (línea)	S-29
68	CH-09-016	TOCTE/JUGL//SUCHE (línea) CBSS01Y00881T-T-0Y-11M-0M-2M-0Y- 0E-0E	S-28
69	CH-09-017	TOCTE/JANE//TOCTE/SUCHE CBSS01Y 00862D-L-0Y-3M-0M-2M-0Y-0E-0E (línea)	S-30
70	...	FRANCISCANA (variedad)	...

3.4.3 Diseño experimental

Fase 1. Determinación del contenido de beta-glucanos en 70 líneas y variedades de cebada.

Factor en estudio: Líneas y variedades de cebada

Tabla 2. Tratamientos para el análisis del contenido de beta - glucanos en cebada

Líneas/Variedades de cebada
T1
T2
T3
.....
T70

Tipo de diseño

Se aplicará un diseño completamente al azar, con tres observaciones

Análisis estadístico

Tabla 3. Esquema del análisis de varianza para la determinación del contenido de beta -glucanos en cebada

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Razón de varianza
Tratamiento	69 (k-1)	SCTr	SCTr/(k-1)	F=CMT _r /CME
Error	140 K(n-1)	SCE	SCE/k(n-1)	
Total	209(Kn-1)	SCT		

(Saltos, 2010)

Análisis funcional

Si se encuentra significancia estadística en los tratamientos, se aplicará la prueba de comparación múltiple Tukey al 5% de nivel de significancia, seleccionando las líneas o variedades con mayor contenido de beta - glucanos.

Fase 2. A los mejores tratamientos de la fase 1, se les evaluará las propiedades reológicas de los extractos solubles y fibra dietética.

De la fase 1, se seleccionarán las líneas o variedades con mayor contenido de beta - glucanos y que se ubiquen en el primer rango de la prueba de significancia.

Tipo de diseño

Se aplicará un diseño completamente al azar con tres observaciones a cada análisis.

Análisis estadístico

Tabla 4. Análisis de varianza para la determinación de las propiedades reológicas en extractos solubles de cebada

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Razón de varianza
Tratamiento	(k-1)	SCTr	SCTr/(k-1)	F=CMTr/CME
Error	K(n-1)	SCE	SCE/k(n-1)	
Total	(Kn-1)	SCT		

(Saltos, 2010)

Análisis funcional

Si se encuentra significancia estadística en los tratamientos, se aplicará la prueba de comparación múltiple Tukey al 5% de nivel de significancia.

Fase 3. Determinación del efecto del proceso sobre el contenido de beta-glucanos en líneas y/o variedades de cebada seleccionadas en la fase 1.

Factores en estudio

Tabla 5. Factores en estudio para la determinación del efecto del proceso sobre el contenido de beta - glucanos en las líneas o variedades de cebada seleccionadas en la fase 1.

Factor en estudio	Nivel	Descripción
Líneas o variedades de cebada	a1	Línea o variedad 1
	a2	Línea o variedad 2
	a3	Línea o variedad 3
	a4	Línea o variedad 4
	a5	Línea o variedad 7

	a ⁿ	Línea o variedad n
Tipo de proceso	b1	Escarificado
	b2	Tostado
	b3	Cocido
	b4	Malteado

Unidad experimental

Estará constituido por 500 g de cebada

Tipo de diseño

Se aplicará un diseño completamente al azar en arreglo factorial a x b, con tres observaciones.

Análisis estadístico

Tabla 6. Análisis de varianza para la determinación del efecto del proceso sobre el contenido de beta - glucanos en cebada

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Razón de varianza
Replicas	$r-1$	SCR	$SCR/(r-1)$	
Líneas y/o variedades de cebada (a)	$a-1$	SCA	$SCA/(a-1)$	CMA/CME
Tipo de proceso (b)	$b-1$	SCB	$SCB/(b-1)$	CMB/CME
Interacción a x b	$(a-1)(b-1)$	SC(A*B)	$SC(A*B)/(a-1)(b-1)$	CM(AB)/CME
Error	$(a*b-1)(r-1)$	SCE	$SCE/(a*b-1)(r-1)$	
Total	$a * b * r - 1$	SCT		

(Saltos, 2010)

Análisis funcional

Para los factores e interacciones significativas se aplicará la prueba de comparación múltiple Tukey al 5% de nivel de significancia, seleccionando aquellos que se ubiquen en el primer rango estadístico.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

V.I.: Variación del contenido de beta glucanos

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Se refiere a las condiciones de medio ambiente, cultivo y genotipo de la planta de cebada	Parámetros de evaluación	<p>Viscosidad</p> <p>Fibra dietética</p>	<p>¿La viscosidad es directamente proporcional a la acción de las beta glucanasas?</p> <p>¿La fibra dietética soluble es directamente proporcional al contenido de beta glucanos?</p>	<p>Viscosímetro de vidrio Cannon Frenske</p> <p>Método 991.42 y Método 993.19 (A.O.A.C., 1995).</p>

Cuadro 1. Operacionalización de la variable independiente

Elaborado por: Fernanda Moreano C., 2011

V.D.: Tipo de procesamiento de la cebada

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Son determinados procesos los que permiten mejorar la calidad del grano de cebada para el consumo humano.</p>	<p>Cocción</p> <p>Tostado</p> <p>Escarificado</p> <p>Malteado</p>	<p>Tiempo</p> <p>Temperatura</p> <p>Escarificación</p> <p>Germinación</p>	<p>¿El tiempo de cocción hace que varíe la cantidad de beta glucanos?</p> <p>¿La temperatura de tueste hace que varíe la cantidad de beta glucanos?</p> <p>¿La escarificación del grano hace que varíe la cantidad de beta glucanos?</p> <p>¿La germinación del grano hace que varíe la cantidad de beta glucanos?</p>	<p>Método para la determinación de beta glucanos. Según la Norma Técnica Colombiana NTC 543</p>

Cuadro 2. Operacionalización de la variable dependiente

Elaborado por: Fernanda Moreano C., 2011

3.6 PLAN DE RECOLECCION DE INFORMACIÓN

“Las técnicas utilizadas para la recolección de la información fueron; la observación directa puesto que se estuvo en contacto con el objeto de estudio en escenarios y ambientes debidamente preparados y equipados para realizar la investigación que condujo a la comprobación o rechazo de las hipótesis planteadas.”

3.7 PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

- Revisión crítica de la información recogida durante la determinación de beta glucanos.
- Selección de la información más importante y puntual que se obtuvo durante la determinación de beta glucanos.
- Tabulación de la información según las variables de las hipótesis.
- Estudio de la información según las variables de las hipótesis.
- Estudio estadístico de datos para presentación de resultados.
- Análisis e interpretación de resultados relacionándolos con las diferentes partes de la investigación, especialmente con los objetivos y las hipótesis.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.1 Contenido de beta - glucanos

En la Figura 7 del Anexo 2, se representan los valores experimentales obtenidos para el contenido de beta-glucanos en 70 líneas y variedades de cebada (Tabla 7 del Anexo 1), cuyo pedigrí consta en la Tabla 1. Los valores experimentales registrados fluctuaron entre 0.38 a 3.74%. El análisis de varianza (Tabla 8), muestra que existe diferencia significativa en el contenido de beta-glucanos, de los genotipos de cebada en estudio.

Debido a que la significancia estadística entre las muestras es alta, se aplicó la prueba de Tukey al 5%, determinando que la línea INIAP guaranga presenta el mayor contenido de beta-glucanos (3.74%) por lo que se ubicó en el primer rango estadístico (a). Este valor es estadísticamente similar al de las líneas CD-09-009 y CM-09-007, que se ubican en el mismo rango estadístico (a), mientras que las líneas con concentraciones inferiores a 3.6% se ubicaron en otros rangos estadísticos (Tabla 9).

Sin embargo, en el grupo de materiales considerados con mayor contenido de beta-glucanos; no se incluyó ninguna variedad o línea desnuda (sin cascara), las cuales presentaron contenidos inferiores a 2.4%, ubicándose en el quinto rango estadístico.

4.1.2 Viscosidad

Los valores obtenidos en la Tabla 11, promedian un 0.0016 Pa*s semejantes a los reportados en bibliografía, sin embargo, en el análisis de varianza de la Tabla 12, se revela diferencia significativa en la viscosidad de los extractos solubles proveniente de los 12 genotipos de cebada.

La Figura 8 del Anexo 2 representa la prueba de Tukey al 5% (Tabla 13), en la que se determinó que la línea CH-09-012; con una viscosidad de 0.00226 Pa*s se ubicó en el primer rango estadístico (a); seguido por la línea CH-09-010 con 0.00211 Pa*s, que se ubicó en el segundo rango estadístico (b).

4.1.3 Índice de comportamiento al flujo (n)

Se determinó que los extractos solubles de los 12 genotipos de cebada analizados presentan índices de comportamiento entre 1×10^{-7} – 8×10^{-6} (Tabla 14), es decir son fluidos pseudoplásticos.

4.1.4 Índice de consistencia (K)

En la Tabla 14 se muestran los valores obtenidos para el índice de consistencia de las doce muestras de cebada seleccionadas, las mismas que se encuentran en un promedio de 0.001670 Pa*s (Tabla 14).

En general, las cebadas dísticas (2 hileras) mostraron una menor viscosidad que las hexásticas, cuya viscosidad promedio fluctuó entre 0.0011 – 0.00143 Pa*s; determinando su aptitud para cervecería.

4.1.5 Correlación entre la concentración de beta-glucanos y la viscosidad de los mostos

Al determinar la viscosidad de los mostos que presentaron la mayor concentración de beta-glucanos.

No se encontró un alto grado de correlación entre el contenido de beta-glucanos y viscosidad de los mostos, como se puede observar en las Figuras 3 y 4 del Anexo 1, provenientes de los granos de 2 y 6 hileras; ya que a juzgar por los valores de R^2 obtenidos, y que son iguales a 0.013 y 0.5824 (Tablas 15 y 16 respectivamente), se determinó que no se puede predecir el contenido de beta-glucanos en base a mediciones de viscosidad de los mostos, ya que como se mencionó anteriormente, la viscosidad no depende de la concentración de beta-glucanos presentes, sino más bien de su peso molecular.

4.1.6 Fibra dietética

En la Tabla 17 del Anexo 1, se muestran los valores experimentales de fibra dietética, los cuales fluctúan entre 14.01 y 28.05%. Valores similares a los reportados en bibliografía.

Debido a que los beta-glucanos son componentes mayoritarios en la fibra soluble (Tabla 18) el análisis de varianza (Tabla 14), solo fue realizado en esta fracción, determinando significancia estadística en el contenido de fibra de cada una de las doce muestras de cebada, por lo que se aplicó la prueba de Tukey al 5%, cuyos resultados se presentan en la Tabla 20, del Anexo 1.

Del material analizado, como se puede apreciar en la Figura 9 del Anexo 2. La variedad INIAP Guaranga presentó el mayor contenido de fibra dietética con 8.58% ubicándose en el primer rango estadístico (a), seguida de tres líneas y una variedad del genotipo de cebadas de dos hileras, 1 línea maltera y 4 líneas de cebadas de 6 hileras que alcanzan valores de 4.42 a 7.31%, que se ubicaron en un rango estadístico intermedio; y finalmente dos líneas de 6 hileras se ubicaron en el segundo rango estadístico presentando valores de 3.82 y 3.74 % de fibra dietética soluble.

4.1.7 Correlación entre la concentración de beta-glucanos y de fibra dietética soluble.

La correlación entre el porcentaje de fibra dietética soluble y los beta-glucanos se reporta en las Tablas 21 y 22 del Anexo 1.

Se determina un nivel de correlación de 0.96 en el caso de las cebadas de 2 hileras y 0.87 para las de 6 hileras.

Dichos valores se acercan más a la unidad, por lo que un cambio en el contenido de beta-glucanos produce un cambio en el porcentaje de fibra dietética soluble como se puede apreciar en las Figuras 5 y 6 del Anexo 1, en las que se puede observar que la ecuación de correlación para el caso de las

cebadas de 2 hileras es: $y=5.064x-10.93$ y para las de 6 hileras es: $y=1.244x+0.769$

Ésta correlación se observó entre las líneas y variedades del mismo genotipo; sin mantenerse la misma proporcionalidad entre granos de diferentes genotipos.

4.1.8 Efecto del procesamiento del grano sobre el contenido de beta-glucanos.

Como se puede observar en la Figura 10, este análisis se realizó en 12 líneas y/o variedades de cebada que presentaron mayor contenido de beta-glucanos (Tabla 10).

El análisis de varianza (Tabla 24 del Anexo 1) mostró que existe diferencia estadística en el contenido de beta-glucanos por efecto de la variedad, el proceso y la interacción de los dos factores.

Se puede decir que al cocinar el grano en agua presenta una disminución drástica (39.47%) en el contenido de beta-glucanos, con respecto al grano no procesado.

Por el contrario en el caso del tostado, se presentó un aumento del 49.82% de beta-glucanos (Tabla 23) con respecto al grano no procesado.

En cuanto al escarificado el aumento de la concentración de beta-glucanos fue del 28.13% en relación al grano no procesado. Por último, con respecto al malteo, se provocó un descenso drástico del 78.14% de beta-glucanos, con respecto al grano no procesado, como se observa en la Tabla 23.

Con la prueba de Tukey al 5% (Tabla 25), se determinó que las líneas CM-09-007 y CD-09-013, sometidas al proceso de tostado presentan el mayor contenido de beta-glucanos (7.81 y 7.53%); por lo que se ubicaron en el primer rango estadístico (a).

4.1.9 Clasificación de las 70 líneas y/o variedades de cebada de acuerdo a la orientación de su uso.

De acuerdo a los datos obtenidos en la presente investigación se puede apreciar en la Figura 11 que más de la mitad de las muestras analizadas son útiles para cervecería ya que al maltearlas (Tabla 23) pueden presentar un decrecimiento del 78.14% de concentración de beta-glucanos (Tabla 7).

Las 32 restantes, útiles para la alimentación, pueden potenciar su contenido de beta-glucanos tostándolas o escarificándolas.

4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.2.1 Contenido de beta-glucanos

Como se puede apreciar en la Figura 7 del Anexo 2, las concentraciones de beta-glucanos varían mucho no solo de una especie a otra, sino incluso dentro de variedades de la misma especie, influenciados por el genotipo y los factores medioambientales en los cuales fueron cultivadas cada una de las 70 muestras de cebada analizadas.

Sin embargo el factor genético es considerado más importante que las condiciones medioambientales en la determinación final del contenido de beta-glucanos.

Si se tiene en cuenta que los beta-glucanos son constituyentes de la estructura de las paredes celulares, en un 75% y abundan más en las porciones externas que las internas del grano de cebada. Entonces es por ello que ninguna de las líneas y variedades de cebada del genotipo desnudas (CN, sin cascara), se ubicaron en los primeros rangos estadísticos con valores superiores a los 3,6% de beta-glucanos, como es el caso de genotipos como las dísticas, malteras y hexásticas, las cuales se ubicaron en los rangos estadísticos más altos

4.2.2 Viscosidad

Para el análisis de la viscosidad en las diez líneas y dos variedades de cebada, fue necesario obtener mostos a partir de estas doce muestras catalogadas como las de mayor contenido de beta-glucanos, con la ayuda de una solución enzimática de pancreatina, que hace que se liberen estas sustancias, provocando el aumento de la viscosidad dependiendo de la acción modificadora de las beta-glucanasas, que también son liberadas en el proceso de obtención de los mostos.

Como se puede observar en la Figura 6 del Anexo 2, pese a que son muestras con un alto contenido de beta-glucanos, 7 de ellas pueden ser aptas para la cervecería, ya que están dentro del rango que menciona la Norma Técnica Colombiana para bebidas alcohólicas (NTC-543), en la que se menciona que un mosto debe tener 15 Cp o de 0,0015 Pa*s de viscosidad para ser considerada como apta para la elaboración de cerveza.

4.2.3 Correlación entre la concentración de beta-glucanos y viscosidad de los mostos

La viscosidad de los mostos no depende solamente de la cantidad de beta-glucanos, como se puede apreciar en la Figura 3 y 4 del Anexo 1, sino que esta viscosidad está directamente relacionada con el peso molecular que estos posean, es decir entre mayor peso molecular mayor viscosidad y este peso varía dependiendo en donde actúan las beta-glucanasas, enzimas que son liberadas en el proceso de la obtención de los mostos.

Como se puede observar en las tablas 15 y 16 del Anexo 1, se presentan R^2 demasiado bajos como para poder decir que los beta-glucanos y la viscosidad posean correlación alguna.

4.2.4 Fibra dietética y su correlación con los beta-glucanos

A los beta-glucanos se los conoce también como fibra dietética soluble debido a que es el componente mayoritario en esta fibra, razón por la cual el análisis se lo hizo en base a esta parte de la fibra, como se observa en la Figura 9 del Anexo 2.

En cuanto a su correlación las rectas que se presentan en las Figuras 5 y 6 del Anexo 1, muestran la relación directa que existe entre la concentración de beta-glucanos y de fibra dietética soluble. Siendo necesario realizarse dicho análisis entre líneas y variedades del mismo genotipo, por lo que la línea maltera no fue sometida a dicho análisis por tener datos escasos.

4.2.5 Efecto del procesamiento del grano sobre el contenido de beta-glucanos

La cebada al ser procesada se encuentra expuesta a cambios en el contenido de beta-glucanos. Como se puede apreciar en la Figura 10, al cocinar, hay algunas pérdidas producidas por solubilización, cuando el medio de cocción es el agua. Por lo que se puede decir que estas son las causas de tener una disminución del 39.47% en el contenido de beta-glucanos, con respecto al grano no procesado.

Por el contrario en el caso del tostado, el incremento de beta-glucanos pudo deberse a que se provocó la desnaturalización de las proteínas, en este caso de las beta-glucanasas. Al no presentarse estas enzimas en el mosto, no hubo degradación de beta-glucanos y su concentración presentó un aumento del 49.87% de beta-glucanos (Tabla 23) con respecto al grano no procesado.

En cuanto al escarificado el aumento de la concentración de beta-glucanos fue del 28.13% en relación al grano no procesado, debido que al escarificar se despoja al grano de toda su cubierta, incluso de la aleurona, dejando visible al endospermo (lugar en donde se encuentra el 75% de beta-glucanos), por lo que la molienda se torna más fina y por ende hace que la extracción de los beta-glucanos sea más fácil.

Por último, con respecto al malteo, se desarrollan y activan sistemas enzimáticos y modifican suficientemente sus reservas alimenticias, quedando activa la acción modificadora de las beta-glucanasas, lo que provocó un descenso drástico del 78.14% de beta-glucanos, con respecto al grano no procesado. Como se observa en la Tabla 23.

4.2.6 Clasificación de las 70 líneas y/o variedades de cebada de acuerdo a la orientación de su uso.

Al finalizar la investigación se ajustó la clasificación de las líneas y/o variedades de cebada de acuerdo al uso cervecero o de consumo. Tomando en cuenta todos los análisis de datos anteriormente expuestos.

Por lo que para poder realizar su clasificación a nivel industrial para la elaboración de cerveza, se tomó mucho en cuenta que la fibra soluble de la cerveza está constituida por (1-3),(1-4)- β -D-glucanos y arabinosilanos o pentosanos, procedentes del endospermo del grano, los cuales son parcialmente degradados en la germinación por acción enzimática de las respectivas enzimas, pero esta acción es limitada por lo que estos permanecen en el mosto y la cerveza.

Causando problemas como; aumento de la viscosidad, dificultades en la filtración, formación de enturbiamientos o precipitados gelatinosos en cervezas envasadas, por lo que en muchos casos es frecuente la adición de beta-glucanasas comerciales para completar su despolimerización hasta niveles (0-0.42% de beta-glucanos), donde ya no causen estos problemas en las industrias cerveceras.

Siendo esta la referencia tomada en la Figura 11 se aprecia que la clasificación no categoriza genotipos.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Finalizada la investigación se comprueba que todas las líneas y variedades de cebada no presentan similar contenido de beta - glucanos, además de que las diversas técnicas de proceso, influyeron directamente en su contenido.

En cuanto a la relación entre los beta – glucanos y la viscosidad, no se mostró correlación alguna, sin embargo la relación entre beta-glucanos y fibra dietética, presenta una relación directamente proporcional

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- De las 70 muestras analizadas, doce materiales presentaron el mejor contenido de beta-glucanos, con valores que van desde los 2.23 a 3.74%. entre ellas sobresalieron INIAP Guaranga, CD-09-009 Y CM-09-007 con valores de 3.74, 3.72 y 3.63 respectivamente.
- La concentración de beta-glucanos no es atribuible a un solo genotipo de cebada en particular, ya que de entre los 12 materiales con alta concentración de beta-glucanos, 6 son del genotipo Hexásticas, 5 son dísticas y 1 es maltera, por lo que presentan mayor aptitud para el consumo humano, mientras que la variedad CAMELOT con 0.38% de beta-glucanos es ideal para cervecería.
- Entre los procesos ensayados, el tostado provoca un aumento en el contenido de beta-glucanos en el orden de 49.82%, mientras que con el escarificado se obtuvo un incremento del 28.13%, lo que confirma su mayor concentración en la pared del endospermo y no en las cubiertas del grano. En contraste con la cocción en agua, los beta-glucanos disminuyeron en un 39.47% y con el malteo 78.14%.
- El contenido de beta-glucanos no se correlaciona proporcionalmente con la viscosidad de los mostos, debido a que esta no depende de la concentración del beta-glucano, si no del peso molecular.
- En los materiales con alto contenido de beta-glucanos, se determinó un alto grado de correlación con la fibra dietética soluble, debido a que los componentes mayoritarios de la fibra dietética soluble son los beta-glucanos, encontrándose en menor proporción los pentosanos y las

hemicelulosas solubles. Un ejemplo claro de lo expuesto se obtuvo con la variedad INIAP Guaranga con el mayor contenido de beta-glucanos (3.74%) y fibra dietética soluble (8.58%).

- De las 70 muestras de cebada, 38 son aptas para la industria cervecera, debido a que se encuentran bajo el 0.42% de beta-glucanos, que menciona la bibliografía, y 32 son aptas para el consumo humano.

5.2 RECOMENDACIONES

- Al realizar el análisis de los beta-glucanos, es posible que su concentración sea alta y por ende la coloración que toma cuando se añade la antrona es fuerte, lo recomendable es realizar diluciones, hasta obtener la lectura del espectrofotómetro. Siendo preciso tomar en cuenta todos estos factores de dilución para los respectivos cálculos.
- Los mostos suelen cambiar su viscosidad con el trascurso del tiempo, debido a la presencia de beta-glucanos, estos tienden a precipitarse, por lo que el momento adecuado de la toma de viscosidad es al finalizar la filtración.
- El análisis de fibra dietética es conveniente hacerla en los crisoles de vidrio marca KIMAX de 50 ml con una porosidad de 40 μ m, debido a que resisten el calor provocado por la mufla en la determinación de cenizas y se acoplan correctamente a la bomba de vacío, la cual es indispensable para la filtración.
- Para la filtración en el análisis de fibra dietética, es recomendable la utilización de Celita, porque esta evita la pérdida de fibra y facilita la obtención de la muestra para el análisis de proteína, además de que no daña los crisoles al momento de meterlos a la mufla en la determinación de cenizas.

- En la precipitación de la fibra soluble, es recomendable dejar reposar el filtrado con el etanol durante una noche para la obtención de toda la fibra y para facilitar la filtración.
- En todos los procesos a los que se les somete al grano de cebada es necesario secarlos totalmente antes de la molienda, ya que la muestra se daña y la humedad interviene en la molienda, dañando el molino.
- La determinación de la humedad en cada una de las muestras de cebada procesada y no procesada es muy importante en el cálculo de los beta-glucanos.
- Se recomienda la multiplicación y promoción de la variedad de cebada INIAP GUARANGA, la línea CD-09-009 del genotipo dístico, y la línea CM-09-007 por el alto contenido de beta-glucano, compuesto de importancia para mejorar la calidad de vida de los seres humanos.
- Multiplicar y promocionar las líneas de cebada listadas en la Tabla 9 del Anexo 1, con bajos rangos estadísticos (\bar{x}) como materiales apropiados para cervecería. Su bajo contenido contribuiría a una filtración rápida de los mostos y estabilidad del producto final.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

- **Titulo:** Evaluación de la calidad harinera de la cebada con alto contenido de beta-glucanos, desde el punto de vista reológico, para la fabricación de un producto de consumo humano.
- **Unidad Ejecutora:** Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Laboratorios del departamento de Nutrición y Calidad.
- **Beneficiario:** Productores de cebada – Consumidor final.
- **Equipo técnico responsable:** Egda. Fernanda Moreano, Roman Rodríguez, Dr. Rer. Nat., Ph. D.
- **Tiempo de duración:** 6 meses.
- **Fecha estimada de inicio:** Octubre del 2011.
- **Fecha estimada de finalización:** Marzo del 2012.
- **Lugar de ejecución:** Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Laboratorios del departamento de Nutrición y Calidad.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

La introducción de la cebada (*Hordeum vulgare L.*) al país se remonta a los tiempos de la conquista española y su cultivo está ampliamente distribuido en el sector rural de la sierra interandina. Se la emplea de diversas formas, ya sea como máchica para hacer coladas y pinol; como harina para hacer tortillas, pan, etc. Y como grano partido para preparar sopas o postres. La industria maltera la destina para la elaboración de cerveza y en menor proporción es utilizada como forraje para el ganado (Villacrés, 2008).

Los granos germinados de cebada, tienen importante aplicación nutricional como fuente de Usina, triptófano y vitaminas del complejo B, cuya concentración se incrementa bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación. Mientras que los granos tostados son una valiosa materia prima para elaborar bebidas instantáneas y extractos, gracias a su elevado contenido de dextrinas, azúcares reductores, compuestos heterocíclicos (Villacrés, 2008).

Además de que se incrementa el contenido de beta-glucanos, los cuales son polímeros de glucosa como es la celulosa (pero los enlaces entre moléculas son diferentes), son ramificados y tienen menor tamaño. Esta estructura les permite tener carácter soluble (Mataix, 2002). Es un hecho ya comprobado que el beta-glucano de avena, como muchos otros polisacáridos viscosos, puede reducir los niveles de colesterol sérico en personas hipercolesterolemias, reduciendo por tanto el riesgo de enfermedades cardiovasculares. La avena prensada, el salvado de avena y otros productos, incluyendo la cebada, son alimentos que tienen suficiente beta-glucano para que se pueda considerar capaces de proporcionar este efecto beneficioso para la salud (Mazza, 2000).

Debido a esta capacidad, la cebada puede entrar en el mercado de los productos saludables o “alimentos saludables”, por ejemplo como suplemento alimenticio o nutraceutico. Logrando de esta manera despertar el interés de los investigadores en los ámbitos de la alimentación y la nutrición, ya que hoy en día se buscan alimentos funcionales en casi todos los rincones del mundo y de una diversidad de plantas.

La propuesta del presente proyecto se fundamenta en la revalorización de la cebada mediante el estudio de su composición química, basada en la cuantificación de beta-glucanos, con la finalidad de brindar productos saludables y nutritivos que ayudaran al consumidor a prevenir enfermedades que hoy en día reducen su ciclo de vida.

6.3 JUSTIFICACIÓN

A pesar del aporte de la cebada; como fuente económica de proteínas, porque forman parte de las moléculas proteínicas de todos los tejidos corporales, fuente de importante de zinc (43 mg/kg, en promedio), oligoelemento que forma parte de la insulina, la anhidrasa carbónica que contribuyen a la cicatrización de las heridas.

Además de superar cuantitativamente en su aporte de vitaminas, a otros cereales (maíz, trigo, avena y arroz), con la niacina que posee actividad antipelagrosa, y la colina que previene la acumulación de grasa en el hígado. Y que a pesar de que la cebada es capaz de brindar un beneficio específico para la salud humana, gracias a que contiene beta-glucanos, polisacáridos esenciales para la prevención del colesterol y la disminución de la glucosa en la sangre, su presencia comercial en los mercados es limitada y su frecuencia de consumo ha disminuido considerablemente en la población, siendo necesario rescatar su valor nutricional, funcional y cultural, fomentando su cultivo para, aliviar así la pobreza de los pequeños agricultores y propender a su desarrollo económico.

A través de esta investigación se determinará el mejor proceso en el que la cebada potencialice su concentración de beta-glucanos obteniendo harinas, para el desarrollo de nuevos productos categorizados como alimentos funcionales.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 General

Evaluar de la calidad harinera de cebada con alto contenido de beta-glucanos, desde el punto de vista reológico, para la fabricación de un producto de consumo humano.

6.4.2 Específicos

- Sugerir alimentos que pueden ser enriquecidos con harina de cebada de alta concentración en beta-glucanos, para incrementar su valor nutricional.
- Incrementar el uso de alimentos funcionales para que mejore la calidad de vida de los seres humanos.
- Evaluar el contenido de beta-glucanos después de elaborado el producto de consumo humano..

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La propuesta planteada es factible ya que al conocer las propiedades medicinales que presenta la cebada (*Hordeum vulgare L.*) a través de este trabajo de investigación, se puede orientar a la industria molinera al desarrollo de tecnologías de obtención de harinas funcionales.

Cuadro 3. Recursos económicos

CATEGORÍA DE GASTOS	CANTIDAD	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
A. Personal			
Tesista	1	323,80	2266,60
B. Recursos variables			
B.1 Materiales (Proyecto)			
Cebada	10 kg	1,70	17,00
Bolsas de polietileno	60	0,06	3,60
Gluten de trigo	3 kg	2,00	6,00
B.2 Reactivos (INIAP)			
Determinación de Proteína	6	5,00	30,00
Análisis Amilográfico	12	40,00	480,00
Determinación beta-glucanos	6	20,00	120,00
B.3. Materiales de Oficina (Proyecto)			
Cartucho para Impresora	4	35,00	140,00

CD – RW	4	2,00	8,00
Papel (hojas)	1500	0,04	60,00
C. Publicación			
Tesis	8	50,00	400,00
TOTAL			1264,6
FINANCIAMIENTO		Porcentaje	Aporte
		100%	1264,6

Elaborado por: Fernanda Moreano, 2011

6.6 FUNDAMENTACIÓN

La cebada es un cereal de invierno, se cosecha en primavera (mayo o junio, en el hemisferio norte) y generalmente su distribución es similar a la del trigo. Se distinguen dos tipos de cebadas, la cebada de dos carreras o dísticas, y la cebada de 6 carreras o hexásticas.

La dística es la que mejor actitud cervecera presenta. La cebada crece bien en suelos drenados, que no necesitan ser tan fértiles como los dedicados al trigo.

La raíz de la planta de cebada es fasciculada y en ella se pueden identificar raíces primarias y secundarias. Las raíces primarias se forman por el crecimiento de la radícula y desaparecen en la planta adulta, época en la cual se desarrollan las raíces secundarias desde la base del tallo con diversas ramificaciones. El tallo de la cebada es una caña hueca que presenta de siete a ocho entrenudos, separados por diafragmas nudosos. Los entrenudos son más largos a medida que el tallo crece desde la región basal. El número de tallos en cada planta es variable; cada uno de los cuales presenta una espiga.

Las hojas están conformadas por la vaina basal y la lámina, las cuales están unidas por la lígula y presentan dos prolongaciones membranosas llamadas aurículas. Las hojas se encuentran insertadas a los nudos del tallo por un collar o *pulvinus* que es un abultamiento en la base de la hoja.

Su espiga es la inflorescencia de la planta, se considera una prolongación del tallo, la cual es similar a la de las demás plantas gramíneas, presenta

reducción del periantio. La función protectora es desempeñada por las glumas y las páleas.

El grano de cebada es de forma ahusada, más grueso en el centro y disminuyendo hacia los extremos. La cáscara de la cebada (en los tipos vestidos), protege el grano contra los depredadores y es de utilidad en los procesos de malteado y cervecería. Representa un 13% del peso del grano oscilando de acuerdo al tipo, variedad del grano y latitud de plantación.

La cebada está representada principalmente por dos especies cultivadas: *hordeum distichon* que se emplea para la elaboración de la cerveza, y *hordeum hexastichon* que se usa como forraje para alimentación animal; ambas especies se pueden agrupar bajo el nombre de *hordeum vulgare* (Bloogger, 2011).

La utilización de la cebada como alimento humano, está muy extendida en los países asiáticos, donde el grano es procesado y transformado a numerosos productos tales como: cebada perlada para sopas y potajes, hojuelas instantáneas para el desayuno, cebada tostada para elaborar sustitutos del café, cebada malteada para el procesamiento de jarabes utilizados en panificación, alimentos para niños y leches malteadas (Villacrés, 2000).

Moler los granos es casi tan antiguo como el hombre. El arte de la molienda data del siglo XIX. En La Edad de Piedra nuestros antepasados machacaban los granos sobre la que iba y venía otra piedra en forma de rulo. Este fue el procedimiento empleado por los egipcios y los griegos, para reducir a harina todos los cereales.

Cuando el cereal ya está cosechado, únicamente los granos de trigo y centeno se desprenden de sus duras cubiertas; en las otras variedades hay que pulir posteriormente las cubiertas que se encuentran fuertemente pegadas, se procede al secado del cereal, para evitar la formación de moho y poder obtener harinas blancas (Grupo latino, 2008).

6.7 METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO

Cuadro 4. Modelo operativo

FASES	METAS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES	RECURSOS	PRESUPUESTO	TIEMPO
Formulación de la propuesta	Identificar la importancia que presenta la utilización de la cebada en la elaboración de alimentos funcionales	Revisión bibliográfica	Investigadora	Humanos, Materiales, Económicos.		1 mes
Desarrollo preliminar de la propuesta	Procesar la propuesta totalmente	Obtención de harina de cebada con alta concentración de beta-glucanos	Investigadora	Humanos, Materiales, Económicos		2 mes
Implementación de la propuesta	Elaborar la propuesta	Elaboración de alimentos funcionales	Investigadora	Humanos, Materiales, Económicos		1 mes
Evaluación de la propuesta	Valorar la aceptabilidad de los consumidores	Análisis estadístico	Investigadora	Humanos, Materiales, Económicos	Total: 1318,2	2 mes

Elaborado por: Fernanda Moreano, 2011

6.8 ADMINISTRACIÓN

Cuadro 5. Administración de la propuesta

INDICADORES A MEJORAR	SITUACIÓN ACTUAL	RESULTADOS ESPERADOS	ACTIVIDADES	RESPONSABLE
Alimentos existentes destinados a mejorar la calidad de vida de los seres humanos.	Desconocimiento de la composición química y funcional de la cebada.	Obtener un producto con la capacidad de disminuir el colesterol y la glucosa en la sangre.	Aplicación de pruebas analíticas que determinen la existencia de los beta-glucanos	Investigador

Elaborado por: Fernanda Moreano, 2011

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Cuadro 6. Previsión de la evaluación

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Quién solicita evaluar?	Consumidores
¿Por qué evaluar?	Para rescatar su valor nutricional, funcional, cultural y fomentar el cultivo de cebada
¿Qué evaluar?	La concentración de beta-glucanos
¿Quién evalúa?	Investigador
¿Cuándo evaluar?	Antes y después de obtener el producto final.
¿Cómo evaluar?	Mediante pruebas analíticas
¿Con que evaluar?	Con alimentos que presenten concentraciones de beta-glucanos.

Elaborado por: Fernanda Moreano, 2011

BIBLIOGRAFÍA

- ALVARADO, J. Principios de la Ingeniería Aplicados a Alimentos. Ambato, Organización de los Estados Americanos, 1996. 180-230.
- APARICIO Cediel, Mateos. Aprovechamiento de subproductos de leguminosas para la obtención de productos funcionales. Comparación de metodologías para la caracterización de la fibra alimentaria. Tesis doctoral. Madrid, Universidad Complutense de Madrid, 2008, 27 – 63.
- ASTIASARÁN, I y MARTÍNEZ, A. Alimentos: Composición y Propiedades. México. McGraw-Hill, 2000. 317-337
- BELITZ, H. y GROSCH, W. Química de los alimentos. Zaragoza (España), Acribia, 1997. 750 - 757.
- BERT, L., APPOLONIA, D., and SCHWARZ, P. Importance of cereal non – starchy polysaccharides in end-products. Agricultural Experiment Station as Journal Series, 2(9), 43-55, 1999.
- CRIOLLO Cristina y CUJILEMA Lucia. Plan de negocios para la creación de una empresa de producción de colada de machica en la provincia de Chimborazo, cantón Colta. Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero empresarial. Riobamba, Escuela Politécnica Nacional, 2009, 7, 10.
- EGAS Astudillo Luis. Desarrollo de la tecnología de elaboración de un cereal instantáneo a partir de cebada (*Hordeum vulgare*) expandida. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos. Ambato, Universidad Técnica de Ambato, 2006, 7 - 10.
- FIGUEROA, J. Métodos para evaluar la calidad maltera en cebada. México, Insurgentes Sur, 1985. 1 - 115.

- JADHAV, S., EDNEY, M. and JELACA, S. Barley: Chemistry and values – added processing. *Critical Reviews in Food Science*, 38(2), 123-171, 1998.
- LEE, C., SCHWARZ, P. and KUNDIG, W. Comparisons of β - glucan content of barley and oat. *Nonwheat grains and products*, 74(5), 1-5, 1997.
- MATAIX, J. *Nutrición y alimentación humana*. Madrid – España, Ergon S., 2002. 119-122
- MARTÍNEZ, L. *Economía Política de las comunidades indígenas*. Quito, AbyaYala, 2009. 209 p.
- MAZZA, G. *Alimentos funcionales: aspectos bioquímicos y de procesado*. España, Acribia, 2000. 1-32 p.
- MEGAZYME, *Mixed-Linkage Beta-Glucan*. Irlanda, Megazyme International Ireland Limited, 2006. 1 -14.
- MORENO, C., IZA, P., y PORRAS, M. Mejoramiento nutricional de la Máchica utilizando cebada (*Hordeum vulgare*), quinua (*Chenopodiumquinoa*) y amaranto (*Amaranthusssp*). III Congreso de alimentos. Guayaquil, Escuela Politécnica del Litoral, 2010.
- OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS, Association of Official Analytical Chemists (A. O. A. C.), 14nd. ed. Virginia (USA), The William Byrd, 1984. 16, 213.
- OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS, Association of Official Analytical Chemists (A. O. A. C.), 16nd. ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists., 1995.
- PERRY y CECIL, 1986. *Manual del Ingeniero Químico*.
- REPUBLICA DEL ECUADOR. PLAN NACIONAL DE DESARROLLO, Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013: Construyendo un Estado Plurinacional e Intercultural. Ecuador, Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), 2009. 137-370

- ROMERO Granja Cristina. Elaboración de hojuelas a partir de cebada (*Hordeum vulgare*). Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniería Agroindustrial. Quito, Escuela Politécnica Nacional, 2007, 1 – 13.
- SALTOS, H. Sensometría análisis en el desarrollo de alimentos procesados. Ambato, Pedagógica Freire, 2010. 179, 261, 262 p.
- SÁNCHEZ, R., CONESA, J. Enciclopedia de la nutrición. Bogotá, Planeta Agostii, 2004. 330 – 331.
- SINGH Y HELDMAN, 2001. Introduction to Food Engineering.
- VILLACRÉS, E. La cebada un cereal nutritivo (50 recetas para preparar). Quito, Grafistas, 2008. 1-5.
- VILLACRÉS, E., RIVADENEIRA, M. Barley in Ecuador: Production, Grain Quality for Consumption, and Perspectives for Improvement. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. 127 – 136, 2005
- YÚFERA, E. Química agrícola III: Alimentos. España, Alhambra, 1979. 28 p.
- ZHANG, D., DOEHLERT, D., and MOORE, W. Rheological properties of (1→3), (1→4)-β-D-Glucans from raw, roasted, and steamed oat groats. American association of cereal chemists, 75(4), 1-5, 1998.

INTERNET

- El cultivo de la cebada [base de datos en línea]. Inglaterra: Copyright Info agro Systems, S.L., 2010.
<<http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm>> [2010, 20 de Diciembre].
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [base de datos en línea]. Ecuador: Copyright., 2010.
<www.iniap-ecuador.gov.ec> [2010, 3 de Julio].
- La cebada [base de datos en línea]. Colombia: Blogger, 2011.

http://cebadita1901.blogspot.com/2011_05_01_archive.html> [2011, 4 de Mayo].

- Morfología y taxonomía de la cebada [base de datos en línea]. Colombia: Blogspot, 2010.

<http://lacebada10.blogspot.com/2010/06/morfologia-y-taxonomia-de-la-cebada.html>> [2011, 28 de Septiembre].

- Paradigmas cuantitativo y cualitativo y metodología de la investigación [base de datos en línea]. Salamanca: starMedia, 1998.

<http://html.starMedia.com/paradigmas-cuantitativos-y-cualitativos.html>> [2011, 18 de Febrero].

- Valorizador de estadísticas agropecuarias del Ecuador ESPAC [base de datos en línea]. Ecuador: CopyrightSigagro, 2010.

http://www.magap.gob.ec/sigagro/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=165> [2010, 3 de Julio]

ANEXO 1

TABLAS

Tabla 7. Contenido de beta-glucanos en 70 líneas o variedades de cebada

MUESTRAS	BETA-GLUCANOS (%)			
	R1	R2	R3	PROMEDIO
INIAP CAÑICAPA	3,379237	3,272299	3,240217	3,2972509
CD-09-001	1,325492	1,853577	1,848296	1,6757881
CD-09-002	1,938468	2,19409	2,375156	2,1692382
INIAP GUARANGA	3,72417	3,750772	3,750772	3,7419046
CD-09-004	2,245572	2,007805	2,097628	2,1170017
CD-09-005	1,625412	1,720403	1,820672	1,7221622
CD-09-006	1,976695	2,221784	2,141864	2,1134476
CD-09-007	1,857813	1,958666	2,043594	1,9533575
CD-09-008	3,124281	3,129622	3,118941	3,1242815
CD-09-009	3,68041	3,750359	3,718075	3,7162816
CD-09-010	1,639768	1,681948	1,655585	1,6591004
CD-09-011	1,659064	1,855812	2,057878	1,8575848
CD-09-012	2,355828	2,127158	2,169702	2,2175626
CD-09-013	3,484448	3,362094	3,500408	3,4489833
INIAP PACHA	1,710643	1,397202	1,503453	1,5370993
INIAP ATAHUALPA	2,598399	1,55795	1,073133	1,7431609
CN-09-001	1,869569	1,695656	1,896743	1,8206558
CN-09-002	1,434122	1,499309	1,689439	1,5409566
CN-09-003	2,04792	2,467308	2,173192	2,2294733
CN-09-004	2,286745	1,828317	1,795958	1,9703399
CN-09-005	2,256532	2,082534	2,120596	2,1532206
CN-09-006	1,729681	1,989946	1,756792	1,8254731
CN-09-007	1,993343	1,90644	1,94446	1,9480809
CN-09-008	1,636992	1,805027	1,653253	1,6984239
RITA PELADA	2,255379	1,974133	1,920047	2,049853
CN-09-009	1,866142	1,718383	1,931813	1,8387796
CN-09-010	1,70304	1,565698	1,768964	1,6792342
CN-09-011	2,157472	2,190411	2,173942	2,1739416
CN-09-012	1,91309	1,770568	1,847311	1,8436562
CN-09-013	1,18703	1,268706	1,214255	1,2233303
CN-09-014	1,869438	1,343144	1,354109	1,5222302
CN-09-015	2,342188	1,846516	1,813834	2,0008462
CN-09-016	2,102705	2,097258	2,206206	2,1353898
CN-09-017	0,913815	0,941175	0,95759	0,9375267
CN-09-018	1,918115	1,686618	1,824414	1,8097155
INIAP TERAN	0,528515	0,460489	0,591309	0,526771
CM-09-001	1,93664	1,844933	1,888089	1,8898872
CM-09-002	0,947954	0,921622	1,02695	0,9655087

CM-09-003	1,625708	1,393464	1,330125	1,449766
CM-09-004	1,750357	1,814006	1,936001	1,8334549
CM-09-005	1,115691	1,136742	1,068327	1,1069199
CM-09-006	1,445576	1,546184	1,556774	1,516178
CM-09-007	3,628052	3,617459	3,638645	3,6280524
CM-09-008	1,270251	1,196461	1,164836	1,210516
SCARLET	1,907015	1,848091	1,542754	1,7659534
METCALFE	1,92618	1,990386	1,760314	1,8922934
CLIPPER	2,905151	1,670866	1,590018	2,0553449
HARRINGTON	1,338958	1,001308	1,175955	1,1720735
CAMELOT	0,351178	0,44329	0,333907	0,3761251
NIOBE	0,464512	0,487451	0,521859	0,4912738
INIAP DORADA	1,304227	1,051796	1,057055	1,137693
CH-09-001	2,204086	2,160974	1,966971	2,1106769
CH-09-002	1,456969	1,478162	1,568229	1,5011199
CH-09-003	1,740454	1,751099	1,761744	1,7510986
CH-09-004	1,642142	1,657982	1,731905	1,677343
CH-09-005	2,019079	1,898045	1,865035	1,9273864
CH-09-006	2,58097	2,613098	2,618452	2,6041732
CH-09-007	1,336477	1,368047	1,383832	1,3627855
CH-09-008	2,190506	2,051596	2,056939	2,0996801
INIAP QUILOTOA	1,812221	1,490525	1,452993	1,5852463
CH-09-009	3,187384	2,655275	3,161042	3,0012334
CH-09-010	3,510132	3,525826	3,515363	3,517107
CH-09-011	3,460527	2,667599	2,888148	3,0054247
CH-09-012	3,105654	3,718113	3,691013	3,5049271
CH-09-013	2,280768	2,264856	2,095124	2,2135829
CH-09-014	2,493736	2,477986	2,472736	2,4814864
CH-09-015	1,937588	1,751282	2,060018	1,916296
CH-09-016	2,387878	2,254028	2,039869	2,2272585
CH-09-017	2,033884	2,06583	1,842209	1,9806408
FRANSISCANA	1,388477	1,477887	1,477887	1,4480833

Tabla 8. Análisis de varianza para el contenido de beta-glucanos en 70 líneas o variedades de cebada

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F ₀	F 95%	p-valor
Muestras	111,56	69	1,616838	44,00	1,39	0
Error	5,14	140	0,036741			
Total	116,71	209				

Tabla 9. Prueba de Tukey al 5% para el contenido de beta-glucanos en 70 líneas o variedades de cebada.

Muestras	%Beta-glucanos	Repeticiones	Rangos																			
INIAP GUARANGA	3,74	3	A																			
CD-09-009	3,72	3	A																			
CM-09-007	3,63	3	A																			
CH-09-010	3,52	3	A B																			
CH-09-012	3,5	3	A B																			
CD-09-013	3,45	3	A B																			
INIAP CAÑICAPA	3,3	3	A B																			
CD-09-008	3,12	3	A B C																			
CH-09-011	3,01	3	B C D																			
CH-09-009	3	3	B C D																			
CH-09-006	2,6	3	C D E																			
CH-09-014	2,48	3	D E F																			
CN-09-003	2,23	3	E F G																			
CH-09-016	2,23	3	E F G																			
CD-09-012	2,22	3	E F G																			
CH-09-013	2,21	3	E F G																			
CN-09-011	2,17	3	E F G H																			
CD-09-002	2,17	3	E F G H																			
CN-09-005	2,15	3	E F G H I																			
CN-09-016	2,14	3	E F G H I J																			
CD-09-004	2,12	3	E F G H I J K																			
CD-09-006	2,11	3	E F G H I J K																			
CH-09-001	2,11	3	E F G H I J K																			
CH-09-008	2,1	3	E F G H I J K																			
CLIPPER	2,06	3	E F G H I J K L																			
RITA PELADA	2,05	3	E F G H I J K L																			
CN-09-015	2	3	E F G H I J K L																			
CH-09-017	1,98	3	F G H I J K L M																			
CN-09-004	1,97	3	F G H I J K L M																			
CD-09-007	1,95	3	F G H I J K L M																			
CN-09-007	1,95	3	F G H I J K L M																			
CH-09-005	1,93	3	F G H I J K L M																			
CH-09-015	1,92	3	F G H I J K L M																			
METCALFE	1,89	3	F G H I J K L M																			

Tabla 10. Líneas y variedades con alto contenido de beta-glucanos

Nivel	Nombre de crusa e historial de selección
....	INIAP CAÑICAPA (Variedad)
....	INIAP GUARANGA 2010 (Variedad)
CD-09-008	INIAP SHYRI 89/GRIT 43 (Línea) E-II-93-8891-5E-2E-4E-1E-5E-2E-0E-0E-0E-0E
CD-09-009	CAMELOT/ALELI (Línea) CBSS955Y00195S-15Y-1M-1Y-1M-0Y-0E-0E-0E-0E
CD-09-013	MSEL/AZAF (Línea) CBSS96M00355S-5Y-1M-0Y-0E-0E
CM-09-007	LEGACY*2/5ATACO/BERMEJO/HIGO/3/CLN- B/80.5138//GLORIA-BAR/COPAL/4/CHEVRON-BAR (Línea) CBSS01Y00734T-E-0Y-5M-0M-1M-0Y-0E-0E
CH-09-006	MJA/BRB2//QUINA/5/DC-B/SEN/3/AGAVE YANALA//TUMBO/4/ CEN.B*CALI92/6/TOCTE/3/GAL/PI6384//ESC.II.72.607.1E.4E.5 E (Línea) CBSS99M00383D-14B-2Y-2B-0Y-0E-0E
CH-09-009	CIRUELO (Línea) CMB92.419-H-1Y-1M-1Y-1B-0Y-0E-0E
CH-09-010	OPTIMA-BAR//BLLU//LA MOLINA 94 (Línea) CBSW99WM00105T-1-1M-1Y-2M-0Y-0E-0E
CH-09-011	MJA/BRB2//QUINA/5/DC-B/SEN/3/AGAVE YANALA//TUMBO/4/ CEN.B*CALI92/6/TOCTE/3/GAL/PI6384//ESC.II.72.607.1E.4E.5 E (Línea) CBSS99M00383D-14B-2Y-1B-1Y-0B-0E-0E
CH-09-012	M94060003 (Línea)
CH-09-014	PFC9202/LA MOLINA94 (Línea) CBSS01Y00232S-0Y-3M-0M-1M-0Y-0E-0E

Tabla 11. Viscosidad de doce extractos solubles de cebada

MUESTRAS	VISCOSIDAD (Pa*s)			
	R1	R2	R3	PROMEDIO
INIAP CAÑICAPA	0,00118497	0,00118347	0,00116627	0,001178237
INIAP GUARANGA	0,00135107	0,00133844	0,00133249	0,00134067
CD-09-008	0,00145185	0,0014318	0,00141546	0,001433038
CD-09-009	0,00147994	0,00137178	0,0013576	0,001403107
CD-09-013	0,00133987	0,00129369	0,00127209	0,001301885
CM-09-007	0,00146401	0,00144911	0,00142825	0,001447122
CH-09-006	0,00149834	0,00145877	0,00145205	0,001469723
CH-09-009	0,0019286	0,0018765	0,00182588	0,001876993
CH-09-010	0,00215247	0,00209357	0,00207568	0,002107238
CH-09-011	0,00182437	0,00179452	0,00179378	0,001804224
CH-09-012	0,0023167	0,00224356	0,00223087	0,002263712
CH-09-014	0,00184234	0,00181329	0,00178647	0,001814032

Tabla 12. Análisis de varianza para la viscosidad de doce extractos solubles de cebada

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F ₀	F 95%	p-valor
Muestras	0,00000389	11	3,54E-07	290,24	2,216	0,0E+00
Error	0,00000003	24	1,22E-09			
Total	0,00000392	35				

Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para la viscosidad de doce extractos solubles de cebada

Muestras	Viscosidad (Pa*s)	Repeticiones	Rangos							
			A	B	C	D	E	F	G	
CH-09-012	0,00226	3	A							
CH-09-010	0,00211	3		B						
CH-09-009	0,00188	3			C					
CH-09-014	0,00181	3			C					
CH-09-011	0,0018	3			C					
CH-09-006	0,00147	3				D				
CM-09-007	0,00145	3				D				
CD-09-008	0,00143	3				D	E			
CD-09-009	0,0014	3				D	E	F		
INIAP GUARANGA	0,00134	3					E	F		
CD-09-013	0,0013	3						F		
INIAP CAÑICAPA	0,00118	3								G

Tabla 14. Índice de consistencia (K) e índice de comportamiento al flujo (n) de varios extractos de cebada

Muestras	k (Pa*s ⁿ)	n	r ²
INIAP CAÑICAPA	0,0017579	0,000003	0,996
INIAP GUARANGA	0,0017538	0,000008	0,687
CD-09-008	0,00168267	0,000002	0,816
CD-09-009	0,00161064	1E-07	0,485
CD-09-013	0,00162929	4E-07	0,695
CM-09-007	0,0016943	0,000002	0,919
CH-09-006	0,00164816	0,000001	0,509
CH-09-009	0,00163305	5E-07	0,859
CH-09-010	0,00164437	0,000001	0,601
CH-09-011	0,0016826	0,000006	0,393
CH-09-012	0,00164058	0,000001	0,512
CH-09-014	0,00167109	0,000002	0,844

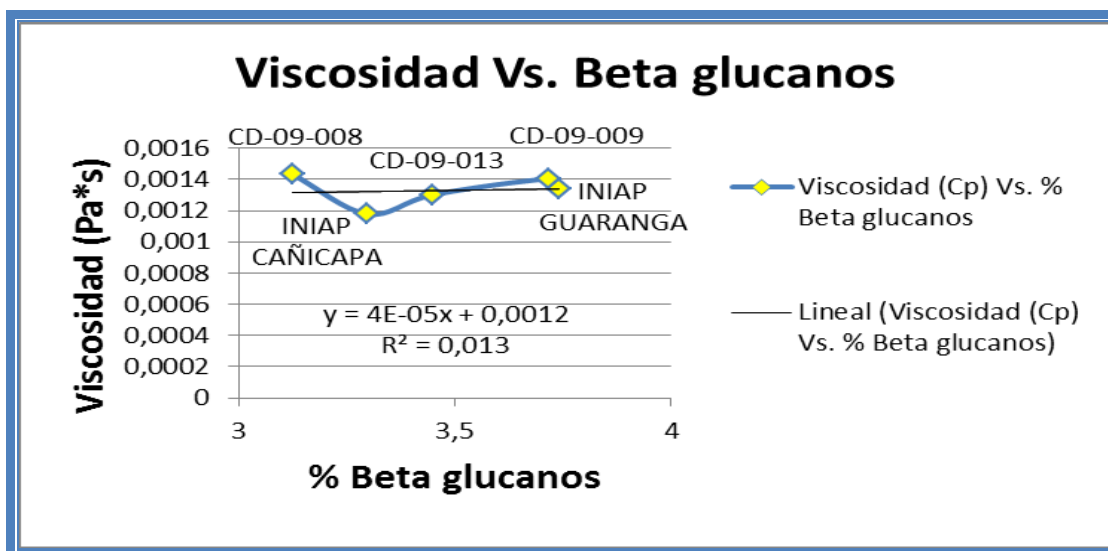


Figura 3. Correlación entre el contenido de beta-glucanos y la viscosidad de los cinco extractos solubles de cebada del genotipo dísticas, seleccionadas como las de mayor contenido de beta-glucanos.

Tabla 15. Correlaciones entre Viscosidad y Beta glucanos de cebadas

Dísticas			
	Viscosidad (Pa*s)	% Beta glucanos	R ²
Viscosidad (Cp.)	1	0.1138	0,013
% Beta glucanos	0.1138	1	

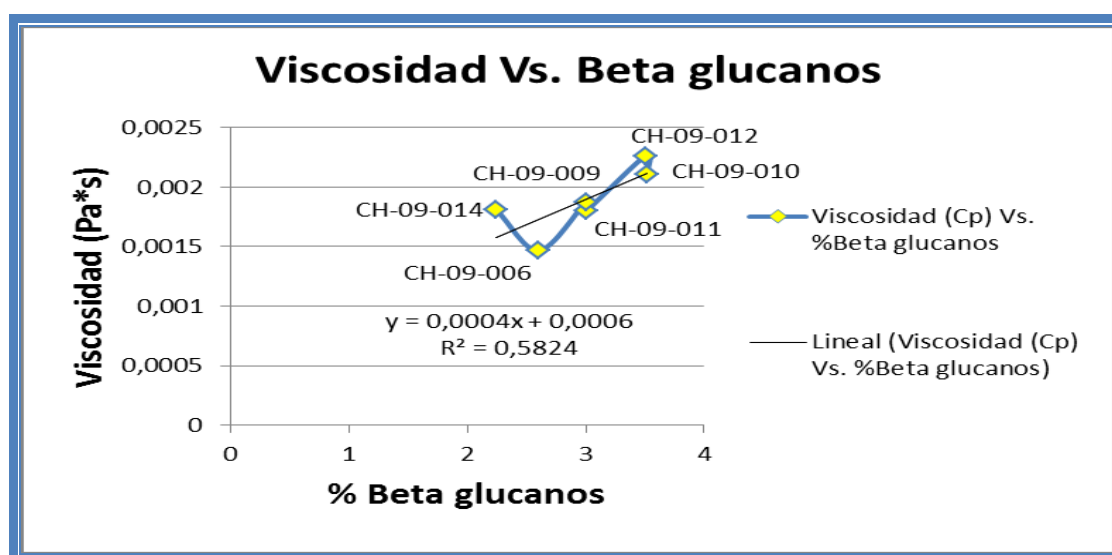


Figura 4. Correlación entre el contenido de beta-glucanos y la viscosidad de los seis extractos solubles de cebada del genotipo hexísticas, seleccionadas como las de mayor contenido de beta-glucanos.

Tabla 16. Correlaciones entre Viscosidad y Beta glucanos de cebadas

Hexásticas

	Viscosidad (Pa*s)	% Beta Glucanos	R ²
Viscosidad (Cp.)	1	0,7631	0,5824
% Beta Glucanos	0,7631	1	

Tabla 17. Porcentaje de fibra dietética total, soluble e insoluble en cebada

MUESTRA	F. SOLUBLE	F. INSOLUBLE	F. TOTAL
INIAP CAÑICAPA	5,616321722	20,93255592	26,548878
INIAP GUARANGA	8,577705581	16,79861695	25,376323
CD-09-008	4,985925354	18,96880196	23,954727
CD-09-009	7,309324605	20,74985825	28,059183
CD-09-013	6,586684723	19,10027183	25,686957
CM-09-007	6,492331936	19,30989413	25,802226
CH-09-006	3,818844157	18,22920619	22,04805
CH-09-009	4,416296636	21,04900313	25,4653
CH-09-010	5,71502137	19,78128401	25,496305
CH-09-011	4,481372317	19,00468425	23,486057
CH-09-012	4,671045827	9,348753665	14,019799
CH-09-014	3,74478098	16,47023766	20,215019

Tabla 18. Contenido de fibra dietética soluble en las líneas y variedades con alto contenido en beta-glucanos

MUESTRAS	FIBRA DIETÉTICA SOLUBLE (%)			
	R1	R2	R3	PROMEDIO
INIAP CAÑICAPA	5,656587	4,26134	6,931038	5,61632172
INIAP GUARANGA	8,617721	7,224041	9,891355	8,57770558
CD-09-008	5,026519	3,631999	6,299258	4,98592535
CD-09-009	7,34958	5,955452	8,622942	7,3093246
CD-09-013	6,626962	5,231939	7,901153	6,58668472
CM-09-007	6,532578	5,138838	7,80558	6,49233194
CH-09-006	3,858339	2,46544	5,132754	3,81884416
CH-09-009	4,456542	3,062973	5,729374	4,41629664
CH-09-010	5,755963	4,360324	7,028777	5,71502137
CH-09-011	4,521638	3,128334	5,794145	4,48137232
CH-09-012	4,711279	3,318294	5,983564	4,67104583
CH-09-014	3,785029	2,390939	5,058375	3,74478098

Tabla 19. Análisis de varianza para el contenido de fibra dietética soluble en las líneas y variedades con alto contenido en beta-glucanos.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F ₀	F 95%	p-valor
Muestra	72,08	11	6,55294	3,68	2,21631	0,003672
Error	42,72	24	1,77993			
Total	114,8	35				

Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para fibra dietética soluble

Muestras	% Fibra Dietética Soluble	Repeticiones	Rangos	
INIAP GUARANGA	8,58	3	A	
CD-09-009	7,31	3	A	B
CD-09-013	6,59	3	A	B
CM-09-007	6,49	3	A	B
CH-09-010	5,72	3	A	B
INIAP CAÑICAPA	5,62	3	A	B
CD-09-008	4,99	3	A	B
CH-09-012	4,67	3	A	B
CH-09-011	4,48	3	A	B
CH-09-009	4,42	3	A	B
CH-09-006	3,82	3		B
CH-09-014	3,74	3		B

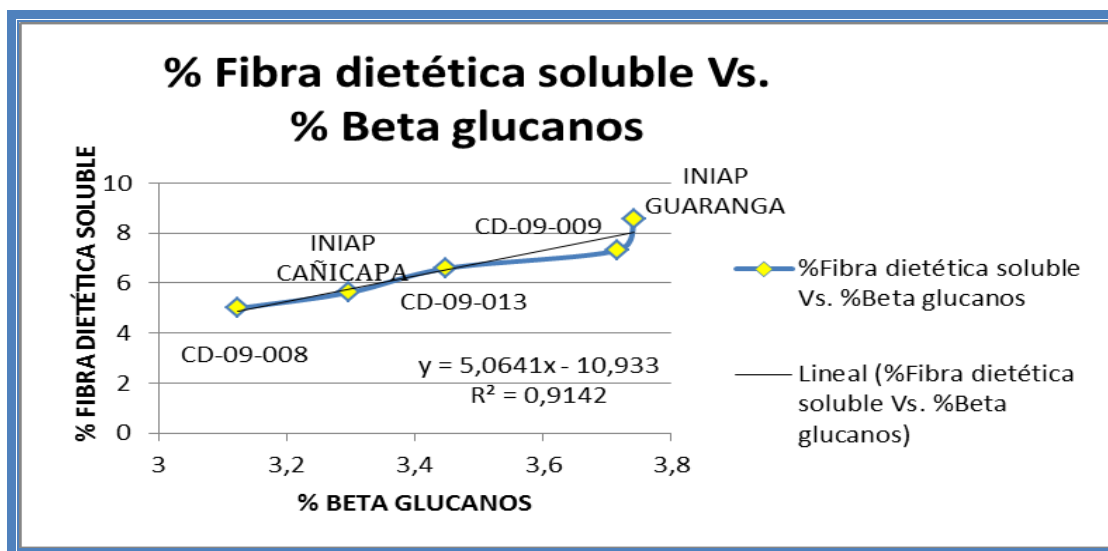


Figura 5. Correlación entre el contenido de beta-glucanos y la fibra dietética soluble de las 2 variedades y 3 líneas de cebada del genotipo dísticas, seleccionadas como las de mayor contenido de beta-glucanos.

Tabla 21. Correlación entre %Fibra dietética soluble y % de beta glucanos en cebadas dísticas

	%Fibra dietética soluble	%Beta glucanos
%Fibra dietética soluble	1	0,96
%Beta glucanos	0,96	1

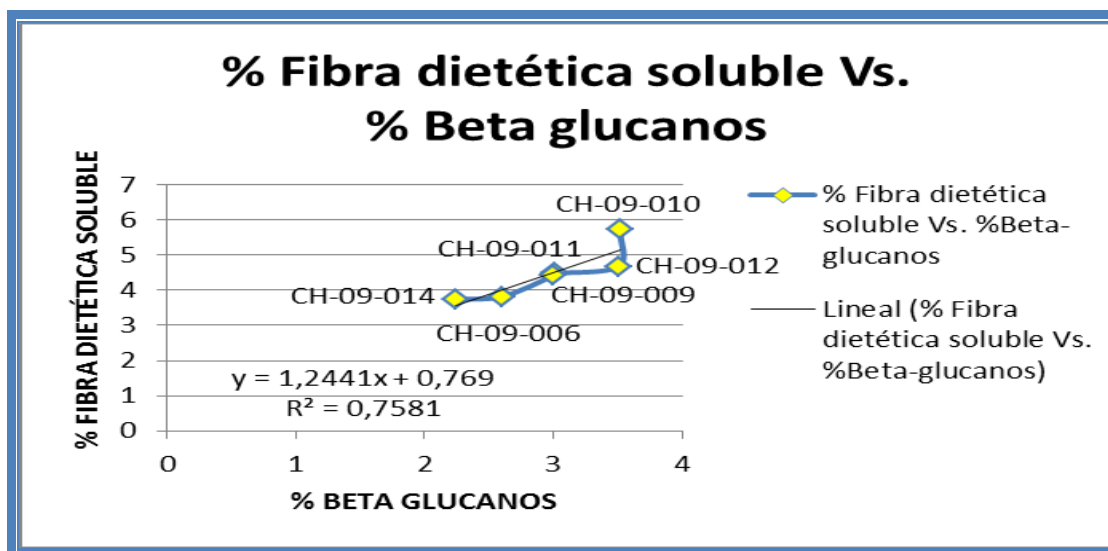


Figura 6. Correlación entre el contenido de beta-glucanos y la fibra dietética soluble de las 6 líneas de cebada del genotipo hexásticas, seleccionadas como las de mayor contenido de beta-glucanos.

Tabla 22. Correlación entre %Fibra dietética soluble y % de beta glucanos en cebadas hexásticas

	%Fibra dietética soluble	%Beta glucanos
%Fibra dietética soluble	1	0,87
%Beta glucanos	0,87	1

Tabla 23. Efecto del proceso sobre el contenido de beta - glucanos en cebada

MUESTRAS	TRATAMIENTO	BETA-GLUCANOS (%)			
		R1	R2	R3	PROMEDIO
INIAP CAÑICAPA	CRUDO	3,3792	3,2722	3,2402	3,2972
	COCIDO	2,2648	2,2961	2,2726	2,2778
	TOSTADO	4,6611	4,2452	4,3629	4,4230
	ESCARIFICADO	4,9268	5,0533	4,7054	4,8952
	MALTEADO	0,2845	0,2999	0,5152	0,3665
INIAP GUARANGA	CRUDO	3,7241	3,7507	3,7507	3,7419
	COCIDO	2,5054	1,7773	2,0435	2,1087
	TOSTADO	5,3382	5,1476	5,2508	5,2455
	ESCARIFICADO	4,1461	4,0281	4,1618	4,1120
	MALTEADO	0,4965	0,3590	0,3590	0,4048
CD-09-008	CRUDO	3,1242	3,1296	3,1189	3,1242
	COCIDO	1,3933	1,4794	1,5890	1,4873
	TOSTADO	4,0136	4,0680	4,1147	4,0654
	ESCARIFICADO	3,5843	3,9721	4,0749	3,8771
	MALTEADO	0,9135	0,8675	0,8675	0,8828
CD-09-009	CRUDO	3,6804	3,7503	3,7180	3,7162
	COCIDO	1,7753	1,7911	2,0672	1,8779
	TOSTADO	4,7177	4,3524	4,5156	4,5286
	ESCARIFICADO	4,3557	4,4587	4,2211	4,3451
	MALTEADO	1,3970	0,9416	1,1114	1,1500
CD-09-013	CRUDO	3,4844	3,3620	3,5004	3,4489
	COCIDO	1,6896	1,4199	1,5071	1,5388
	TOSTADO	7,4870	7,3323	7,7731	7,5308
	ESCARIFICADO	5,2111	4,0799	5,0707	4,7872
	MALTEADO	0,5355	0,4579	0,2716	0,4217
CM-09-007	CRUDO	3,6280	3,6174	3,6386	3,6280
	COCIDO	3,0778	2,7466	2,7951	2,8731
	TOSTADO	8,3561	7,3674	7,7102	7,8112
	ESCARIFICADO	5,2267	5,1404	5,5249	5,2973
	MALTEADO	0,7329	0,6472	0,8577	0,7459

CH-09-006	CRUDO	2,5809	2,6130	2,6184	2,6041
	COCIDO	1,7590	1,7104	2,0427	1,8374
	TOSTADO	3,7702	3,6934	3,7395	3,7344
	ESCARIFICADO	5,2480	5,1370	5,2876	5,2242
	MALTEADO	1,0975	0,9120	1,2752	1,0949
CH-09-009	CRUDO	3,1873	2,6552	3,1610	3,0012
	COCIDO	1,8653	1,9049	2,9050	2,2251
	TOSTADO	3,2978	3,3052	3,1421	3,2484
	ESCARIFICADO	2,7331	2,6452	3,3405	2,9063
	MALTEADO	0,9953	1,4241	1,0489	1,1561
CH-09-010	CRUDO	3,5101	3,5258	3,5153	3,5171
	COCIDO	1,7392	1,4346	2,0277	1,7338
	TOSTADO	5,2090	4,1595	4,3370	4,5685
	ESCARIFICADO	3,5484	3,7860	3,8177	3,7173
	MALTEADO	1,1444	1,1908	1,1366	1,1572
CH-09-011	CRUDO	3,4605	2,6675	2,8881	3,0054
	COCIDO	1,2742	1,1877	1,2821	1,2480
	TOSTADO	4,4745	4,4054	5,0962	4,6587
	ESCARIFICADO	3,6519	3,7952	4,9966	4,1479
	MALTEADO	0,2947	0,3723	1,1789	0,6153
CH-09-012	CRUDO	3,1056	3,7181	3,6910	3,5049
	COCIDO	3,0443	3,0843	2,8840	3,0042
	TOSTADO	4,0918	3,5191	3,4438	3,6849
	ESCARIFICADO	3,2737	2,8335	2,9935	3,0336
	MALTEADO	0,3102	0,2404	0,1086	0,2197
CH-09-014	CRUDO	2,4937	2,4779	2,4727	2,4814
	COCIDO	1,2000	1,1842	1,4763	1,2868
	TOSTADO	3,3895	3,5571	3,5952	3,5139
	ESCARIFICADO	3,1574	3,2200	3,8452	3,4075
	MALTEADO	0,1163	0,3335	0,3645	0,2715

Tabla 24. Análisis de varianza para la determinación del efecto del proceso sobre el contenido de beta - glucanos en cebada

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F ₀	F 95%	p-valor
Muestras	39,96	11	3,632495	47,835	1,88	0
Tratamientos	384,25	3	128,0845	1686,7	2,69	0
Muestras*Tratamiento	68,34	33	2,071014	27,272	1,55	
Error	7,29	96	0,075937			
Total	499,84	143				

Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% para la determinación del efecto del proceso sobre el contenido de beta-glucanos

Muestras	Tratamientos	Beta-glucanos	Repeticiones	Rangos															
CM-09-007	Tostado	7,81	3	A															
CD-09-013	Tostado	7,53	3	A															
CM-09-007	Escarificado	5,3	3		B														
INIAP GUARANGA	Tostado	5,25	3		B														
CH-09-006	Escarificado	5,22	3		B	C													
INIAP CAÑICAPÀ	Escarificado	4,9	3		B	C	D												
CD-09-013	Escarificado	4,79	3		B	C	D												
CH-09-011	Tostado	4,66	3		B	C	D	E											
CH-09-010	Tostado	4,57	3		B	C	D	E	F										
CD-09-009	Tostado	4,53	3		B	C	D	E	F										
INIAP CAÑICAPÀ	Tostado	4,42	3		B	C	D	E	F										
CD-09-009	Escarificado	4,35	3			C	D	E	F	G									
CH-09-011	Escarificado	4,15	3				D	E	F	G	H								
INIAP GUARANGA	Escarificado	4,11	3				D	E	F	G	H	I							
CD-09-008	Tostado	4,07	3				D	E	F	G	H	I							
CD-09-008	Escarificado	3,88	3					E	F	G	H	I	J						
CH-09-006	Tostado	3,73	3						F	G	H	I	J	K					
CH-09-010	Escarificado	3,72	3						F	G	H	I	J	K					
CH-09-012	Tostado	3,68	3						F	G	H	I	J	K					
CH-09-014	Tostado	3,51	3							G	H	I	J	K					
CH-09-014	Escarificado	3,41	3								H	I	J	K					
CH-09-009	Tostado	3,25	3									I	J	K					
CH-09-012	Escarificado	3,03	3										J	K	L				
CH-09-012	Cocido	3	3										J	K	L				

Tabla 26. Clasificación de la cebada de acuerdo al contenido de beta-glucanos

Código	Nombre de cruza e historial de selección	%Beta-glucanos	Consumo	Aptitud para cervecería
....	INIAP CAÑICAPA (Variedad)	3,3	x	
CD-09-001	INIAP SHYRI 89/GRIT 7 (Línea) E-II-93-8891-2E-1E-3E-1E-3E-4E-0E-0E-0E-0E-0E	1,68		x
CD-09-002	ANDESS297.91/BSRD1.72 (Línea) CBSS96M00247S-1E-2E-0E-0E-0E-0E-0E-0E	2,17	x	
....	INIAP GUARANGA 2010 (Variedad)	3,74	x	
CD-09-004	INIAP SHYRI 89/GRIT 9 (Línea) E-II-93-8891-3E-4E-1E-1E-2E-1E-0E-0E-0E-0E-0E	2,12	x	
CD-09-005	INIAP SHYRI 89/GRIT 20 (Línea) E-II-93-8891-5E-2E-4E-1E-4E-5E-0E-0E-0E-0E-0E	1,72		x
CD-09-006	INIAP SHYRI 89/GRIT 3 (Línea) E-II-93-8891-2E-1E-3E-1E-2E-1E-0E-0E-0E-0E-0E	2,11	x	
CD-09-007	INIAP SHYRI 89/GRIT 19 (Línea) E-II-93-8891-5E-2E-4E-1E-4E-2E-0E-0E-0E-0E-0E	1,95	x	
CD-09-008	INIAP SHYRI 89/GRIT 43 (Línea) E-II-93-8891-5E-2E-4E-1E-5E-2E-0E-0E-0E-0E-0E	3,12	x	
CD-09-009	CAMELOT/ALELI (Línea) CBSS955Y00195S-15Y-1M-1Y-1M-0Y-0E-0E-0E-0E	3,72	x	
CD-09-010	INIAP SHYRI 89/GRIT 10 (Línea) E-II-93-8891-3E-4E-1E-1E-2E-4E-0E-0E-0E-0E-0E	1,66		x
CD-09-011	INIAP SHYRI 89/GRIT 17 (Línea) E-II-93-8891-5E-2E-2E-1E-5E-5E-0E-0E-0E-0E-0E	1,86		x

CD-09-012	INIAP SHYRI 89/GRIT 8 (Línea) E-II-93-8891-2E-1E-3E-1E-3-5E-0E-0E-0E-0E-0E-0E	2,22	x	
CD-09-013	MSEL/AZAF (Línea) CBSS96M00355S-5Y-1M-0Y-0E-0E	3,45	x	
...	INIAP PACHA (Variedad)	1,54		x
...	INIAP-ATAHUALPA (Variedad)	1,74		x
CN-09-001	H.V-I.16.E3-0E-0E-0E (Línea)	1,82		x
CN-09-002	H.V-I.16.E3-0E-0E-0E (Línea)	1,54		x
CN-09-003	H.V-III.37.E1-0E-0E-0E (Línea)	2,23	x	
CN-09-004	H.V-IV.52.E4-0E-0E-0E (Línea)	1,97	x	
CN-09-005	H.V-IV.65.E1-0E-0E-0E (Línea)	2,15	x	
CN-09-006	H.V-III.37.E1-0E-0E-0E (Línea)	1,83		x
CN-09-007	H.V-1.2.E1-0E-0E-0E (Línea)	1,95	x	
CN-09-008	H.V-I.20.E1-0E-0E-0E (Línea)	1,7		x
...	RITA PELADA (Variedad)	2,05	x	
CN-09-009	H.V-IV.61.E1-0E-0E-0E (Línea)	1,84		x
CN-09-010	H.V-III.37.E1-0E-0E-0E (Línea)	1,68		x
CN-09-011	H.V-III.37.E1-0E-0E-0E (Línea)	2,17	x	
CN-09-012	H.V-1.2.E1-0E-0E-0E (Línea)	1,84		x
CN-09-013	H.V-IV.62.E1-0E-0E-0E (Línea)	1,22		x
CN-09-014	H.V-I.20.E3-0E-0E-0E (Línea)	1,52		x
CN-09-015	H.V-I.11.E2-0E-0E-0E (Línea)	2	x	
CN-09-016	H.V-I.20.E1-0E-0E-0E (Línea)	2,14	x	
CN-09-017	H.V-IV.65.E1-0E-0E-0E (Línea)	0,94		x
CN-09-018	H.V-II.31.E5-0E-0E-0E (Línea)	1,81		x
...	INIAP TERAN (Variedad)	0,53		x

CM-09-001	CAMELOT/ALELI (Línea) CBSS95Y00195S-15Y-2M-3Y-0M-0E-0E-0E-0E	1,89		x
CM-09-002	STANDER-BAR/IBTA MALTERA (Línea) CBSS01Y00377S-0Y-8M-0M-2M-0Y-0E-0E	0,97		x
CM-09-003	STANDER-BAR/CALI92/ROBUST (Línea) CBSS01Y00377S-0Y-7M-0M-1M-0Y-0E-0E	1,45		x
CM-09-004	CALI92/KASOTA/CALI92/ROBUST (Línea) C00828T-B-0Y-2M-0M-4M-0Y-0E-0E	1,83		x
CM-09-005	CALI92/ROBUST/PENCO/CHEVRON- BAR/3/SLLO/ROBUST/QUINA (Línea) CBSS01Y00866T-E0Y-7M-0M-2M-0Y-0E-0E	1,11		x
CM-09-006	STANDER-BAR/CABUYA (Línea) CBSS01Y00342S-0Y-2M-0M-2M-0Y-0E-0E	1,52		x
CM-09-007	LEGACY*2/5ATACO/BERMEJO/HIGO/3/CLN- B/80.5138//GLORIA-BAR/COPAL/4/CHEVRON-BAR (Línea) CBSS01Y00734T-E-0Y-5M-0M-1M-0Y-0E-0E	3,63	x	
CM-09-008	IBTA MALTERA/3/PUEBLA/CARDO/TOCTE (Línea) CBSS00M00317S-0Y-1M-0M-1M-0Y-0E-0E	1,21		x
...	SCARLET (Variedad)	1,77		x
...	METCALFE (Variedad)	1,89		x
...	CLIPPER (Variedad)	2,06	x	
CM-09-009	HARRINGTON (Variedad)	1,17		x
CM-09-010	CAMELOT (Variedad)	0,38		x
CM-09-011	NIOBE (Variedad)	0,49		x
...	INIAP-DORADA (Variedad)	1,14		x

CH-09-001	PETUNIA 2/3/GAL/PI6384//ESC.II.72.607.1E.4E.5E (Línea) CBSS98Y00174S-181Y-1B-0Y-0E-0E	2,11	x	
CH-09-002	PETUNIA 2/3/TOCTE/TOCTE//BERROS/4/CABUYA (Línea) CBSS99M00395T.Q-1M-2Y-1M-0Y-0E-0E	1,5		x
CH-09-003	EBC(A)/PALTON//CABUYA (Línea) CBSW99WM0073T-AA-1M-1Y-1M-0Y-0E-0E	1,75		x
CH-09-004	QUINN/ALOE//CARD0/3/CIRU (Línea) CBSS99M00038S-11M-1Y-1M-0Y-0E-0E	1,68		x
CH-09-005	ATAH92/GOB//F101.78/3/ARUPO/K8755//MORA (Línea) CBSS97MOO686T-B-1M-1Y-1M-1Y-1M-0Y-0E-0E	1,93	x	
CH-09-006	MJA/BRB2//QUINA/5/DC-B/SEN/3/AGAVE YANALA//TUMBO/4/ CEN.B*CALI92/6/TOCTE/3/GAL/PI6384//ESC.II.72.607.1E.4E.5E (Línea) CBSS99M00383D-14B-2Y-2B-0Y-0E-0E	2,6	x	
CH-09-007	ENCINO/CIRU//CABUYA (Línea) CBSS99Y00328T-0TOPM-4Y-1M-1Y-2M-0Y-0E-0E	1,36		x
CH-09-008	MJA/BRB2//QUINA/5/DC-B/SEN/3/AGAVE YANALA//TUMBO/4/ CEN.B*CALI92/6/TOCTE/3/GAL/PI6384//ESC.II.72.607.1E.4E.5E CBSS99M00383D-8B-1Y-2B-1Y-0B-0E-0E (Línea)	2,1	x	
...	INIAP-QUILOTOA (Variedad)	1,59		x
CH-09-009	CIRUELO CMB92.419-H-1Y-1M-1Y-1B-0Y-0E-0E (Línea)	3	x	
CH-09-010	OPTIMA-BAR//BLLU//LA MOLINA 94 (Línea) CBSW99WM00105T-1-1M-1Y-2M-0Y-0E-0E	3,52	x	
CH-09-011	MJA/BRB2//QUINA/5/DC-B/SEN/3/AGAVE YANALA//TUMBO/4/ CEN.B*CALI92/6/TOCTE/3/GAL/PI6384//ESC.II.72.607.1E.4E.5E CBSS99M00383D-14B-2Y-1B-1Y-0B-0E-0E (Línea)	3,01	x	

CH-09-012	M94060003 (Línea)	3,5	x	
CH-09-013	ZIGZIG/BLLUP//PETUNIA 1 (Línea) CBSS01Y00778T-E-0Y-2M-0M-1M-0Y-0E-0E	2,21	x	
CH-09-014	PFC9202/LA MOLINA94 (Línea) CBSS01Y00232S-0Y-3M-0M-1M-0Y-0E-0E	2,48	x	
CH-09-015	MN BRITE/LEGACY (Línea) CBSS01Y003548-0Y-7M-0M-1M-0Y-0E-0E	1,92		x
CH-09-016	TOCTE/JUGL//SUCHE (Línea) CBSS01Y00881T-T-0Y-11M-0M-2M-0Y-0E-0E	2,23	x	
CH-09-017	TOCTE/JANE//TOCTE/SUCHE (Línea) CBSS01Y00862D-L-0Y-3M-0M-2M-0Y-0E-0E	1,98	x	
...	FRANCISCANA (Variedad)	1,45		x

ANEXO 2

FIGURAS

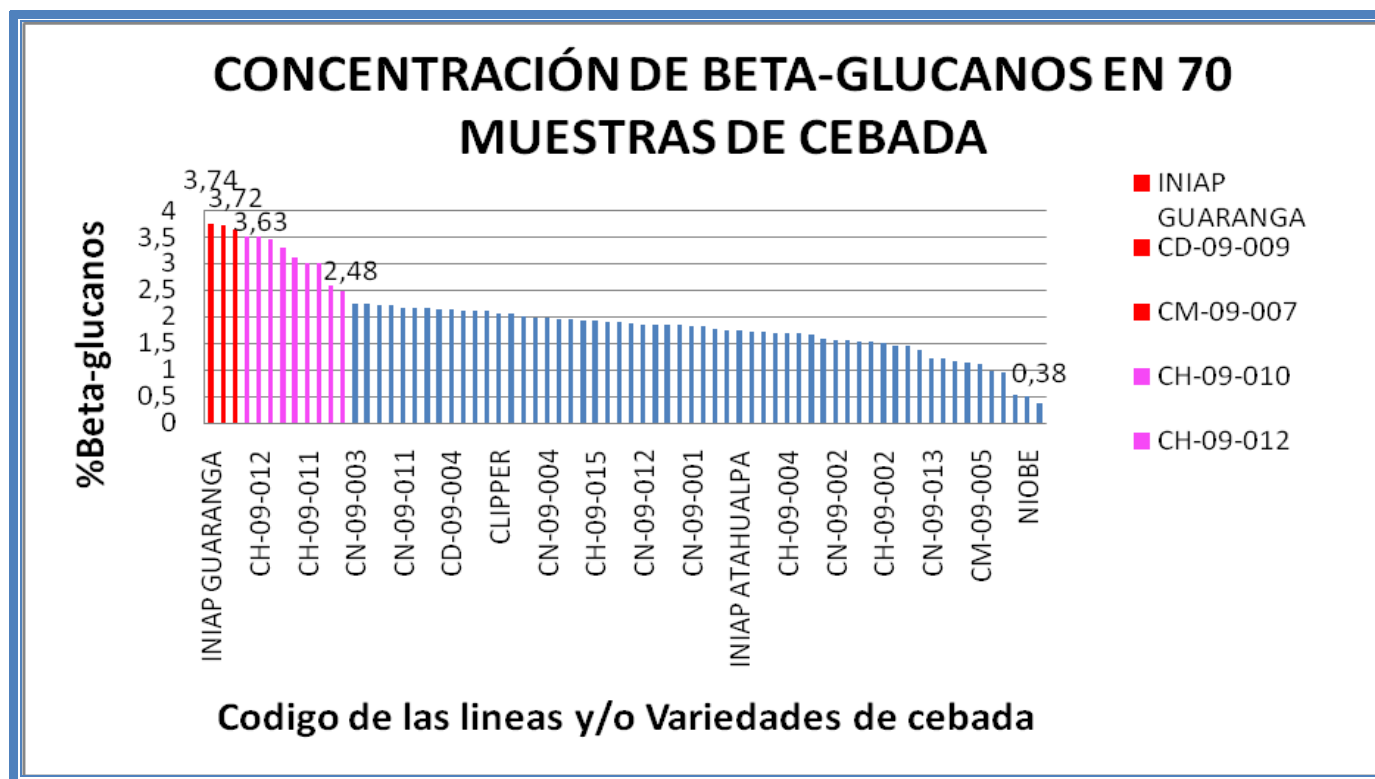


Figura 7. Representación de la Tabla 4 del Anexo 1, para las concentraciones de beta-glucanos de 70 líneas o variedades de cebada analizadas; ■ variedad y líneas con mayor concentración, ■ variedad y líneas de cebada seleccionadas como las de más alto contenido de beta-glucanos, ■ líneas y variedades con bajo contenido de beta-glucanos.

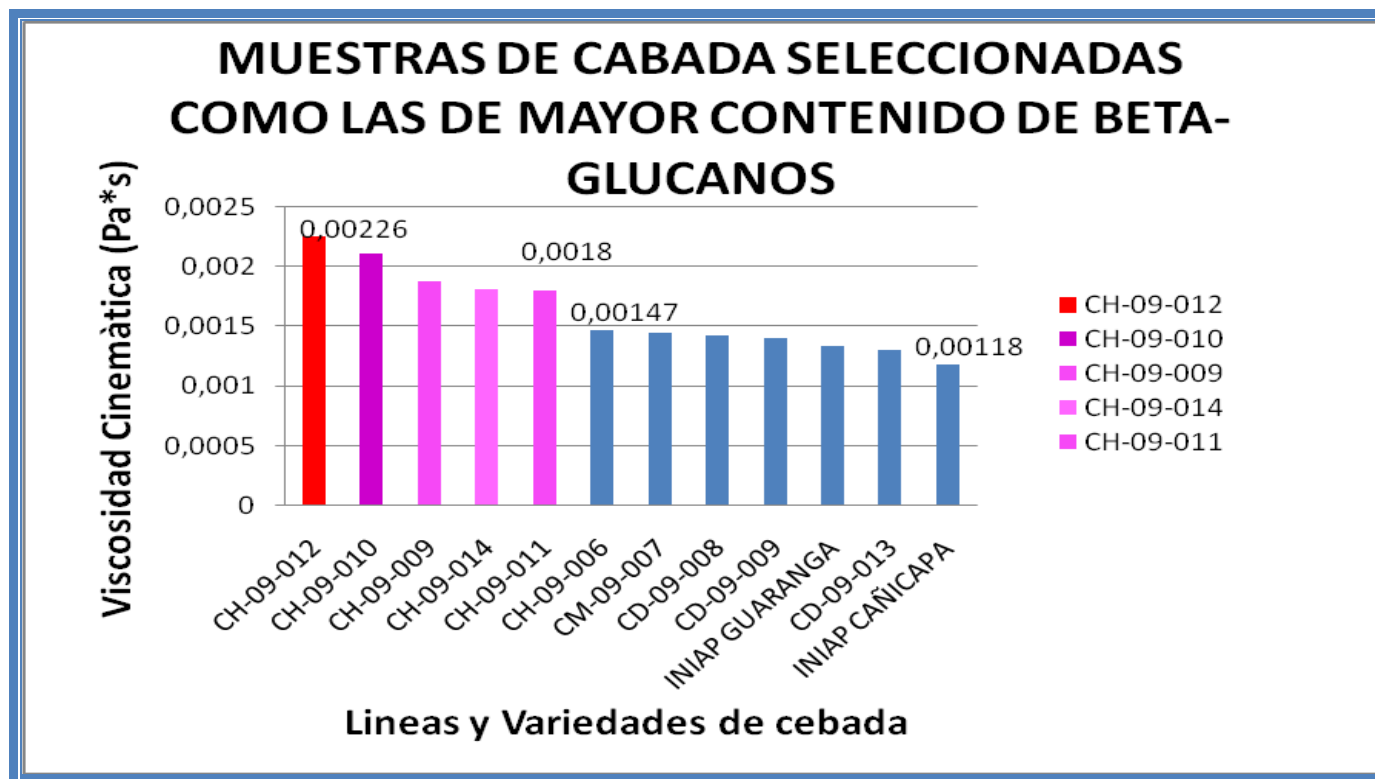


Figura 8. Viscosidad según los datos reportados en la Tabla 8 del Anexo 1 de las doce muestras de cebada seleccionadas como las de mayor contenido de beta-glucanos

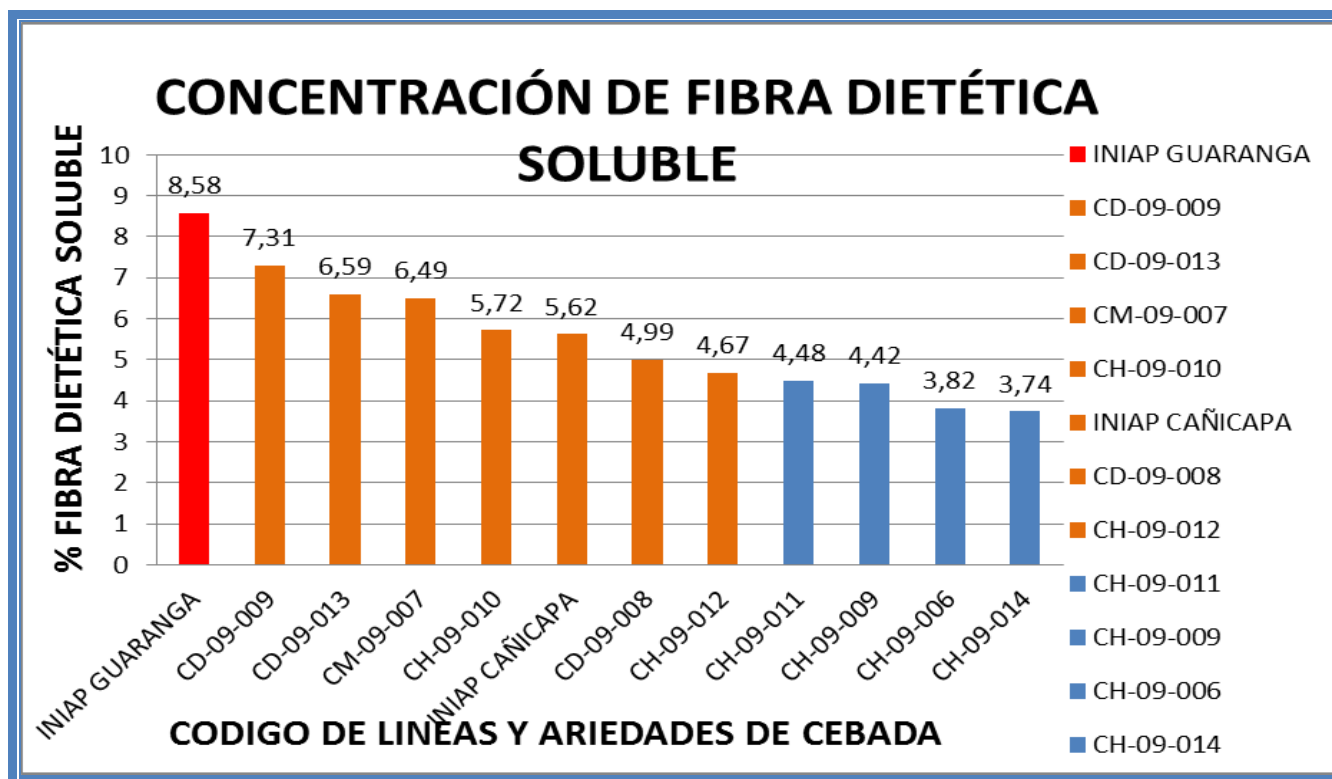


Figura 9. Representación de la Tabla 15 del Anexo 1, para las concentraciones de Fibra dietética soluble en las 10 líneas y 2 variedades de cebada seleccionadas como las de mayor contenido de beta-glucanos; ■ variedad la con mayor concentración de FDS, ■ variedad y líneas de cebada con concentraciones intermedias de FDS, y ■ líneas con bajo contenido de FDS.

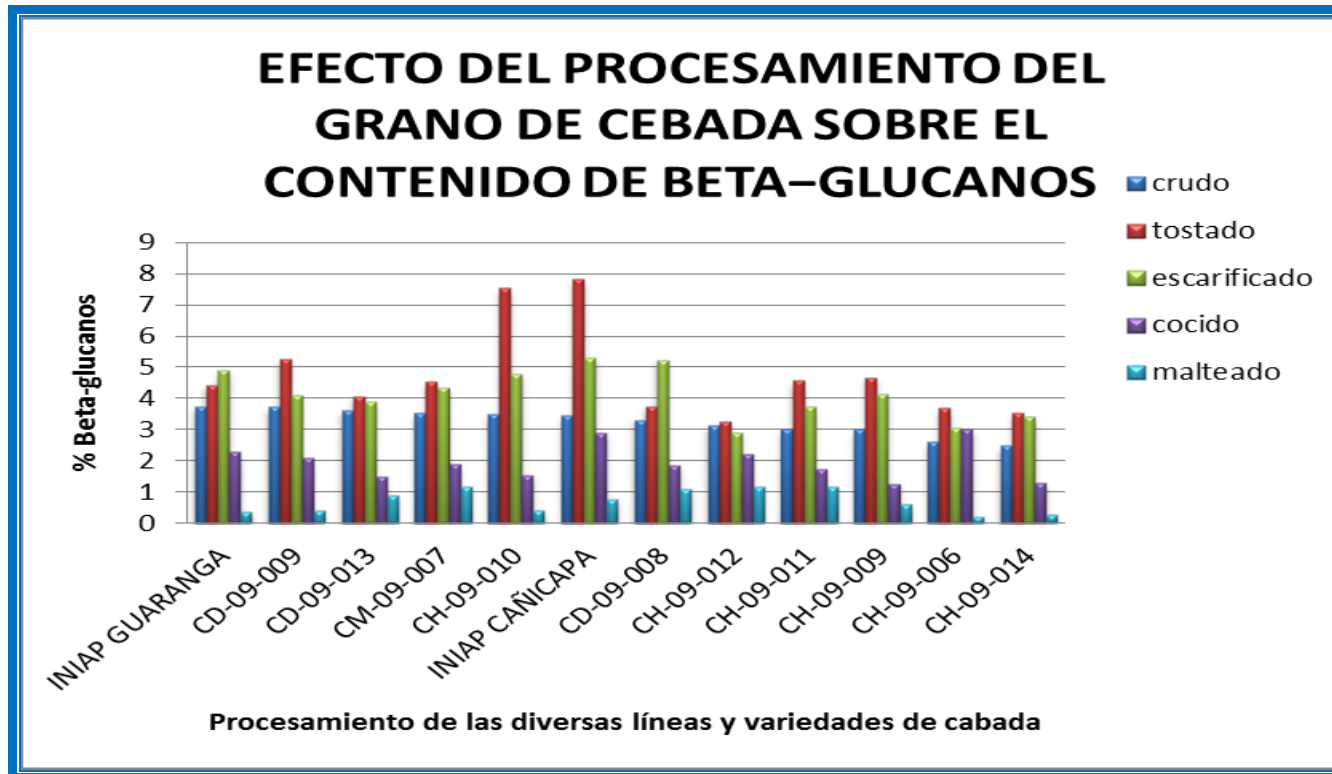


Figura 10. Efecto de los cuatro procesamientos más comunes aplicados al grano de cebada en la industria de los alimentos.

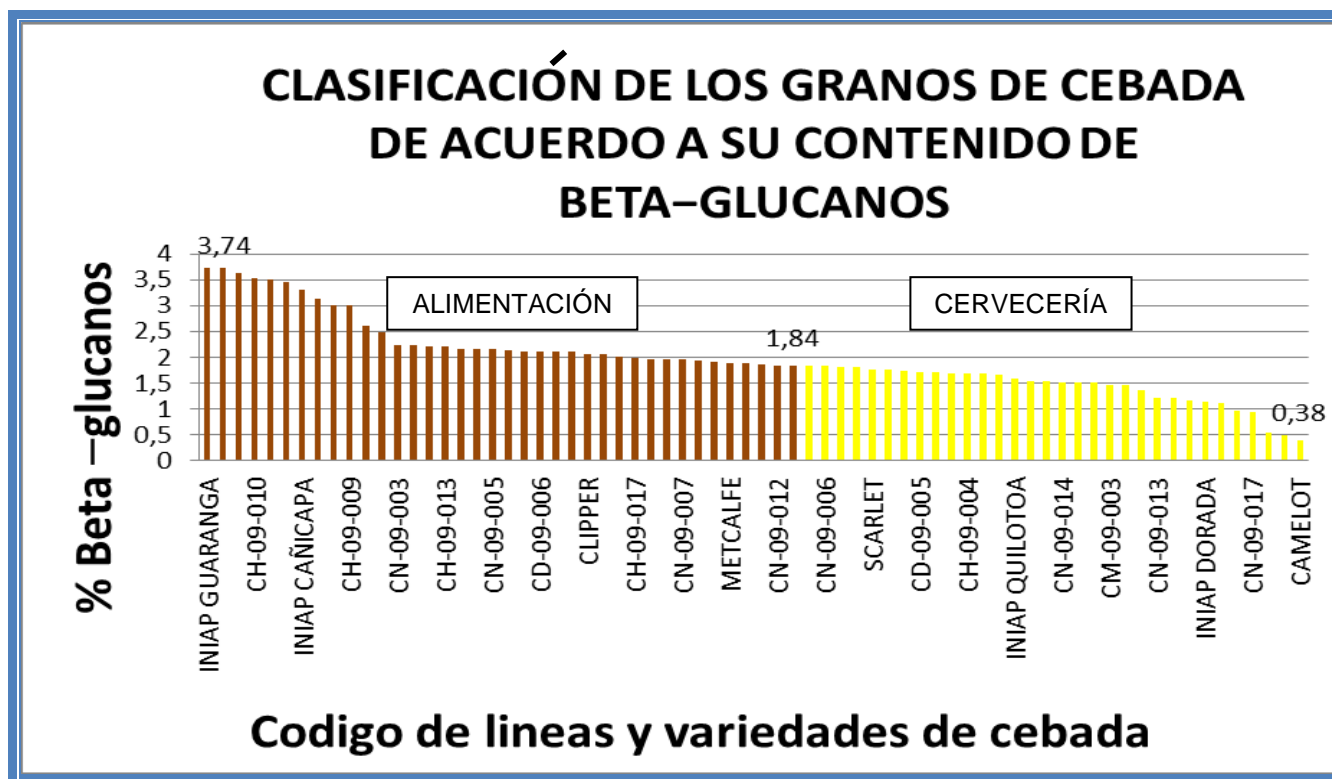


Figura 11. Clasificación de las 70 líneas/variedades de cebada de acuerdo a su contenido de beta-glucanos, orientando su uso a la cervecería, los de bajo contenido y a la alimentación humana, los de mayor contenido.

ANEXO 3

CÁLCULOS

ANÁLISIS DEL EXTRACTO POTENCIAL

Gravedad específica

$$GS = \left[\frac{PM - PV}{PA - PV} \right] - \left(\left[\frac{PB - PV}{PA - PV} \right] - 1 \right)$$

Donde

GS = Gravedad específica (corregida a 20°C)

PM = Picnómetro con muestra (g)

PV = Picnómetro vacío (g)

PA = Picnómetro con agua (g)

PB = Picnómetro con tratamiento blanco (g)

$$GS = \left[\frac{PM - PV}{PA - PV} \right] - \left(\left[\frac{PB - PV}{PA - PV} \right] - 1 \right)$$

$$GS = \left[\frac{74.051g - 24.58g}{72.467g - 24.58g} \right] - \left(\left[\frac{72.545g - 24.58g}{72.467g - 24.58g} \right] - 1 \right)$$

$$GS = 1.031$$

Grados plato

$$^{\circ}p = (GS * 244.26872) - 244.03851$$

Donde:

GS = Gravedad específica (corregida a 20°C)

$^{\circ}p$ = Grados plato

$$^{\circ}p = (GS * 244.26872) - 244.03851$$

$$^{\circ}p = (1.031 * 244.26872) - 244.03851$$

$$^{\circ}p = 7.9121$$

Porcentaje extracto base seca

$$\% E(BS) = \frac{^{\circ}p(H + 800) * 100}{(100 - ^{\circ}p)(100 - H)}$$

Donde:

% E (BS) = Porcentaje de extracto base seca

$^{\circ}p$ = Grados plato

H = Porcentaje de humedad

(BS) = Base seca

$$\% E(BS) = \frac{^{\circ}p(H + 800) * 100}{(100 - ^{\circ}p)(100 - H)}$$

$$\% E(BS) = \frac{7.9121(10.9 + 800) * 100}{(100 - 7.9121)(100 - 10.9)}$$

$$\% E(BS) = 78.1951$$

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE BETA-GLUCANOS

Concentración de glucosa

$$\text{Glucosa en mg/dm}^3 \text{ de mosto} = \frac{\text{Abs.muestra}}{\text{Abs.patrn}} * C * F$$

Dónde:

C = concentración de patrón mg/dm³

F = factor de dilución = 62.5

$$\text{Glucosa en mg/dm}^3 \text{ de mosto} = \frac{\text{Abs.muestra}}{\text{Abs.patrn}} * C * F$$

$$\text{Glucosa en mg/dm}^3 \text{ de mosto} = \frac{0.632}{0.112} * 10 \text{ mg/dm}^3 * 62.5$$

$$\text{Glucosa en mg/dm}^3 \text{ de mosto} = 3526 \text{ mg/dm}^3 * \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}}$$

$$\text{Glucosa en mg/dm}^3 \text{ de mosto} = 3.526 \text{ g/dm}^3$$

Porcentaje de beta-glucanos

$$\text{Glucosa en mg/100g de malta (base seca)} = \frac{\text{mg glucosa}}{\text{dm}^3 \text{ mosto}} * \frac{A}{d * B} = \frac{\text{mg glucosa}}{\text{dm}^3 \text{ mosto}} * \frac{A}{10^{*o} P * d}$$

Dónde:

d = densidad del mosto

°P = grado plato = % de solido P/V

A = g extracto / 100 g malta (base seca)

B = g de extracto / 100 g de mosto

$$\text{Glucosa en mg/100g de malta (base seca)} = \frac{\text{mg glucosa}}{\text{dm}^3 \text{ mosto}} * \frac{A}{d * B} = \frac{\text{mg glucosa}}{\text{dm}^3 \text{ mosto}} * \frac{A}{10^{*o} P * d}$$

$$\text{Glucosa en mg/100g de malta (base seca)} = 3.526 \frac{\text{g glucosa}}{\text{dm}^3 \text{ mosto}} * \frac{78.195 \text{ g extracto/100g malta}}{10 * 7.912 * 1.0314 \text{ g extracto/dm}^3 \text{ mosto}}$$

$$\text{Glucosa en mg/100g de malta (base seca)} = 3.379 \text{ g glucosa/100g malta}$$

$$\text{Glucosa en mg/100g de malta (base seca)} = 3.379\%$$

CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS REOLÓGICOS

- Viscosidad

$$\eta = \left(\frac{\text{Tiempo de flujo de la muestra}}{\text{Tiempo de flujo del agua}} \right) * \rho * \eta_{H_2O(25^\circ C)}$$

Dónde:

η = Viscosidad (Cp)

ρ = Densidad

η_{H_2O} = Viscosidad del agua a 25°C (Cp)

$$\eta = \left(\frac{\text{Tiempo de flujo de la muestra}}{\text{Tiempo de flujo del agua}} \right) * \rho * \eta_{H_2O(25^\circ C)}$$

$$\eta = \left(\frac{15.84}{12.276} \right) * 1.0314 * 0.8904$$

$$\eta = 1.1849 \text{Cp} = 0.001184 \text{Pa} * \text{s}$$

- Variación de la presión

$$\Delta P = \rho * g * h$$

Dónde:

ΔP = Variación de presión (kPa)

ρ = Densidad (Kg/m³)

g = Gravedad (m/s²)

h = Altura (m)

$$\Delta P = \rho * g * h$$

$$\Delta P = 1.0314 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0.0439 \text{m}$$

$$\Delta P = 0.4442 \frac{\text{Kg}}{\text{m} * \text{s}^2}$$

$$\Delta P = 0.000442 \text{kPa}$$

- Flujo volumétrico

$$v = \frac{\text{caudal promedio}}{\text{tiempo}}$$

Dónde:

v = Flujo volumétrico (m³/s)

$$v = \frac{\text{caudal promedio}}{\text{tiempo}}$$

$$v = \frac{0.00001m^3}{15.84s}$$

$$v = 6.3131 \times 10^{-7} \text{ m}^3/s$$

- Esfuerzo de cizalla

$$\tau = \frac{\Delta PR}{2L}$$

Dónde:

τ = Esfuerzo de cizalla (Pa)

ΔP = Variación de presión (kPa)

R = Radio del capilar (m)

L = Longitud (m)

$$\tau = \frac{\Delta PR}{2L}$$

$$\tau = \frac{0.0004442kPa * 0.000505m * 1000Pa}{2 * 0.07041m * 1kPa}$$

$$\tau = 0.001592Pa$$

- Velocidad promedio

$$\bar{V} = \frac{v}{A}$$

Dónde:

\bar{V} = Velocidad promedio (m/s)

$v = \text{Flujo volumétrico (m}^3/\text{s)}$

$A = \text{Área (m}^2\text{)}$

$$\bar{V} = \frac{v}{A}$$

$$\bar{V} = \frac{6.3131 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}}{8.01187 \times 10^{-7} \text{ m}^2}$$

$$\bar{V} = 0.7879 \text{ m/s}$$

- Velocidad de deformación

$$\frac{8\bar{V}}{D}$$

Dónde:

$$\frac{8\bar{V}}{D} = \text{Velocidad de deformación (s}^{-1}\text{)}$$

$\bar{V} = \text{Velocidad promedio (m/s)}$

$D = \text{Diámetro del capilar (m)}$

$$\frac{8\bar{V}}{D} = \frac{8(0.7879 \text{ m/s})}{0.00101 \text{ m}}$$

$$\frac{8\bar{V}}{D} = 6241.3680 \text{ s}^{-1}$$

- Velocidad de deformación corregida

$$\gamma_w = \frac{8\bar{V}}{D} \left[\frac{3}{4} + \frac{1}{4} \frac{d \ln 8\bar{V}/D}{d \ln T_w} \right]$$

Dónde:

$\gamma_w = \text{Velocidad de deformación corregida (s}^{-1}\text{)}$

$$\frac{8\bar{V}}{D} = \text{Velocidad de deformación (s}^{-1}\text{)}$$

$\bar{V} = \text{Velocidad promedio}$

$D = \text{Diámetro del capilar}$

$$\gamma_w = \frac{8\bar{V}}{D} \left[\frac{3}{4} + \frac{1}{4} \frac{d \ln 8\bar{V}/D}{d \ln T_w} \right]$$

$$\gamma_w = \frac{8(0.7879 \text{ m/s})}{000101\text{m}} \left[\frac{3}{4} + \frac{1}{4} \frac{d \ln 8(0.7879)/000101}{d \ln -1218} \right]$$

$$\gamma_w = -14323,9396\text{s}^{-1}$$

- Ecuación según la ley de potencias

$$\log \tau = \log b + n \log \gamma_w$$

$$\log \tau = -2.7559 \log b + 0.000003 \log \gamma_w$$

$$R^2 = 0.996$$

- Índice de comportamiento

$$n = \text{Pendiente}$$

$$n = 0.000003$$

- Índice de consistencia

$$\log b = \text{Intercepto} = -2.7559$$

$$b = \text{anti log}(-2.7559)$$

$$b = 0.001757 \text{ Pa} * \text{s}^n$$

DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA SOLUBLE

Fibra no corregida

$$\text{Fibra no corregida} = (\text{crisol} + \text{celita} + \text{fibra}) - (\text{crisol} + \text{celita})$$

$$\text{Fibra no corregida} = (37102\text{mg}) - (36891\text{mg})$$

$$\text{Fibra no corregida} = 211\text{mg}$$

% de Fibra no corregida

$$\% \text{Fibra no corregida} = \frac{\text{Fibra no corregida (mg)}}{\text{peso de muestra (mg)}} * 100$$

$$\% \text{Fibra no corregida} = \frac{211\text{mg}}{1000\text{mg}} * 100$$

$$\% \text{Fibra no corregida} = 21.1\%$$

Ceniza no corregida

$$\text{Fibra no corregida} = (\text{crisol} + \text{celita} + \text{ceniza}) - (\text{crisol} + \text{celita})$$

$$\text{Fibra no corregida} = (35696\text{mg}) - (35691\text{mg})$$

$$\text{Fibra no corregida} = 5\text{mg}$$

Proteína no corregida

$$P(\%) = \frac{(Ma - Mb) * N * 0.014 * 6.25}{Pm} * 100$$

Dónde:

P (%) = Porcentaje de proteína

N = Normalidad del ácido titulante

Ma = Mililitros del ácido gastado en la muestra

Mb = Mililitros del ácido gastado en el blanco

Pm = Peso de la muestra en gramos

6.25 = Factor proteico

$$\text{proteína no Corregida} = \frac{\text{Normalidad de HCl} * \text{ml HCl} * 14.007 * 6.25}{\text{Peso de muestra}}$$

$$\text{Peso de muestra (BS)} = \frac{Pm * 100}{100 - H}$$

$$\text{Peso de muestra (BS)} = \frac{41.3 * 100}{100 - 10.9}$$

$$\text{Peso de muestra (BS)} = \frac{4130}{89.1}$$

$$\text{Peso de muestra (BS)} = 46.35\text{mg}$$

$$\text{proteína no Corregida} = \frac{\text{Normalidad de HCl} * \text{ml HCl} * 14.007 * 6.25}{\text{Peso de muestra}}$$

$$\text{proteína no Corregida} = \frac{0.02 * 2.705 * 14.007 * 6.25}{46.35\text{mg}}$$

$$\text{proteína no Corregida} = 0.1287\text{mg}$$

Ceniza corregida

$$\text{Ceniza Corregida} = \frac{\text{Valor promedio (mg) fibra no corregida} * \text{Ceniza no corregida (mg)}}{\text{Contenido de fibra en crisol antes de incinerarlo (mg)}}$$

$$\text{Ceniza Corregida} = \frac{218\text{mg} * 5\text{mg}}{225\text{mg}}$$

$$\text{Ceniza Corregida} = 4.84\text{mg}$$

Proteína corregida

$$\text{Proteína Corregida} = \frac{\text{Valor promedio (mg) fibra no corregida} * \text{mg proteína no corregida}}{\text{Contenido de fibra en crisol usado para Kjeldahl (mg)}}$$

$$\text{Proteína Corregida} = \frac{218\text{mg} * 0.1287\text{mg}}{211\text{mg}}$$

$$\text{Proteína Corregida} = 0.1329\text{mg}$$

Blanco corregido

$$\text{Blanco corregido} = (\text{Promedio (mg) Fibra en blanco}) - (\text{ceniza corregida} + \text{proteína corregida})$$

$$\text{Blanco corregido} = (7.5 \text{ mg}) - (3.75\text{mg} + 0.0385\text{mg})$$

$$\text{Fibra no corregida} = 3.711\text{mg}$$

Fibra dietética corregida

$$\frac{(\text{valor promedio(mg) FD no corregida}) - (\text{ceniza} + \text{proteína} + \text{blanco corregido})}{\text{Promedio peso de muestra (mg)}}$$

$$\text{Fibra dietetica corregida} = \frac{(218\text{mg}) - (4.844\text{mg} + 0.132\text{mg} + 3.711\text{mg})}{1000\text{mg}}$$

$$\text{Fibra dietetica corregida} = 0.209\text{mg} * 100\%$$

$$\text{Fibra dietetica corregida} = 20.9\%$$

ANEXO 4

FOTOGRAFÍAS

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS



Fotografía 1. 70 Muestras de cebada



Fotografía 2. Molino semindustrial **Fotografía 3.** Molino de café



Fotografía 4. Muestra molida

DETERMINACIÓN DE BETA-GLUCANOS



Fotografía 5. Diluciones para el análisis de beta-glucanos



Fotografía 6. Lectura de la absorbancia por medio de un espectrofotómetro

DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA

DIGESTIÓN

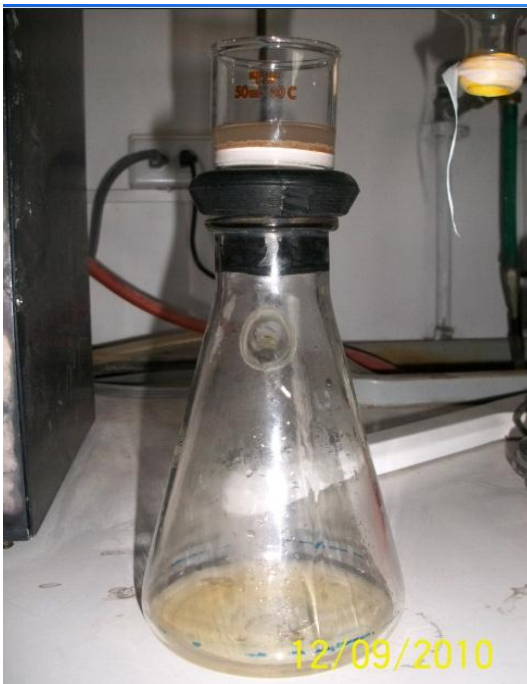


Fotografía 7. Reactivos utilizados



Fotografía 8. Plancha de agitación

FILTRACIÓN



Fotografía 9. Filtración al vacío

SECADO



Fotografía 10. Estufa Memmert

DETERMINACIÓN DE CENIZAS



Fotografía 11. Mufla



Fotografía 12. Desecador



Fotografía 13. Desecador



Fotografía 14. Balanza analítica

DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

PESADA

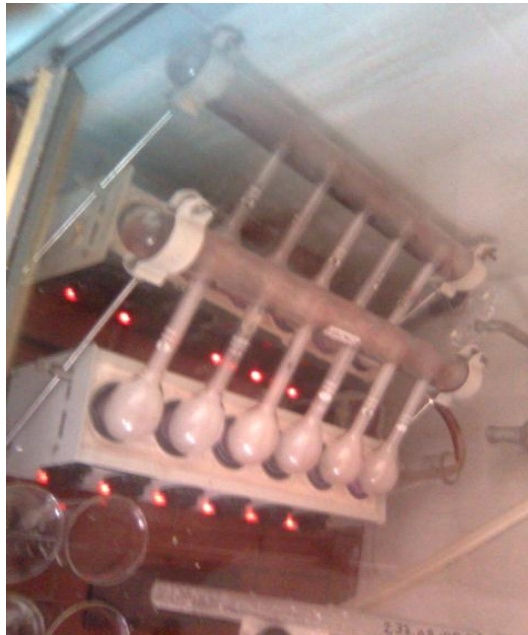


Fotografía 15. Sala para la realización de pesadas



Fotografía 16. Adición de la mezcla catalizadora en las muestras

DIGESTIÓN



Fotografía 17. Digestor



Fotografía 18. Vasos de precipitación con ácido bórico e indicador mixto

DESTILACIÓN



Fotografía 19. Equipo de destilación



Fotografía 20. A la izquierda vasos de precipitación con la muestra ya destilada.

TITULACIÓN



Fotografía 21. Titulación de las muestras con un cambio de coloración del turquesa a tomate

PROCESAMIENTO DEL GRANO DE CEBADA

ESCARIFICADO



Fotografía 22. Escarificador Strong Scott modelo 17810



Fotografía 23. Cebada escarificada

COCINADO



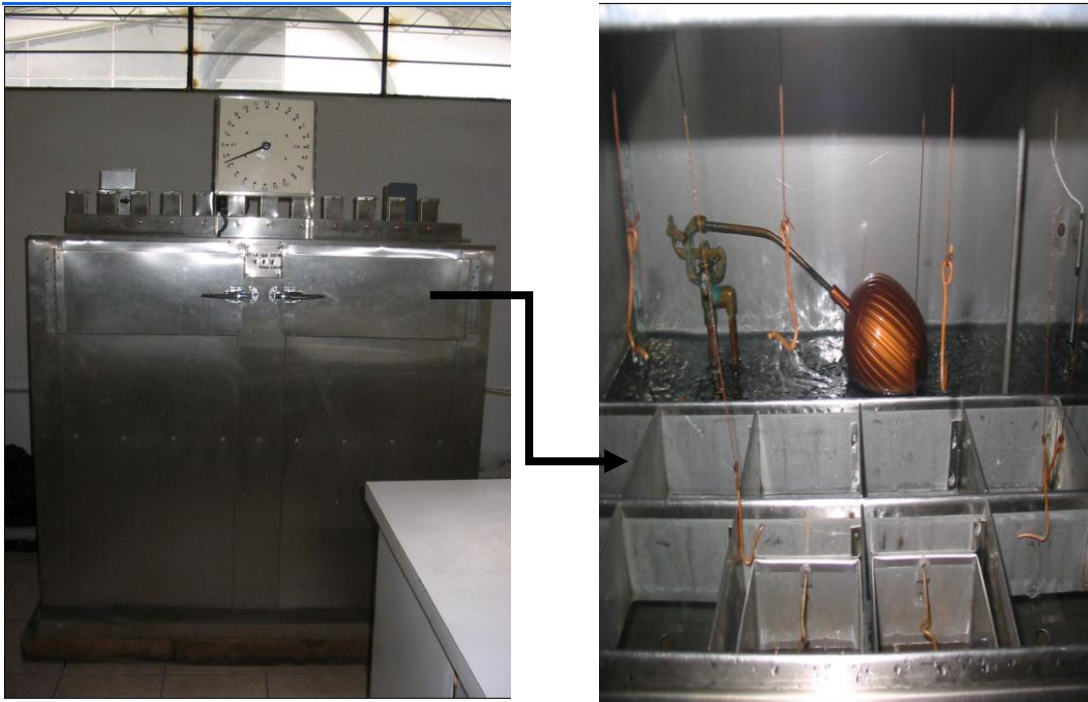
Fotografía 24. Cocción de las muestras de cebada



Fotografía 25. Secado de las muestra en la estufa de aire forzado

MALTEADO

REMOJO

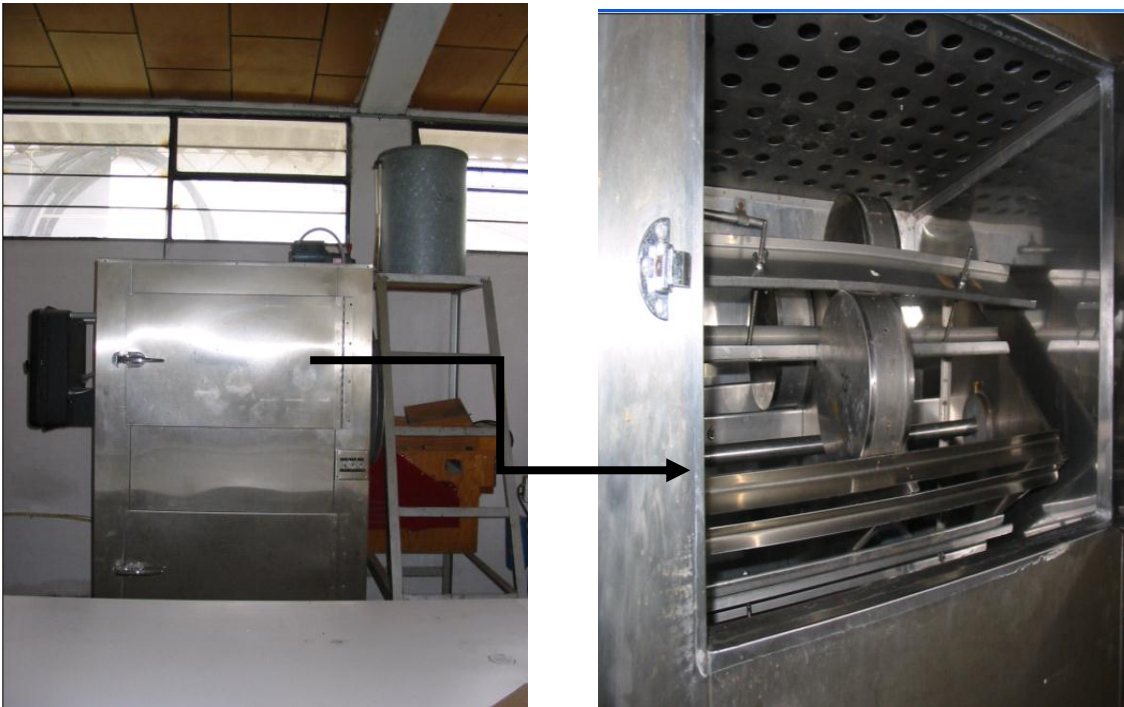


Fotografía 26. Equipo de remojo semindustrial para el malteado de la cebada



Fotografía 27. Cebada remojada

GERMINADO

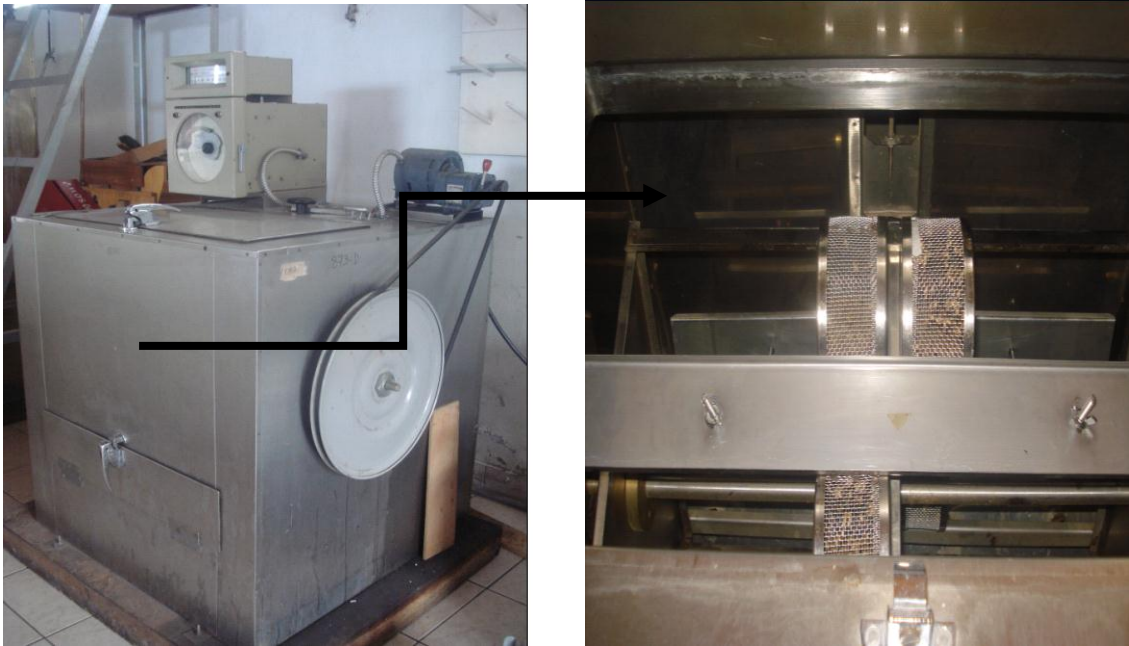


Fotografía 28. Equipo de germinación semindustrial para el malteado de la cebada



Fotografía 29. Cebada germinada

TOSTADO



Fotografía 30. Equipo de tostado semindustrial para el malteado de la cebada



Fotografía 31. Cebada tostada

TOSTADO



Fotografía 32. Termómetro para el control de temperatura en el tostado de las muestras de cebada



Fotografía 33. Cebada tostada

TOMA DE MEDIDAS DE HUMEDAD



Fotografía 34. Equipo para medir la humedad en los granos



Fotografía 35. Medida de la humedad del grano de cebada