



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

“Comparación de la capacidad antioxidante de 10 cultivos ancestrales andinos con sus respectivos concentrados de fibra dietética total para su uso como aditivo funcional en la Industria de Alimentos”

Trabajo de Graduación previo a la obtención del Título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Autor: Luis Felipe Zambrano Mayorga

Tutor: Ing. Diego Salazar

Ambato-Ecuador

2013

APROBACIÓN DEL TUTOR DE TESIS

Ing. Diego Salazar

Siendo el Tutor del Trabajo de Investigación realizado bajo el tema: “Comparación de la capacidad antioxidante de 10 cultivos ancestrales andinos con sus respectivos concentrados de fibra dietética total para su uso como aditivo funcional en la Industria de Alimentos”, por el egresado Luis Felipe Zambrano Mayorga; tengo a bien afirmar que el estudio es idóneo y reúne los requisitos de una tesis de grado de Ingeniería en Alimentos; y el graduando posee los méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Jurado Examinador que sea designado por el H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Ambato, Septiembre del 2013

.....

Ing. Diego Salazar

TUTOR

AUTORÍA DE LA TESIS

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación denominado: “Comparación de la capacidad antioxidante de 10 cultivos ancestrales andinos con sus respectivos concentrados de fibra dietética total para su uso como aditivo funcional en la Industria de Alimentos”, así como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones, corresponden exclusivamente a Luis Felipe Zambrano Mayorga; e, Ing. Diego Salazar, Tutor del Proyecto de Investigación.

.....

Luis Zambrano

AUTOR

.....

Ing. Diego Salazar

TUTOR PROYECTO

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Trabajo de Graduación de acuerdo a las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Septiembre del 2013

Para constancia firman:

.....
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

*A todos quienes llevo
en mi mente y corazón.*

DEDICATORIA

*Dedicado para los seres
queridos de mi vida.*

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR DE TESIS	II
AUTORÍA DE LA TESIS	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL GRADO	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE CUADROS.....	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS	XII
RESUMEN.....	XIII
CAPITULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	7
1.4 OBJETIVOS	9
CAPÍTULO II.....	10
MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	10
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	11
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL	12
2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	13
2.5 HIPÓTESIS	28
2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	28
CAPÍTULO III.....	29
METODOLOGÍA.....	29
3.1 ENFOQUE.....	29
3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	30

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	30
3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	31
3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	33
3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	33
CAPÍTULO IV.....	37
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	37
4.1 Fibra dietética total	37
4.2 Capacidad antioxidante	39
4.3 Rendimiento del concentrado de fibra dietética total.....	43
4.4 Análisis económico.....	44
4.5 Verificación de la hipótesis	44
CAPÍTULO V.....	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
5.1 Conclusiones.....	45
5.2 Recomendaciones.....	47
CAPÍTULO VI.....	48
PROPUESTA	48
6.1 Datos informativos.....	48
6.2 Antecedentes de la propuesta.....	48
6.3 Justificación.....	49
6.4 Objetivos	50
6.5 Análisis de factibilidad	51
6.6 Fundamentación.....	51
6.7 Descripción del proceso de elaboración de barras energéticas. .	52
6.8 Metodología. Modelo operativo	53
6.8 Administración.....	54
6.9 Previsión de la evaluación.....	55
6.10 Estimación del costo de producción de BE	56
BIBLIOGRAFÍA.....	58
ANEXOS.....	65
APÉNDICE A.....	66
RESPUESTAS EXPERIMENTALES.....	66

APÉNDICE B.....	68
COSTO DE PRODUCCIÓN	68
APÉNDICE C.....	70
DIAGRAMAS DE FLUJO.....	70
APÉNDICE D.....	75
FOTOGRAFÍAS.....	75
APÉNDICE E.....	80
MÉTODO DE ENSAYOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de la variable independiente	31
Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente	32
Tabla 3. Factores y niveles para determinación de la actividad antioxidante en fibra dietética total.....	33
Tabla 4. Contenido de FDT en estado fresco de los cultivos ancestrales andinos	37
Tabla 5. Contenido de FDT de los concentrados de FT de los cultivos ancestrales andinos	38
Tabla 6. Contenido de capacidad antioxidante de los cultivos ancestrales andinos en estado fresco	40
Tabla 7. Contenido de capacidad antioxidante de los concentrados de FDT de los cultivos ancestrales andinos	40
Tabla 8. Comparación de la capacidad antioxidante	42
Tabla 9. Rendimiento del concentrado de fibra dietética por cada cultivo ancestral andino	43
Tabla 10. Formulación de la barra energética	52
Tabla 11. Modelo operativo (Plan de acción)	54
Tabla 12. Administración de la propuesta	55
Tabla 13. Previsión de la evaluación	55
Tabla 14. Estimación del costo de producción de la BE.....	56
Tabla 15. Costos de los equipos requeridos en el proceso	56
Tabla 16. Costos de los insumos básicos	57
Tabla 17. Personal	57
Tabla 18. Inversión estimada para la elaboración de BE	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de la fibra dietética con sus constituyentes	22
---	----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Árbol de problemas	5
Gráfico 2. Constelación de ideas	13
Gráfico 3. Mecanismo de acción del radical ABTS	28

LISTA DE ABREVIATURAS

°C:	Grados centígrados
μM:	Micro moles
BE:	Barras energéticas
CA:	Capacidad antioxidante
CAA:	Cultivos ancestrales andinos
FCIAL:	Faculta de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
FD:	Fibra dietética
FDI:	Fibra dietética insoluble
FDS:	Fibra dietética soluble
FDT:	Fibra dietética total
g:	Gramos
h:	Horas
Kg:	Kilogramos
M:	Molaridad
min:	Minutos
N:	Normalidad
UTA:	Universidad Técnica de Ambato

RESUMEN

Se determinó la capacidad antioxidante por el método de radical libre ABTS y el contenido de fibra dietética total de los cultivos ancestrales andinos y de sus respectivos concentrados de fibra dietética total; los cultivos evaluados fueron: babaco (*Carica pentagona*), uvilla (*Physalis peruvian*), tuna (*Opuntia ficus-indica*), pepino dulce (*Solanum muricatum*), capulí (*Prunus serotina*), amaranto (*Amaranthus caudatus*), mortiño (*Vaccinium floribundum*), taxo (*Passiflora tarminiana*), mora (*Rubus glaucus*) y tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Los resultados de contenido de capacidad antioxidante son mayores en el concentrado de fibra dietética total aun luego del tratamiento aplicado a cada uno de los cultivos ancestrales andinos, por lo que los compuestos bioactivos con mayor capacidad antioxidante se encuentran en la pared celular de la fibra dietética.

Los concentrados con mayor contenido de fibra dietética total fueron de taxo y de tuna (79,82 y 79,52 g de FDT / 100 g muestra, respectivamente); mientras que los concentrados con mayor contenido de capacidad antioxidante fueron de mora y taxo (1929,19 y 1878,44 μM de Trolox / g de muestra, respectivamente), siendo ésta variable la decisiva para escoger el concentrado de fibra dietética total del cultivo de mora para la elaboración de barras energéticas con alto contenido de fibra dietética total y bajo contenido de grasas.

Los cultivos ancestrales andinos que tienen una pigmentación rojo – morado, naranja, rojo por la presencia de antocianinas, flavonoides, y licopeno, respectivamente, son los que presentaron mayor contenido de capacidad antioxidante, mientras que los cultivos con menor contenido de capacidad antioxidante con una pigmentación amarilla por la presencia de xantofilas.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN

“Comparación de la capacidad antioxidante de 10 cultivos ancestrales andinos con sus respectivos concentrados de fibra dietética total para su uso como aditivo funcional en la Industria de Alimentos”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

MACRO

Las civilizaciones andinas tienen en común la existencia de una agricultura bien organizada, basada en una apropiada utilización del medio y en el continuo mejoramiento de plantas para producción de alimentos, la agricultura es la fuente de la alimentación, misma que garantiza la estabilidad de la sociedad. La historia de las grandes civilizaciones debería enfocarse desde el punto de vista de la domesticación de plantas, de su variabilidad, del mejoramiento de los principales cultivos y de los avances logrados en la agricultura. (HERNÁNDEZ, J. y LEÓN, J. 1992).

Una de las formas de conseguir una agricultura sostenible es mantener la diversidad genética, y con ello lograr una mejor relación ecológica. Hasta ahora, la supervivencia de los cultivos andinos se ha debido a la existencia de comunidades campesinas que aún habitan las zonas y que, en base a la preservación de sus tradiciones y a su conocimiento

ancestral del manejo, cultivo y utilización, han logrado evitar su pérdida. (HERNÁNDEZ, J. y LEÓN, J. 1992).

La marginación de varios cultivos andinos se produce por el bajo prestigio social asociado a que son alimentos básicos de poblaciones pobres, a los laboriosos procesos que requiere su preparación, y al escaso rendimiento económico obtenido en una agricultura de tipo marginal. (HERNÁNDEZ, J. y LEÓN, J. 1992).

MESO

Desde la segunda mitad de la década de 1970, se observó en el Ecuador un proceso acelerado de erosión genética de las plantas cultivadas, llegando a la casi extinción de varios cultivos andinos. Este proceso fue motivado por varias razones de orden interno y externo, entre ellas un cambio de los patrones y hábitos de consumo internos, facilidad para conseguir alimentos importados, acelerado proceso de urbanismo, la desvalorización de costumbres y tradiciones socioculturales locales y nacionales, y la falta de incentivos a la actividad agropecuaria nacional. (JACOBSEN, E y SHERWOOD, S. 2002).

Una especie muy poco valorada es el sangorache, originaria de América y conocido en el Ecuador como sangorache y que ha sido desplazada de los campos de cultivo hasta casi desaparecer como especie alimenticia. Sin embargo, hay evidencias arqueológicas de que este cultivo fue utilizado en América desde hace 4000 años. (HERNÁNDEZ, J. y LEÓN, J. 1992).

Cuando los españoles llegaron al continente americano, encontraron al sangorache, junto con el maíz y la quinua, como los principales granos alimenticios de las poblaciones andinas. La influencia de los conquistadores se cree que fue negativa; y el sangorache, junto con otras

especies nativas, fueron reemplazados por especies introducidas, que se impusieron en los campos y en los hábitos alimenticios de la población (HERNÁNDEZ, J. y LEÓN, J. 1992).

Los cultivos andinos tienen una gran importancia económica, social, ecológica, nutricional y funcional en nuestro país y en el resto de países atravesados por la cordillera de los Andes. Si bien los cultivos andinos han sido tradicionalmente consumidos en las áreas rurales, también pueden formar parte de los hábitos alimenticios de los pobladores urbanos, entre otras cosas, porque además de su amplia gama de posibilidades culinarias, ofertan proteína relativamente barata si se la compara con la de origen animal. (PERALTA, E. et al. 2006).

MICRO

Según el Censo Agropecuario del 2000, la agricultura constituye la actividad de mayor relevancia en la economía de la provincia de Tungurahua, pues concentra en esta actividad a un 40% de la población económicamente activa y además, cerca del 50% de las tierras se destinan a la actividad agropecuaria. La variedad de suelos permite que Tungurahua cuente con una producción agrícola diversificada y abundante especialmente de tubérculos, raíces, hortalizas y frutas.

En 1985 Tungurahua abasteció el mercado ecuatoriano en más de 55% y en algunos casos el 80% de algunas frutas como babaco, tomate de árbol, claudia, durazno, manzana, mora, pera y taxo. Quizá el renglón más importante de la producción de frutas es el de la manzana que se cultiva de modo especial en los cantones Ambato y Píllaro (parroquia de Huachi y Cevallos).

Según el Censo Agropecuario del 2000, realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), de las 208.904 ha de superficie total

que tiene Tungurahua, los productos se cultivaban en 11.361 ha, pero la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (Espac) del 2004 refleja que bajó a 7.436 ha.

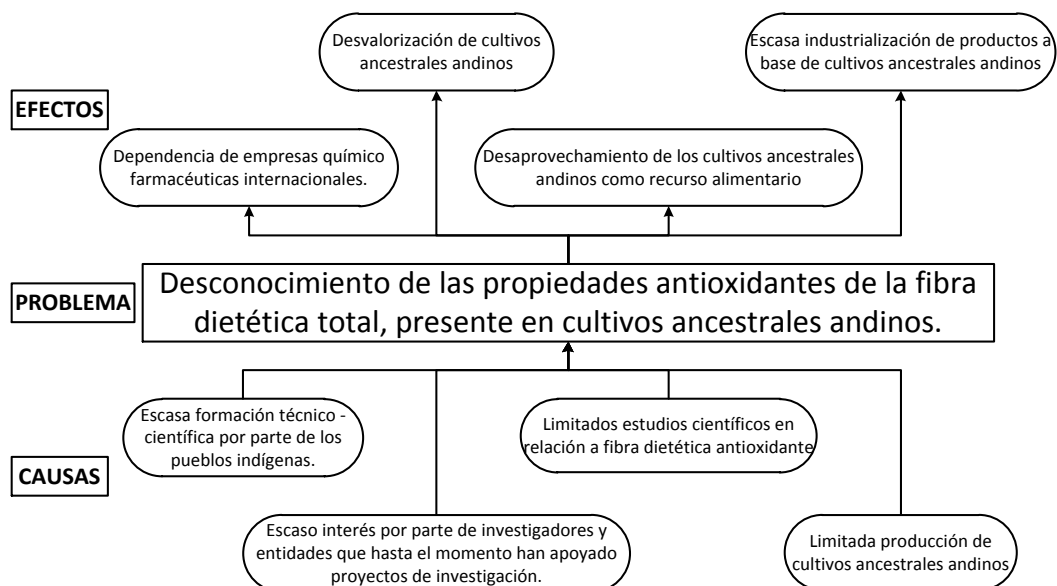
Manuel Suquilanda (2011), en el “Manual Técnico de Producción Orgánica de Cultivos Andinos”, para realizar un mejor análisis nutricional de los alimentos andinos los divide de la siguiente forma:

- Fuente de energía (carbohidratos): tubérculos y raíces: papa (97 Kcal), oca (30 Kcal), melloco (50 Kcal), mashua (50 Kcal), jícama (49 Kcal).
- Fuente de proteínas, energía (grasa) y minerales: chocho (11,6 %), haba (11,3 %), fréjol (11,6 %), arveja (7,1 %).

Se escogieron varios de los antes mencionados cultivos para su análisis en relación a la capacidad antioxidante (CA) que la fibra dietética total (FDT) posee, se mencionan a continuación: sangorache, babaco, capulí, mora, mortiño, pepino dulce, taxo, tomate de árbol, tuna y uvilla, la mayor parte de los mismos son frutas de mayor consumo en fresco por parte de los consumidores.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

Gráfico 1. Árbol de Problemas.



Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

La dependencia de empresas químico – farmacéuticas internacionales, provoca un desaprovechamiento de los cultivos autóctonos para su posible utilización como recurso alimenticio, ya sea directo o industrializado; creando un desbalance entre la producción agrícola de los mismos y su consumo como alimento.

Una escasa formación técnico - científica por parte de los pueblos indígenas desvaloriza las costumbres tradicionales socioculturales y culinarias por producir y consumir lo nuestro. Existe una despreocupación por fomentar la investigación para conocer los beneficios que otorgan los compuestos bioactivos de éstos cultivos, con una posible aplicación industrial.

La investigación busca determinar la CA de la FDT extraída de CAA (sangorache, babaco, capulí, mora, mortiño, pepino dulce, taxo, tomate de árbol, tuna y uvilla), con el propósito de incentivar a la producción por

parte de los pequeños agricultores, así también, incrementar la elaboración de productos alimenticios que poseen FDT con CA, aumentando la ingesta de productos nutricionales, sanos y naturales, para disminuir el padecimiento de enfermedades crónicas degenerativas, por efecto de los radicales libres.

1.2.3 PROGNOSIS

Es una realidad actual que al incrementar el consumo de antioxidantes en la dieta es posible lograr un equilibrio entre éstos y los agentes oxidantes. Al no realizar esta investigación no se dispondrá de datos reales sobre la CA de la FDT extraída de CAA, para su empleo como aditivo funcional; disminuyendo así la producción agrícola y promoviendo la posible extinción de éstos cultivos. El impacto que generaría el no desarrollo de investigaciones sobre la CA en FDT con como aditivo funcional para la elaboración de nuevos alimentos impedirá el desarrollo económico y social de los CAA.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La investigación responde a lo siguiente:

¿La determinación de la capacidad antioxidante de la fibra dietética total extraída de los cultivos ancestrales andinos permitirá valorar su potencial de aprovechamiento?

- **Variable Independiente:** Tipos de cultivos ancestrales andinos.
- **Variable Dependiente:** Capacidad antioxidante de la fibra dietética total.

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

- ¿Cómo extraer fibra dietética total de cultivos ancestrales andinos?
- ¿Cómo extraer los compuestos bioactivos de fibra dietética total a partir de cultivos ancestrales andinos?
- ¿Cómo determinar la capacidad antioxidante de la fibra dietética total extraída de compuestos ancestrales andinos?
- ¿Cuáles son los cultivos ancestrales andinos con mayor capacidad antioxidante en fibra dietética total?
- ¿Cómo promover la industrialización del concentrado de fibra dietética total con capacidad antioxidante en la industria de alimentos?

1.2.6 DELIMITACIÓN

Área: Alimentos

Sub-área: Cultivos andinos

Sector: Agrícola

Sub-sector: Antioxidantes naturales

Delimitación espacial: Laboratorios Académicos, LACONAL, FCIAL-UTA

Delimitación temporal: Marzo – Septiembre 2013

1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente el área de las ciencias de los alimentos y de la nutrición se ha hecho presente cada vez con mayor intensidad, sobre todo aquella conocida como la de los "alimentos funcionales" que acepta el papel de los componentes alimenticios, como nutrientes esenciales para el mantenimiento de la vida así como de la salud, y de los componentes no nutricionales que contribuyen a prevenir o retardar las enfermedades crónicas de la edad madura (BEST, 1997; HOLLINGWORTH, 1997).

Suquilanda, M. menciona que la importancia de los cultivos andinos en la seguridad familiar y la nutrición radica en lo siguiente:

- Aumentan la variedad de alimentos, utilizando todos los recursos disponibles;
- Mejoran el estado nutricional al hacer las dietas más sabrosas y con mayor cantidad y mejor combinación de proteínas, vitaminas, minerales y FDT;
- Muchas de estas plantas son resistentes a la sequía, pueden cultivarse sin necesidad de insumos costosos y son de fácil almacenamiento, lo que puede evitar los períodos de escasez estacional;
- Aumentan la productividad de otros cultivos, conservan el suelo y elevan su fertilidad;
- Incrementan los ingresos familiares al beneficiar a los productores, en particular mujeres;
- Elevan el consumo familiar y aumentan los ingresos del hogar al vender o intercambiar los excedentes en los mercados locales.

En el ámbito nacional los cultivos andinos pueden contribuir con el aseguramiento de alimentos de calidad, para poder ejercer plenamente la soberanía alimentaria, debido a que:

- Aumentan la disponibilidad de alimentos y contribuyen a reducir las importaciones de los mismos;
- Estimulan a las agroindustrias pequeñas y grandes; y
- Pueden convertirse en una importante fuente de divisas al exportar estos cultivos o sus productos derivados.

Las plantas como fuentes de antioxidantes se pueden utilizar para la preservación del valor nutritivo previniendo el deterioro oxidativo de lípidos y para propósitos medicinales. La mayor parte de la CA de los

vegetales puede ser debida a los polifenoles, que poseen características biológicas extensas, sobretodo su propiedad de secuestro de radicales libres (AQUINO ET AL., 2001).

Ante esta situación, una de las alternativas planteadas es la utilización de la FDT con CA extraída de CAA (sangorache, babaco, capulí, mora, mortiño, pepino dulce, taxo, tomate de árbol, tuna, y uvilla) como aditivo para la elaboración de productos alimenticios funcionales con valor agregado, por las propiedades que éste compuesto aporta al organismo. Dando la posibilidad al pequeño agricultor a incrementar la producción de los mismos, disminuyendo así la importación de aditivos alimentarios.

1.4 OBJETIVOS

GENERAL

- Comparar la capacidad antioxidante de 10 cultivos ancestrales andinos con sus respectivos concentrados de fibra dietética total para su uso como aditivo funcional en la Industria de alimentos.

ESPECÍFICOS

- Determinar el contenido de fibra dietética total de los cultivos ancestrales andinos frescos y de sus respectivos concentrados.
- Determinar la actividad antioxidante del extracto de compuestos bioactivos a partir de cultivos ancestrales andinos por el método de radical libre ABTS.
- Proponer la elaboración de barras energéticas a partir del concentrado de fibra dietética con mayor capacidad antioxidante.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Según Sánchez, (2005), la obtención de concentrados de fibra, así como sus propiedades, está en función de la fuente empleada, es decir: frutas, vegetales, leguminosas o cereales; como de su estado de madurez, época de producción, lugar de cosecha y procesamiento al que sea sometida. Los métodos tradicionales para la obtención del producto fibroso involucran operaciones como trituración para disminuir el tamaño de la partícula; lavado para eliminar la carga microbiana, residuos y azúcares simples; filtración y secado para prolongar la vida útil y, finalmente, la molienda y el envasado.

Actualmente también son empleadas tecnologías que incluyen la extrusión, el autoclavado e hidrólisis en medios ácidos o alcalinos, que se aplican en fuentes con alto contenido de FDI. El propósito es hidrolizar parte de esta fracción para obtener una mejor relación de FDS, respecto a la FDI, es decir, una mejor relación FDS / FDI, y para inducir a los residuos fibrosos; propiedades funcionales deseables para un sistema alimenticio específico.

En los últimos años la investigación científica se han puesto de manifiesto los efectos positivos en salud de la fibra dietética ya que es un ingrediente esencial en dietas para el control de peso y se considera un factor preventivo en la etiología de distintos tipos de cáncer. (Cho, S. Dreher, M. 2001).

La fibra dietética es el principal ingrediente en el mercado internacional de alimentos funcionales, constituyendo por si sola más del 50% del total

de ingredientes utilizados en la formulación de estos alimentos (Chapman y Hall.1994).

La utilización de antioxidantes permite que no se produzcan las especies reactivas oxigenadas, de forma que se impiden las consecuencias de su actividad (Visioli, F., Borsani L., Galli C. 2000).

Estos antioxidantes actúan principalmente en reacciones de terminación de cadenas de radicales libres, impidiendo la oxidación de lípidos y otras moléculas, cediendo átomos de hidrógeno de forma que se neutralizan los radicales libres (Kris-Etherton P.M. et al 2002).

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

De acuerdo al enfoque que presenta el tema de investigación el paradigma que describe al mismo es el positivista, debido a que éste señala que los datos se transforman en unidades numéricas que permiten a su vez un análisis e interpretación más exacta. Se aplican fundamentalmente análisis estadísticos que argumentan matemática y objetivamente los resultados. El análisis y tratamiento de datos ocurre después de la recogida de resultados, teniendo un carácter estético y deductivo. Los resultados obtenidos se interpretarán en función de la hipótesis de partida.

Según el paradigma positivista se considera la posibilidad de llegar a leyes y generalizaciones independientes del tiempo y espacio (GONZALES, 1977); el campo donde se desarrolla puede ser en un laboratorio o mediante muestreo, orientado a la verificación, confirmatorio, reduccionista e hipotético deductivo mediante el análisis de resultados de la investigación.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Los artículos 13, 32, 400 de la Constitución de la República del Ecuador, hacen referencia al derecho de las personas y colectividades al acceso seguro y permanente de alimentos sanos, suficientes y nutritivos que sustenten el buen vivir, garantizando mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales, la soberanía de la biodiversidad agrícola, silvestre y patrimonio genético del país, con responsabilidad intergeneracional.

El Código de la Producción del Ecuador en su artículo 22, establece políticas de fomento para la economía popular, solidaria y comunitaria con acceso democrático a factores de producción, elaborando programas y proyectos para el desarrollo de la producción nacional, regional, provincial y local en un estado Intercultural y Plurinacional, apoyando a consolidar el financiamiento público para la recuperación, apoyo y transferencia tecnológica e investigativa.

El Plan Nacional para el Buen Vivir 2009 -2013, fortalece la soberanía alimentaria desarrollando tecnología agropecuaria y el aprovechamiento sustentable de los alimentos culturalmente adecuados, reduciendo la dependencia externa para la provisión de alimentos, lo que permite ampliar la participación de la producción nacional en la demanda doméstica; así potencia la economía del país y a la vez reduce la vulnerabilidad ante choques exógenos y finalmente, permite construir una estructura productiva y estratégica sobre una posición económica más soberana.

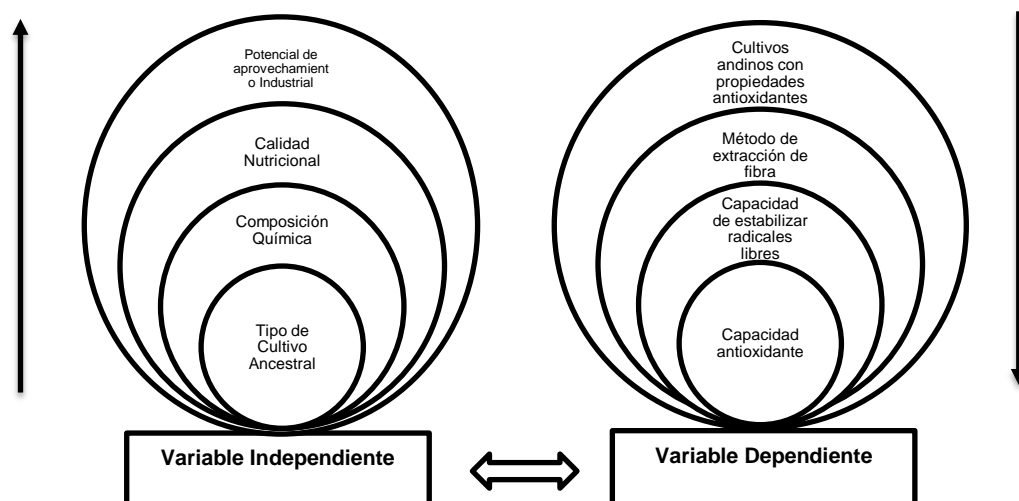
El Buen Vivir rural implica pasar de una visión que hacía énfasis exclusivamente en la dimensión sectorial agrícola de lo rural, a la consideración de una visión integral y de economía política del mundo rural, que incorpore sistemáticamente la garantía de derechos y los

vínculos entre agricultura, manufactura y servicios. La soberanía alimentaria se sustenta en el reconocimiento del derecho a la alimentación sana, nutritiva y culturalmente apropiada para lo cual es necesario incidir tanto en las condiciones de producción, distribución y consumo de alimentos.

La soberanía alimentaria implica recuperar el rol de la sociedad para decidir: qué producir, cómo producir, dónde producir, para quién producir, con énfasis en fortalecer a los pequeños campesinos que, en el caso del Ecuador, son quienes producen los alimentos de la canasta básica.

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

Gráfico 2. Categorías fundamentales.



Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

2.4.1 Cultivos Ancestrales Andinos

En las comunidades rurales de los Andes, la alimentación es esencialmente a base de vegetales, predominando los tubérculos (papa, oca, melloco y mashwa), que son ricos en hidratos de carbono, pero pobres en algunos aminoácidos esenciales.

El consumo de granos (maíz, quinua y sangorache), ricos en lisina y metionina, y de leguminosas (chocho, haba, fréjol), ricos en proteína compensan las carencias de los tubérculos.

Para poder evaluar adecuadamente la dieta de las comunidades rurales donde el aporte de los cultivos andinos es básico, es necesario conocer todos los productos alimenticios que forman parte de la dieta diaria, incluyendo los frutales andinos y la tecnología con que son obtenidos, los insumos y la preparación de los diferentes alimentos.

Los cultivos andinos que aún subsisten en nuestros territorios, gracias al celo con que han sido guardados por nuestras comunidades de indígenas y campesinos, vuelven a retomar la importancia que nunca debieron haber perdido, para en breve convertirse en elementos importantes de nuestra alimentación.

El redescubrimiento de este tipo de alimentos olvidados podría contribuir a paliar el hambre en las zonas más desfavorecidas del planeta y eliminar la dependencia excesiva de la humanidad de unos pocos cultivos, que amenaza la seguridad alimentaria y debilita nuestros organismos, precisamente en una época en que la contaminación ambiental nos hace menos resistentes a las enfermedades.

Los CAA sub - explotados que han sido seleccionados para el estudio en el presente proyecto se basan en la información tradicional de dominio público y en estudios relacionados al tema.

- **Sangorache**



Nombre científico: *Amaranthus caudatus*

Nombre común: Amaranto, sangorache.

Familia: Amaranthaceae.

Es una especie ancestral andina, se puede usar como alimento, la hoja fresca y seca, el grano seco molido, el grano seco reventado y muchas combinaciones como mezclados alimenticios. Las semillas tienen un importante valor nutritivo por su alto contenido de proteínas, aminoácidos y minerales. Las hojas contienen más hierro que las espinacas, significativas cantidades de fibra, vitaminas A y C y minerales como el Hierro, Calcio y Magnesio. (SIMMONDS M. 2003).

- **Babaco**



Nombre científico: *Carica pentagona*

Nombre común: Babaco.

Familia: Caricaceae.

Es originaria del Ecuador, es aprovechado principalmente por sus frutos, aunque otras partes de la planta tienen importancia medicinal. La fruta es rica en vitamina C. Los frutos, en estado maduro, se utilizan en la repostería, en la elaboración de mermeladas y bebidas. Tiene aceptación en el mercado internacional, para uso en la industria farmacológica y como ablandador de carnes y en el tratamiento de la arterioesclerosis. (MATILL HA.1947).

- **Capulí**



Nombre científico: *Prunus serotina*

Nombre común: Capulí

Familia: Rosaceae

Árbol de América, con hojas lanceoladas, pequeñas flores blancas y fruto en drupa, negro rojizo. de la familia de las Rosáceas, especie de cerezo, que da un fruto de gusto y olor agradables. (MATILL HA.1947).

- **Mora**



Nombre científico: *Rubus glaucus*

Nombre común: mora, mora de castilla.

Familia: *Rosaceae*

La mora de castilla (*Rubus glaucus*) es originaria de zonas tropicales altas de América, se encuentra principalmente en Ecuador, Colombia, Panamá, Salvador, Honduras, Guatemala, Méjico y Estados Unidos. En cuanto a sus propiedades, se puede decir que las hojas y los brotes tiernos contienen abundantes taninos, que los hacen astringentes y hemostáticos. (MATILL HA.1947).

- **Mortiño**



Nombre científico: *Vaccinium floribundum*

Nombre común: mortiño, uva de monte

Familia: *Ericaceae*

Es un producto natural de los páramos ecuatorianos, es una fruta con sabor astringente, de tamaño pequeño no se ha conocido que existan cultivos comerciales, sino únicamente pequeñísimas parcelas y/o chaparros de montaña de páramo en los que la fruta crece en forma silvestre. Su hábito de crecimiento produce una sola cosecha extendida entre octubre y diciembre de cada año. El consumo en el Ecuador es básicamente en fresco y algo procesado en mermeladas. En fresco se consume elaborando la tradicional colada morada, un plato típico ecuatoriano de la época de fines de octubre hasta la primera semana de noviembre y se perfila como uno de los frutos con mayores propiedades antioxidantes. MATILL HA (1947).

- **Pepino dulce**



Nombre científico: *Solanum muricatum*

Nombre común: pepino, pepino dulce

Familia: Solanáceas.

Es una planta oriunda de la región andina y ampliamente extendida en nuestro país, donde se llevó a cabo su domesticación y se cultiva desde hace varios miles de años, cuyas evidencias se encuentran en las

numerosas representaciones de su fruto en las cerámicas precolombinas. (MATILL HA 1947).

- **Taxo**



Nombre científico: *Passiflora tarminiana*.

Nombre común: Taxo.

Familia: Passifloraceae.

Es originaria de América y se encuentra distribuida en las zonas frías de los Andes suramericanos. Fuente de niacina y carotenos presenta cualidades antioxidantes, combate cálculos renales y enfermedades urinarias. Es de gran aplicación en farmacia y alimentos. (SZAUER, M. y GOMEZ, J. 2005)

- **Tomate de árbol**



Nombre científico: *Cyphomandra betacea*

Nombre común: tomate de árbol.

Familia: Solanaceae.

Es una especie nativa de los Andes, rico en calorías, agua, proteínas, calcio, fósforo, hierro, grasas, carbohidratos, fibra, tiamina, riboflavina, niacina y vitaminas C, A. El tomate de árbol es considerado como una de las frutas que fortalecen el cerebro, y contribuye a curar migrañas y cefaleas severas. Los estudios hasta ahora realizados indican que tiene sustancias como el ácido gamma amino butírico, que baja la tensión

arterial, por ello es útil para los hipertensos, no así para quienes sufren tensión arterial baja. (SZAUER, M. y GOMEZ, J. 2005).

- **Tuna**



Nombre científico: *Opuntia ficus-indica*

Nombre común: Tuna.

Familia: *Cactáceae*

En Europa está naturalizada en la Cuenca del Mediterráneo y en el Norte de África. Pero gracias a las condiciones geográficas de los Andes Ecuatorianos se adaptado con facilidad constituyéndose una de las principales frutas de consumo nacional. Tiene propiedades medicinales como nutritivas, diuréticas, antiespasmódicas y emolientes. (MATILL HA.1947).

- **Uvilla**



Nombre científico: *Physalis peruvian*

Nombre común: uvilla, uchuva, baya dorada.

Familia: Solanaceae

Es una planta que se cree se originó en los Andes entre Perú y Ecuador. Es un importante complemento alimenticio de las familias rurales de los Andes. Es conocido por su alto contenido de vitamina C, que es mayor al de los cítricos. Por otro lado, es fuente importante de vitamina A y B. (MATILL HA.1947).

2.4.2 Fibra Dietética

A partir de 1953 surgió el concepto de Fibra Dietética (FD) el cuál ha sido discutido y desarrollado por varios investigadores de acuerdo a los fines con que se estudian sus componentes y con base en la naturaleza del material empleado (SAURA, C. y GARCÍA A. 2001), originándose dicho término de acuerdo a la metrología utilizada para su cuantificación. Hasta antes de 1970 prevaleció el término fibra bruta o fibra cruda, refiriéndose al residuo libre de cenizas que queda después del tratamiento en caliente con ácido clorhídrico, celulosa y lignina. Este residuo así determinado es menos al de la FD debido a que no se consideran otros componentes como polisacáridos resistentes a la digestión, gomas, celulosa modificada, mucílagos y pectinas (DE VRIES et al., 1999).

Actualmente existen diversas formas de evaluar el contenido de FD, sin embargo la mayoría se basa en el método enzimático-gravimétrico de Prosky quien, en 1979, junto con otros investigadores, desarrolló un método para su cuantificación que se apega al concepto que varios investigadores habían manejado, definiendo a la FD como el conjunto de constituyentes celulares resistentes a las enzimas digestivas humanas, incluyendo compuestos como gomas, celulosa modificada, mucílagos, oligosacáridos y pectinas (SAURA-C., y GARCÍA, A., 2001)

En 1999 la Association of Analytical Cereal Chemists [AACC] definió a la FD como el remanente de la parte comestible de las plantas y carbohidratos análogos resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, como completa o parcial fermentación en el intestino grueso; constituida por polisacáridos, lignina y sustancias asociadas; con algún efecto laxante, disminución del colesterol sanguíneo o atenuación de la glucosa en sangre (A. A. C. C., 2001).

En ese mismo año la Association of Analytical Chemists [AOAC] la definió como el remanente comestible de células vegetales, polisacáridos, lignina y sustancias resistentes a las enzimas digestivas humanas, incluyendo macronutrientes como celulosa, hemicelulosa, lignina, gomas, celulosa modificada, mucílagos, oligosacáridos, pectinas y sustancias minoritarias como ceras, cutina y suberina (DE VRIES, et al., 1999).

La FD está formada por una mezcla heterogénea de sustancias que por sus propiedades físicas y el efecto que cumplen en el organismo se clasificaron como Fibra Dietética Soluble (FDS) y Fibra Dietética Insoluble (FDI) (GORINSTEIN et al., 2001), referida dicha solubilidad a las fibras que se dispersan en el agua. Secreciones de las plantas como pectinas y gomas, constituyentes como mucílagos y agentes quelantes como los fitatos forman parte de las FDS; mientras que la celulosa, el almidón resistente, compuestos fenólicos como los taninos y estructuras lipídicas como las ceras, suberinas y cutinas constituyen la FDI.

También la FDI puede clasificarse con base en sus constituyentes (Cuadro 1). Polisacáridos no almidonosos como celulosa, hemicelulosa y polisacáridos no estructurales como pectinas, gomas y mucílagos forman parte de los Polisacáridos Libres de Almidón y Oligosacáridos Resistentes. Elementos como dextrinas indigestibles, metilcelulosa y almidón resistente se consideran Carbohidratos Análogos. Finalmente, compuestos no polisacáridos como ceras, cutina, suberina, ácido fólico y taninos se incluyen como Sustancias Asociadas al Complejo de polisacáridos no almidonosos y lignina, pues se encuentran enlazados a estas estructuras en la planta. Con excepción de los carbohidratos análogos todos estos compuestos se encuentran asociados a las células vegetales y debido a que su pared celular varía en composición de acuerdo al tipo de célula y de planta, la composición de la FD es a su vez variable (DREHER, 1987).

Cuadro 1. Clasificación de la FD con sus constituyentes.

Clasificación	Constituyentes	
	FDS	FDI
Polisacáridos no almidonosos y Oligosacáridos Resistentes	Hemicelulosa (Arabinoxilanos y Arabinogalactanos) Polifruktosas Inulina Oligofruktanos Galacto-oligosacáridos Pectinas Gomas Mucilagos	Celulosa Arabinoxilanos y Arabinogalactanos
Carbohidratos Análogos		Almidón resistente Dextrinas Indigestibles Maltodextrinas y Dextrinas Polidextrosa Metilcelulosa Hidroxipropilcelulosa
Sustancias asociadas al complejo de polisacáridos no almidonosos y Lignina	Fitatos Saponinas	Ceras Cutina Suberina Lignina Ácido Fítico Taninos

Fuente: Sánchez. 2005

A partir del descubrimiento de la FD y sus beneficios en la salud humana, las investigaciones relacionadas con sus propiedades han aumentado al igual que la búsqueda de nuevas fuentes para su obtención.

En los años 80 se utilizaba como recurso de FD a los cereales, siendo el salvado de trigo (LAIRON, 1987) y las cascarillas de arroz, maíz y sorgo (NYMAN et al., 1983; Ranhota et al., 1990; Reyes et al., 1998) los mayores empleados. Más adelante, con la búsqueda de nuevas fuentes, se encontró que las hojuelas de avena y las leguminosas presentaban mayor contenido de FD y de mejor calidad (SAURA, C. et al., 2002).

Actualmente se ha encontrado que las frutas y vegetales (RUALES y ZUMBA, 1998; HERNÁNDEZ, U. y GALLARDO, N. 1998; RAMULU Y RAO, 2003; YOON et al., 2005) poseen además de un mayor contenido de FD que las fuentes anteriormente mencionadas, una mejor proporción

de FDS e FDI, logrando obtener una relación balanceada en ambas fracciones.

Esto aumenta su interés como fuente de FD debido a las propiedades fisiológicas y funcionales que pueden tener en el organismo humano y en los sistemas alimenticios en que se incorporen (FIGUEROLA et al., 2005).

Una característica importante de la FD, es su capacidad de ligar compuestos iónicos. Fitatos, compuestos fenólicos, ácidos urónicos y pectinas, pueden formar complejos con minerales como el Ca (II), Mg (II) y Fe (II), reduciendo la absorción intestinal de estos micronutrientes importantes en procesos como la calcificación de los huesos, el crecimiento, el metabolismo y la acción hormonal (TORRE et al., 1991; SAURA, C. et al., 1995); por lo que la ingesta de la FD debe ser planeada de acuerdo a las necesidades de cada individuo.

La FD juega un papel importante en la alimentación humana, de aquí que sea recomendada una ingesta diaria de 20-35 g (Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán [INNSZ], 1990) de fibra, preferentemente de buena calidad, es decir, que cuente con un buen balance de FDS / FDI, como mínimo 30% de FDS y 70% de FDI; considerándose como excelentes fuentes aquellas que tienen una proporción 50/50 (MARTIN, B. et al., 1999; SAURA, C. et al., 2002), esto con el objetivo de beneficiarse con las propiedades de ambas fracciones de fibra para obtener la calidad buscada.

2.4.3 Antioxidantes

Los antioxidantes son moléculas capaces de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. La oxidación es una reacción de transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante. Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que comienza

reacciones en cadena que dañan las células MATILL, H. A. (1947). Esto se produce debido a que los radicales libres son átomos o grupos de átomos que tienen un electrón desapareado con capacidad de aparearse, por lo que son muy reactivos, por lo tanto, recorren nuestro organismo intentando robar un electrón de moléculas estables con el fin de alcanzar su estabilidad electroquímica y lograr su función específica en la célula.

La vida biológica del radical libre es de microsegundos, pero tiene la capacidad de reaccionar con todo lo que esté a su alrededor provocando un estrés oxidativo que puede conducir a diversas enfermedades, tales como envejecimiento, problemas del sistema cardiovascular (arterosclerosis), problemas en el sistema nervioso, daño genético (mutaciones y cánceres), (LAMPE, J. W. 1999; WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1990).

Ante el estrés oxidativo el organismo responde con la defensa antioxidante, pero en determinadas ocasiones puede ser insuficiente, desencadenando diferentes procesos fisiológicos y fisiopatológicos. En la actualidad son muchos los procesos relacionados con la producción de radicales libres como son: mutagénesis, transformación celular, cáncer, arteriosclerosis, infarto de miocardio, diabetes, enfermedades inflamatorias, trastornos del sistema nervioso central, envejecimiento celular, etc. (RICE-EVANS et al., 1995; HALLIWELL, 1996).

Los sistemas biológicos en ambientes oxigenados han desarrollado mecanismos de defensa, tanto a nivel fisiológico como bioquímico. Entre ellos destacan, a nivel fisiológico, el sistema microvascular, cuya función es mantener los niveles de O_2 en los tejidos y a nivel bioquímico.

Características de los antioxidantes

Las principales características de un compuesto o sistema antioxidante son, la prevención o detección de una cadena de propagación oxidativa, mediante la estabilización del radical generado y la regeneración del antioxidante radicalario ayudando así a reducir el daño oxidativo en el cuerpo humano (NAMIKI, 1990).

GORDON (1990) da una clasificación de los antioxidantes, mencionando que; hay dos tipos principales de antioxidantes, el "primario" (ruptura de la reacción en cadena, secuestradores de radicales libres) y el "secundario" o "preventivo". Los mecanismos antioxidantes "secundarios" pueden incluir la desactivación de metales, inhibición de los hidroperóxidos lipídicos interrumpiendo la producción de volátiles indeseables, la regeneración de antioxidantes "primarios", eliminar el oxígeno singulete, etc.

Por lo anterior se puede definir como antioxidantes en el ámbito de los alimentos como "aquellas sustancias que, en bajas cantidades, actúan previniendo o retardando grandemente la oxidación de materiales fácilmente oxidables tales como las grasas" (CHIPAULT, 1962).

Antioxidantes en alimentos

En el organismo se produce un equilibrio entre oxidantes/antioxidantes, cuando este equilibrio se rompe a favor de los oxidantes se produce un estrés oxidativo el cual está implicado en muchos procesos fisiopatológicos. Por tanto, es de vital importancia el consumo de alimentos que contengan antioxidantes naturales y de esta manera se pueda mantener el equilibrio entre oxidantes/antioxidantes o incluso esté a favor de los antioxidantes. Además, si tenemos en cuenta que durante la vida se produce un equilibrio entre oxidantes y antioxidantes, y a

medida que el individuo envejece dicho balance está a favor de los oxidantes, es de vital importancia un consumo de alimentos ricos en antioxidantes naturales para contrarrestarlos (Cao et al., 1998; Young et al., 1999).

En los últimos años ha cobrado especial interés, el estudio de la actividad biológica de los polifenoles y en especial la evaluación de la CA asociada a ellos. Se ha comprobado también su capacidad para actuar como donadores de hidrógenos o quelar iones metálicos como el hierro y el cobre, inhibiendo la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), las cuales están implicadas en la patogénesis de las enfermedades coronarias (HERTOGM et al., 1993).

Fuentes naturales de los antioxidantes

Las plantas como fuentes de antioxidantes se pueden utilizar para la preservación del valor nutritivo previniendo el deterioro oxidativo de lípidos y para propósitos medicinales. La mayor parte de la CA de los vegetales puede ser debida a los polifenoles que poseen características biológicas extensas y particularmente, a su propiedad de secuestro de radicales libres (AQUINO et al., 2001).

Diversos estudios llevados a cabo en los últimos años, han puesto de manifiesto la CA de algunos compuestos fenólicos presentes en distintas bebidas y frutas (zumos de fruta, vino, té, tomate, naranja y pomelo). Esta propiedad se asocia a su capacidad de capturar radicales libres, que hace que presenten un efecto positivo frente a distintas perturbaciones de la calidad de los alimentos y de la salud. En este último sentido, son numerosos los trabajos que muestran su efecto protector frente a determinadas enfermedades como alteraciones cardiovasculares y cancerígenas (LINDLEY, 1998; PAPAS, 1999).

2.4.4 Método para evaluar la capacidad antioxidante

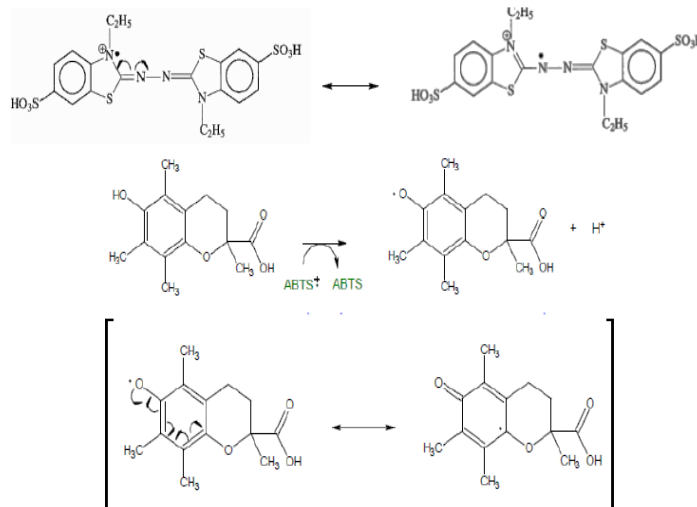
La CA de un compuesto puede evaluarse in vitro por medio de experimentos sencillos que examinan directamente dicha habilidad y que a la vez evalúan el posible efecto pro - oxidante sobre diferentes moléculas. Estos métodos deben ser rápidos, reproducibles y requerir cantidades pequeñas de los compuestos químicos por analizar, además de no estar influenciados por las propiedades físicas de dichos compuestos (MARCO, 1968).

Debido a que muchos factores pueden afectar la oxidación, incluyendo la temperatura, la presión de oxígeno y catalizadores metálicos, los resultados pueden variar dependiendo de las condiciones de oxidación empleadas. (FUKUMOTOL Y MAZZA, 2000).

- **Método del radical ABTS**

Inicialmente el ABTS es oxidado por medio del persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$) para formar el catión radical $ABTS^{\bullet+}$ que es cuantificable a una longitud de onda de 734 nm. El $ABTS^{\bullet+}$ es un catión radical estable debido a su capacidad de deslocalizar el electrón desapareado entre los átomos de nitrógeno de su estructura. De esta manera, el $ABTS^{\bullet+}$ puede reaccionar con el compuesto antioxidante (empleando el reactivo Trolox como antioxidante estándar), ocasionando la formación del ABTS (incoloro) y la oxidación del compuesto antioxidante. Entre mayor es la CA del compuesto, mayor es la decoloración generada sobre el $ABTS^{\bullet+}$ debido a que se cuantifica la decoloración del cromóforo $ABTS^{\bullet+}$ ocasionada por el proceso de reducción. (OSMAN, A.; WONG, K.; FERNYHOUGH, A. 2006).

Gráfico 3. Mecanismo de acción del radical ABTS.



Fuente: www.qnint.s bq.org.br

Mecanismo de estabilización del catión radical ABTS•+ (arriba), reacción del catión radical ABTS•+ con el trólox (centro) y mecanismo de estabilización del radical formado en el trólox (abajo).

2.5 HIPÓTESIS

- **Hipótesis Nula (H₀):** La capacidad antioxidante de la fibra dietética total no depende del tipo de cultivo ancestral andino.
- **Hipótesis Alternativa (H_i):** La capacidad antioxidante de la fibra dietética total depende del tipo de cultivo ancestral andino.

2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

- **Variable Independiente:** Tipos de cultivos ancestrales andinos.
- **Variable Dependiente:** Capacidad antioxidante de la fibra dietética total.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

Se han reportado resultados de capacidad antioxidante en frutas y vegetales frescos, jugos, vinos, etc., pero no existe mucha bibliografía sobre capacidad antioxidante en fibra dietética total extraída de cultivos ancestrales andinos; tampoco de las aplicaciones industriales de la fibra en productos alimenticios.

Su enfoque es sustancialmente cuantitativo, porque se obtendrán resultados medibles susceptibles de ser analizados estadísticamente. Por otro lado, tendrá también enfoque cualitativo ya que necesariamente se requiere de investigación bibliográfica.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tiene una modalidad principalmente **bibliográfica**, ya que se compila varias investigaciones para desarrollar los métodos, obtener información, comparar resultados, etc.; **de campo**, seleccionando los cultivos ancestrales andinos que van a ser analizados; **experimental**, la capacidad antioxidante de la fibra dietética total extraída de cultivos ancestrales andinos se evaluará en laboratorio, según las variables anteriormente mencionadas, efectuado en el Laboratorio de Físico – Química y Análisis Instrumental, y en el Laboratorio de Análisis y Control de Alimentos (LACONAL), de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, de la Universidad Técnica de Ambato.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Ésta investigación busca el porqué de los acontecimientos, determinando tanto las causas como los efectos de una variable y su relación entre ellas, mediante la prueba de hipótesis y la comprobación de las mismas, obteniendo resultados, que son analizados y constituyendo un nivel profundo de conocimientos, por lo tanto, ésta investigación es **Explicativa**.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Las muestras de los diferentes cultivos ancestrales andinos serán recolectadas de forma directa de los pequeños agricultores de cultivos andinos, en el Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua, en forma aleatoria, pues no se sigue una patrón para recolección de las mismas, y debido a que en la metodología a aplicar se necesita pequeñas cantidades de cada uno de los diferentes cultivos ancestrales andinos, esto conlleva a no contar con una Población N.

3.4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

La investigación enfatiza la evaluación de la capacidad antioxidante de fibra dietética total extraída de cultivos ancestrales andinos, para su empleo como aditivo funcional en la industria de alimentos. Se aplicará un prueba de comparación t-student al estado de materia prima (fresco y concentrado) para determinar si existe diferencia significativa en éstos tratamientos y posteriormente analizar los cultivos con mayor capacidad antioxidante y fibra dietética total con un diseño experimental de un solo factor totalmente aleatorizado, para la verificación de las hipótesis planteadas.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1. Operacionalización de la variable independiente.

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems básicos	Técnica e Instrumentos
Los cultivos ancestrales andinos brindan un alto valor nutricional, además de poseer propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, que permiten mejorar la calidad de vida de las personas, mediante una ingesta de alimentos saludables.	-Valor nutricional.	-Macro y micro elementos.	-¿La cantidad de macro y micro elementos afectan el valor nutricional de los cultivos ancestrales andinos?	-Análisis bromatológico.
	-Propiedades antioxidantes.	-Formación de radicales libres.	-¿El consumo de alimentos con propiedades antioxidantes previene la formación de radicales libres?	-Determinación de capacidad antioxidante.
	-Calidad de vida.	-Salud de una persona.	-¿La salud de una persona depende de su calidad de vida?	-Encuestas.

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente.

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems básicos	Técnica e Instrumentos
La fibra dietética total con capacidad antioxidante mejora y regula la digestión de alimentos en nuestro organismo, evitando la formación de radicales libres que son perjudiciales para la salud.	-Fibra dietética total.	-gramos de FDT / 100 gramos de muestra.	-¿La cantidad de fibra dietética total influye en la capacidad antioxidante de los cultivos ancestrales andinos?	-Método Oficial AOAC 985.29. FDT en alimentos. Método enzimático – gravimétrico.
	-Capacidad antioxidante.	-micro moles de trolox / gramo de muestra.	-¿Por qué es importante que un alimento tenga capacidad antioxidante?	-Método espectrofotométrico con el radical libre ABTS.
	-Radicales libres.	-mili - equivalente de oxígeno / Kilogramo de muestra.	-Cuál es el efecto de consumir alimentos con altos índices de radicales libres.	-Método de Análisis del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Apéndice N°06.

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla 3. Factores y niveles para determinación de la capacidad antioxidante en fibra dietética total.

TIPO DE CULTIVO	FACTORES	NIVELES
Sangorache	Factor A: Parte de la materia prima a analizar.	a₀: Estado fresco a₁: Concentrado de FDT.
Babaco		
Capulí		
Mora		
Mortiño		
Pepino dulce		
Taxo		
Tomate de árbol		
Tuna		
Uvilla		

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.7.1 Manejo específico del ensayo

Muestreo de los cultivos ancestrales andinos

Se recolectaron muestras de cultivos ancestrales andinos en el Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, los cuáles servirán para los análisis respectivos.

Extracción del concentrado de fibra dietética total de los cultivos ancestrales andinos

El concentrado de fibra dietética total se obtiene según el método reportado por (BORCHANI, C., et al. 2011) con algunas modificaciones, partiendo de cultivos ancestrales andinos en estado fresco previamente mantenidos en agua caliente a 50°C en una proporción de 1:6 (p/v, cultivo

fresco: agua), durante 15 minutos; la mezcla obtenido es filtrada con una tela fina de algodón de 0,318 mm de tamaño de poro, para separar los residuos insolubles. Estas operaciones de filtración y extracción son repetidas 7 veces hasta la obtención de una pasta exenta de azúcares simples. La pasta obtenida es secada a 40°C por 48 horas en una estufa al vacío (HASUC, Shangai) a una presión de vacío de 150 mm de Hg.

Determinación de fibra dietética total

Someter a un proceso enzimático. Referencias AOAC, "Official Methods of Analysis", 18 th Edition, MÉTODO OFICIAL AOAC 985.29. Fibra dietética total en alimentos. Método Enzimático – Gravimétrico.

Determinación del contenido de proteína para el análisis de fibra dietética total

Someter a un digestor a 420 °C por 60 min, la muestra con papel libre de nitrógeno. Referencias AOAC, "Official Methods of Analysis", 18 th Edition, MÉTODO OFICIAL AOAC 2001.11. Proteína (cruda) en Alimentos para animales, Forraje (Tejidos vegetales, Granos y Semillas aceitosas. Método del Block de Digestión usando cobre como catalizar y Destilación por Vapor de ácido bórico.

Extracción de compuestos bioactivos

Se pesó 1.5 g de la muestra a analizar (fruta fresca, concentrado de fibra dietética total), se le añade 30 ml de metanol / agua (50:50) a pH 2.0 acidificado con ácido clorhídrico, posteriormente se procede a licuar durante 1 minuto, con una potencia de 600 watt a 29000 rpm. A continuación se lleva a centrifugación por 15 minutos a 5000 rpm. Se separa el sobrenadante y el residuo se lo somete a una segunda extracción con acetona / agua (70:30), repitiéndose el licuado y la

centrifugación. Posteriormente estos sobrenadantes se mezclan y se los lleva a un baño termostático a 50°C para precipitar otros componentes, se almacenan en congelación a -12°C hasta realizar los análisis de capacidad antioxidante. (CALIXTO, S. FULGENCIO, D. JIMÉNEZ, A. 2003).

Determinación de la capacidad antioxidante

La medición de capacidad antioxidante se evaluó por triplicado con cinco observaciones, por el método ABTS que se basa en la decoloración del catión radical ABTS•+

Se preparó una curva de calibración con Trolox, que es el estándar internacional para capacidad antioxidante, para lo cual primero se partió de una solución patrón de Trolox a 5000 µM, pesando 0,125 g de reactivo Trolox y se aforó a 100 ml con etanol al 96%. De la cual se tomaron alícuotas de (0, 3, 5, 10, 15, 20) ml, y se aforó a 25ml con una concentración para la curva de calibración de (0, 600, 1000, 2000, 3000, 4000) µM, respectivamente.

Se prepararon 250 ml de reactivo ABTS disolviendo 10 mg de reactivo ABTS, 1 tableta de buffer citrato fosfato pH 5.0 del kit de análisis de la capacidad antioxidante (sigma aldrich) y 4.3×10^{-3} g de persulfato de potasio en agua destilada.

Se tomaron 1000 µL del reactivo catión radical ABTS•+ y se lo colocó en cada una de las cubetas, posteriormente se añade 10 µL del extracto, posteriormente se homogenizó y se realizó la medición del valor de absorbancia a una longitud de onda de 734nm. Los resultados se expresan en µmol Trolox / g muestra

Procesamiento y análisis

Los datos obtenidos en base a la metodología detallada anteriormente se revisará detenidamente, de una forma crítica para descartar información no válida, para posteriormente realizar un análisis estadístico de comparación t-student e identificar si hay diferencia significativa a un intervalo de confianza del 95% entre el estado de la materia prima (fresco y concentrado) para posteriormente aplicar un diseño experimental de un solo factor totalmente aleatorizado con el Paquete Estadístico InfoStat donde se determinará los cultivos con mayor capacidad antioxidante y fibra dietética total.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Fibra dietética total

El contenido de fibra dietética total de los cultivos ancestrales andinos está expresado en g de FDT por cada 100 g de muestra, que se indica en la Tabla 4 para el estado fresco y en la Tabla 5 para el concentrado de fibra dietética total.

Tabla 4. Contenido de FDT en estado fresco de los CAA.

Cultivo Ancestral Andino	(\pmSD) g de FDT / 100 g de muestra
Capulí	1,586 \pm 0,142
Taxo	0,373 \pm 0,076
Tomate Completo	4,653 \pm 0,285
Uvilla	3,548 \pm 0,251
Babaco	0,577 \pm 0,072
Pepino Dulce	0,805 \pm 0,044
Mora	5,319 \pm 0,141
Mortiño	5,768 \pm 0,257
Tuna	3,683 \pm 0,363
Sangorache	16,538 \pm 0,370

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

\pm SD: Desviación Estándar

FDT: Fibra Dietética Total

Tabla 5. Contenido de FDT de los concentrados de FDT de los CAA.

Cultivo Ancestral Andino	(\pmSD) g de FDT / 100 g de muestra
Capulí	52,101 \pm 2,08
Taxo	79,816 \pm 3,47
Tomate Completo	67,409 \pm 3,57
Uvilla	74,223 \pm 2,61
Babaco	62,173 \pm 2,15
Pepino Dulce	75,201 \pm 1,98
Mora	69,958 \pm 2,19
Mortiño	72,082 \pm 1,93
Tuna	79,522 \pm 2,50
Sangorache	62,740 \pm 2,53

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

\pm SD: Desviación Estándar

FDT: Fibra Dietética Total

Los resultados del contenido de fibra dietética total de las muestras analizadas muestran diferencias significativas ($\alpha=0.05$), mostrando que el método de obtención de concentrado de fibra dietética total es válido para el propósito requerido, independientemente de la capacidad antioxidante que cada una de las muestras presenten; para lo cual el concentrado de fibra dietética total es el mejor tratamiento para los posteriores análisis.

El contenido de fibra dietética total en el concentrado de fibra dietética total de los cultivos ancestrales andinos, oscilan entre 52,1 a 79,82 g de FDT por cada 100 g de muestra.

El taxo, la tuna y la uvilla presentan un alto contenido de fibra dietética total debido a que en su tratamiento de obtención del concentrado de fibra dietética total se trabajó con la pulpa y semillas, teniendo valores entre 79,82 y 74,22 g de FDT por cada 100 g de muestra. Estos cultivos se los

podría utilizar como base para la formulación de alimentos con un alto contenido de fibra dietética total.

El mortiño, la mora y el tomate de árbol tienen un contenido de fibra dietética total intermedio, que oscilan en valores de 72,08 a 67,41 g de FDT por cada 100 g de muestra; en la obtención del concentrado de fibra dietética total no influyó considerablemente en la pérdida de color característico de cada cultivo, por lo que pueden ser usados como aditivos para aportar color al alimento.

Las especies que tuvieron los valores más bajos de fibra dietética total entre 62,74 y 52,1 g de FDT por cada 100 g de muestra, fueron el sangorache, el babaco y el capulí.

Se concentró en 50 veces más el contenido de fibra dietética total en relación a los cultivos ancestrales andinos en estado fresco, indicándonos que se pueden obtener aditivos con un alto contenido de fibra dietética total, impulsando el desarrollo de la producción agrícola de los cultivos antes mencionados.

4.2 Capacidad antioxidante

El contenido de capacidad antioxidante de los cultivos ancestrales andinos expresado en μM de Trolox / g de muestra se indica en la Tabla 8 para el estado fresco y en la Tabla 9 para el concentrado de fibra dietética total.

Tabla 6. Contenido de CA de los CAA en estado fresco.

Cultivo Ancestral Andino	(\pmSD) μM de Trolox / g de muestra
Capulí	601,489 \pm 57,579
Taxo	800,303 \pm 32,793
Tomate Completo	165,137 \pm 13,681
Uvilla	60,376 \pm 11,692
Babaco	58,196 \pm 2,025
Pepino Dulce	137,038 \pm 2,014
Mora	711,582 \pm 12,262
Mortiño	767,372 \pm 27,230
Tuna	33,251 \pm 2,948
Sangorache	97,882 \pm 26,467

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

\pm SD: Desviación Estándar

Tabla 7. Contenido de CA de los concentrados de FDT de los CAA.

Cultivo Ancestral Andino	(\pmSD) μM de Trolox / g de muestra
Capulí	1218,444 \pm 35,763
Taxo	1878,444 \pm 32,451
Tomate Completo	349,556 \pm 1,111
Uvilla	119,556 \pm 9,341
Babaco	94,741 \pm 12,878
Pepino Dulce	385,648 \pm 0,746
Mora	1929,185 \pm 8,613
Mortiño	1470,389 \pm 27,226
Tuna	101,407 \pm 3,572
Sangorache	124,000 \pm 15,031

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

\pm SD: Desviación Estándar

El contenido de capacidad antioxidante es mayor en el concentrado de fibra dietética total de los cultivos ancestrales andinos, a un nivel de

significancia ($\alpha=0.05$), en relación al contenido de capacidad antioxidante en estado fresco, a excepción del sangorache, el cuál no presenta diferencia significativa en la respuesta experimental analizada, mediante un análisis cualitativo se escoge como mejor contenido de compuestos antioxidantes en el concentrado de fibra dietética total, esto debido a que la mayor capacidad antioxidante se encuentra en la pared celular de la fibra dietética del cultivo.

Las muestras (Tabla 11) están dispuestos del más bajo al más alto en el contenido de capacidad antioxidante, que oscilaron entre 94,74 a 1929,19 μM de Trolox / g de muestra.

Los concentrados con contenido de capacidad antioxidante más altos fueron la mora, el taxo, el mortiño y el capulí con valores de capacidad antioxidante entre 1929,19 y 1218,44 μM de Trolox / g de muestra. El pepino dulce, el tomate de árbol y el sangorache tienen un contenido de capacidad antioxidante entre 385,65 y 124,00 μM de Trolox / g de muestra. Los cultivos con una capacidad antioxidante baja son la uvilla, la tuna y el babaco con valores que oscilaron entre 119,56 y 94,74 μM de Trolox / g de muestra.

Los cultivos ancestrales andinos que presentan una pigmentación naranja – amarillo por la presencia de flavonoides, son los que presentan mayor contenido de capacidad antioxidante, seguido de los que presentan una pigmentación rojo-morado y rojo, debido a la presencia de antocianinas y licopeno respectivamente, mientras que los cultivos que presentan el menor contenido de capacidad antioxidante presentan una coloración amarilla por la presencia de xantofilas. (Ivonne, A. 2010)

Existen varios métodos de extracción de compuestos bioactivos, y de determinación de capacidad antioxidante, por lo que muy difícilmente se pueden comparar los datos obtenidos en ésta investigación con alguna

otra; Guerrero, A. (2012) reporta datos de contenido de capacidad antioxidante en cultivos ancestrales andinos deshidratados, que comparados con los valores de contenido de capacidad antioxidante en el concentrado de fibra dietética total de los cultivos ancestrales andinos, muestran relación, a diferencia del tomate de árbol que en el estado deshidratado muestra un contenido de 11433,720 μM de trolox / g de muestra y en el concentrado un valor de 349,556 μM de trolox / g de muestra, esta diferencia se le puede atribuir a errores de medición, los valores de comparación se muestra en la Tabla 12.

Tabla 8. Comparación de la CA.

Cultivo	CA [μM de Trolox / g de muestra]	
	Deshidratado	Concentrado de FDT
Capulí	314,950	1218,444
Taxo	1272,910	1878,444
Tomate Completo	11433,720	349,556
Uvilla	19,300	119,556
Babaco	30,670	94,741
Pepino Dulce	249,420	385,648
Mora	1346,460	1929,185
Mortiño	624,900	1470,389
Tuna	49,730	101,407
Sangorache	426,120	124,000

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

CA: Capacidad antioxidante

El 79% de los datos del contenido de capacidad antioxidante de los deshidratados y de los concentrados de fibra dietética total, tienen relación, sin tomar en cuenta al tomate de árbol. Lo que indica que el contenido de capacidad antioxidante no depende del método de utilización de los cultivos si no de la cantidad de fibra dietética total que cada uno de estos posee.

4.3 Rendimiento del concentrado de fibra dietética total.

Se partió de 1 Kg., de cultivo fresco para obtener el concentrado de fibra dietética total según el método mencionado con anterioridad, en la Tabla 13 se indica el rendimiento de cada uno de los cultivos en relación al peso obtenido del concentrado de fibra dietética total y al peso fresco de los cultivos ancestrales andinos empleados.

Tabla 9. Rendimiento del concentrado de fibra dietética total por cada cultivo ancestral andino.

Cultivo	Rendimiento (%)
Capulí	0,76
Taxo	8,21
Tomate Completo	5,10
Uvilla	4,76
Babaco	1,12
Pepino Dulce	1,03
Mora	5,44
Mortiño	5,77
Tuna	5,05
Sangorache	20,44

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Se recomienda que la humedad final del concentrado de fibra dietética total esté alrededor del $11 \pm 2 \%$, para evitar una posible degradación por contaminación.

Los rendimientos obtenidos son demasiado bajos, debido a que el producto obtenido tiene un bajo contenido de agua y que en el proceso de obtención del concentrado lo que más pierden son compuestos ajenos a la fibra dietética, en especial agua al momento de secado; el sangorache

presenta un rendimiento bastante alto, debido a que su estructura es fibrosa y lo que pierde en mayor cantidad es agua.

El contenido de fibra dietética total de los concentrados de fibra dietética total son altos en relación al contenido de fibra dietética total en estado fresco de los cultivos ancestrales andinos, por lo que no es un indicador fehaciente para escoger un cultivo que sirva de aditivo funcional en la industria de alimentos, es decir, el cultivo que se utilizaría como aditivo funcional para la elaboración de nuevos alimentos dependerá del mismo que tenga un contenido de capacidad antioxidante alta, por lo que los antioxidantes son moléculas de fácil degradación, en éste caso la mora presenta una capacidad antioxidante alta, además de aportar con un sabor exótico y color agradable al alimento en el que se lo vaya a incorporar.

4.4 Análisis económico

El análisis económico de la investigación se ejecutó en base a los costos en la determinación del contenido de fibra dietética total y capacidad antioxidante de cada uno de los diferentes cultivos ancestrales andinos y sus respectivos concentrados de fibra dietética total. (Ver anexo B).

4.5 Verificación de la hipótesis

Después de realizar el procesamiento, análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la determinación del contenido de fibra dietética total y capacidad antioxidante, se acepta la hipótesis alternativa (Hi), afirmando que el contenido de fibra dietética total y capacidad antioxidante tiene relación con el tipo del cultivo ancestral andino.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Los concentrados de fibra dietética total presentan mayor contenido de capacidad antioxidante con el método de radical libre ABTS, en relación con sus respectivos cultivos ancestrales andinos en estado fresco.
- La mora, el taxo y el mortiño poseen un alto contenido de capacidad antioxidante, por lo que podrían ser utilizados en la elaboración de aditivos funcionales en la industria de alimentos.
- Se encontró que los cultivos ancestrales andinos que presentan una pigmentación rojo – morado, naranja, rojo por la presencia de antocianinas, flavonoides, y licopeno, respectivamente, son los que presentan mayor contenido de capacidad antioxidante, mientras que los cultivos que presentan el menor contenido de capacidad antioxidante presentan una coloración amarilla por la presencia de xantofilas.
- El sangorache no presenta diferencia significativa en su estado fresco y en el concentrado de fibra dietética total, por lo que su mayor capacidad antioxidante no se encuentra en el colorante del cultivo, si no en las paredes celulares de la fibra dietética del mismo; el sangorache no es un cultivo tradicional, por lo que se puede fortalecer la industrialización del mismo para la obtención de un aditivo funcional dentro de la industria alimenticia.

- El contenido de fibra dietética total se evaluó utilizando el método enzimático – gravimétrico, es decir se cuantificó los gramos de fibra dietética total por cada 100 gramos de muestra, para las muestras frescas y sus respectivos de concentrados de fibra dietética total.
- Se señala que la capacidad antioxidante de un alimento se debe a la actividad antioxidante de sus diferentes compuestos bioactivos, entre los cuales tenemos a los compuestos fenólicos, por lo tanto, se puede decir que son los compuestos fenólicos los que aportan su mayor capacidad antioxidante, existiendo a su vez un efecto sinérgico entre los demás compuestos bioactivos que conforman el cultivo.
- Los concentrados que no tuvieron una alta capacidad antioxidante, no deben ser descartados para realizar otro tipo de estudios, ya que desde la perspectiva etnomédica en estado fresco éstos cultivos han demostrado tener propiedades curativas importantes, lo cual indica que su mecanismo de acción podría ser otro diferente al antioxidante.
- La capacidad antioxidante fue determinada por el método de radical libre ABTS, de los cultivos ancestrales andinos para su estado fresco y su respectivo concentrado de fibra dietética total, teniendo mayor capacidad antioxidante en el concentrado de fibra dietética total, debido a que los compuestos bioactivos con mayor capacidad antioxidante se encuentran en las paredes celulares de la fibra de los mismos.

5.2 Recomendaciones

- Revalorizar los cultivos ancestrales andinos fomentando la producción agrícola de estos cultivos ya que presentan un alto contenido de capacidad antioxidante.
- Desarrollar formulaciones de alimentos nutritivos que incorporen fibra dietética total con capacidad antioxidante obtenida a partir de cultivos ancestrales andinos fomentando la soberanía alimentaria.
- Desarrollar métodos para medir antioxidantes solubles e insolubles en agua, así como, el estudio de enzimas responsables de la capacidad antioxidante.
- Determinar el contenido de la capacidad antioxidante en alimentos procesados a partir de cultivos ancestrales andinos.
- Los cultivos ancestrales andinos aquí estudiados son una fuente económica de antioxidantes (polifenoles y flavonoides), un papel importante en la prevención de enfermedades relacionadas con la generación de radicales libres, por lo que se recomienda incluir información sobre el contenido de la capacidad antioxidante de los alimentos en Tablas de Composición de Alimentos.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Datos informativos

- **Título:** Elaboración de barras energéticas a partir de concentrado de fibra dietética total de mora.
- **Institución ejecutora:** Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- **Beneficiarios:** Consumidor final
- **Ubicación:** Ambato - Ecuador
- **Tiempo estimado para la ejecución:** 4 meses
Inicio: Mayo del 2013 **Final:** Agosto del 2013
- **Equipo técnico responsable:** Egdo. Luis Zambrano, Ing. Diego Salazar.
- **Costo:** \$ 1440.00

6.2 Antecedentes de la propuesta

La marginación de varios cultivos andinos se produce por el bajo prestigio social asociado a que son alimentos básicos de poblaciones pobres, a los laboriosos procesos que requiere su preparación, y al escaso rendimiento económico obtenido en una agricultura de tipo marginal (HERNÁNDEZ, J. y LEÓN, J. 1992).

Manuel Suquilanda en su “Manual Técnico de Producción orgánica de cultivos andinos”, para realizar un mejor análisis nutricional de los alimentos andinos los divide de la siguiente forma:

- Fuente de energía (carbohidratos): tubérculos y raíces: papa, oca, melloco, mashua, jícama.

- Fuente de proteínas, energía (grasa) y minerales: chocho, haba, fréjol, arveja.
- Fuente de proteínas, minerales y energía (carbohidratos): quinua, sangorache, maíz.
- Fuente de vitaminas y minerales: frutales andinos, tales como: tomate de árbol, capulí, babaco, uvilla, taxo, mora, tuna, mortiño, pepino dulce, etc. y cucurbitáceas: zapallos y zambos.

Con una base de dato sobre la capacidad antioxidante de la fibra dietética total extraída de cultivos ancestrales andinos (sangorache, babaco, capulí, mora, mortiño, pepino dulce, taxo, tomate de árbol, tuna y uvilla), incentivaré a la producción de éstos cultivos, por parte de los pequeños agricultores, así también, incrementar la elaboración de productos alimenticios con fibra dietética total con capacidad antioxidante, aumentando la ingesta de productos nutricionales, sanos y naturales, para disminuir el padecimiento de enfermedades crónicas degenerativas, por efecto de los radicales libres.

Se trabajó con el objetivo de obtener un concentrado de fibra dietética total con capacidad antioxidante de cultivos ancestrales andinos, para su utilización como ingrediente funcional en la formulación de una barra energética rica en antioxidantes, con un alto contenido de fibra, baja en grasas y azúcares. Por ello, la propuesta de este trabajo la elaboración de una barra energética a partir de concentrado de fibra dietética total de mora.

6.3 Justificación

Los cultivos andinos tienen una gran importancia económica, social, ecológica, nutricional y funcional en nuestro país y en el resto de países atravesados por la cordillera de los Andes. Si bien los cultivos andinos han sido tradicionalmente consumidos en las áreas rurales, también

pueden formar parte de los hábitos alimenticios de los pobladores urbanos, entre otras cosas porque además de su amplia gama de posibilidades culinarias, ofertan proteína relativamente barata si se la compara con la de origen animal. (PERALTA, E. et al. 2006).

En los últimos años, las barras energéticas a base de cereales son uno de los productos de mayor aceptación en diferentes grupos de edades. Existen barras altas en proteína diseñadas para atletas o deportistas de alto rendimiento, también están las barras altas en fibra recomendadas para evitar el estreñimiento y reducir o moderar los niveles de colesterol y triglicéridos en adultos.

Esta importante tendencia que se observa en los hábitos de consumo de BE, no ha sido explotada en toda su magnitud, por lo tanto el proyecto puede brindar oportunidad de revalorizar los cultivos ancestrales andinos, aprovechar las propiedades nutricionales que brindan éstos cultivos, generar fuentes de trabajo, innovar alimentos derivados.

En efecto, a través de técnicas de transformación y obtención de productos, se aprovecha mejor la riqueza de los cultivos ancestrales andinos como fuente de carbohidratos, fibra dietética total, entre otros, propios para el desempeño funcional del ser humano.

6.4 Objetivos

Objetivo General:

- Elaborar barras energéticas a partir del concentrado de fibra dietética total de mora.

Objetivos Específicos:

- Efectuar los análisis económicos de la producción de concentrado de fibra dietética total de mora.
- Brindar nuevas oportunidades de trabajo para los agricultores de cultivos ancestrales andinos.
- Proponer la implementación de ésta tecnología, a las empresas productoras de alimentos como una alternativa de industrialización de los cultivos ancestrales andinos.

6.5 Análisis de factibilidad

Para implantar la tecnología de elaboración de barras energéticas es preciso realizar un estudio de factibilidad que incorpora la nueva metodología, la cual nos permite revalorizar los cultivos ancestrales andinos y ofrecer una nueva alternativa de un producto nutritivo en fibra.

Si bien el costo de las barras de 15 g es alrededor de \$ 0,47, la producción masiva puede bajarlo sustancialmente por la economía a escala. En consecuencia, el producto podría competir en el mercado porque el precio de las barras comerciales están alrededor de \$ 0,88.

6.6 Fundamentación

Los cultivos ancestrales tienen una gran importancia económica, social, ecológica, nutricional, funcional en nuestro país y en el resto de países atravesados por la cordillera de los Andes (Barrera, V. et al.2004).

Los cultivos ancestrales han sido tradicionalmente consumidos en las áreas rurales, sin embargo, forman también parte de los hábitos alimenticios de los pobladores urbanos (Peralta, E.et al. 2006).

Las barras de cereales están compuestas típicamente de avena, trigo entero o combinaciones de varios cereales, miel, aceite (maíz, soya o palma), suero deslactosado y saborizante (Anónimo, 1980). También se usan cereales expandidos con masas azucaradas que favorecen al ligamento de las partículas. En general las barras de cereales de 15 – 30 g proporcionan entre 110 y 154 Kcal, (Kodak, 1987).

6.7 Descripción del proceso de elaboración de barras energéticas.

Materia prima: Concentrado de fibra dietética total de mora, hojuelas de avena, maní y nueces trituradas, coco rallado, panela, miel de maíz, azúcar.

Recepción: Se selecciona la materia prima que interviene en el proceso de elaboración de las barras energéticas.

Pesado: Se pesa cada uno de los ingredientes según la siguiente formulación:

Tabla 10. Formulación de la barra energética

Componente	%	Peso (g)
Fibra	9,00	31.05
Avena	30,00	103.50
Maní	7,00	24.15
Coco	7,00	24.15
Nuez	7,00	24.15
Panela	10,00	34.50
Miel de Maíz	16,00	55.20
Azúcar	11,00	37.95
Agua	3,00	10.35
TOTAL	100,00	345.00

Elaborado por: Luis Zambrano

Dosificación: Se mezclan los carbohidratos (azúcar, panela, miel de maíz) con el agua.

Tostado: Se somete los productos secos (concentrado de fibra dietética total de mora, maní y nuez triturada, avena, coco rallado) a un tostado a fuego lento por 10 min, para mejorar el aroma y textura de los mismos. Con ello pretende obtener un producto final inocuo, libre de microorganismos patógenos para el ser humano, además, efectúa cambios en la cristalinidad de los almidones y proteína.

Mezclado: Previo al mezclado se calienta la mezcla de los carbohidratos con el agua, hasta su liquidación y se agrega los productos secos tostados, se agita por 5 min

Moldeado: Se coloca en los moldes para las barras y se deja enfriar por 15 min, para su posterior desmolde.

Empacado: Las barras energéticas se las empaca en fundas trilaminadas para su conservación.

6.8 Metodología. Modelo operativo

Para la elaboración las barras energéticas con 9% de sustitución de concentrado fibra dietética total, avena 30%, maní 7%, nuez 7%, coco rallado 7%, se rige por el procedimiento antes indicado.

Tabla 11. Modelo operativo (Plan de acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1° Formulación de la propuesta	Realizar un estudio de factibilidad de la producción del concentrado de FDT de mora, como ingrediente en la elaboración de BE	Revisión de antecedentes sobre la producción de concentrado de FDT de mora y BE	Investigador	Humanos, Técnicos, Económicos	\$ 360	1 mes
2° Desarrollo preliminar de la propuesta	Efectuar los análisis económicos de la producción del concentrado de FDT de mora y de las BE.	Capacidad de producción de concentrado de FDT y de BE	Investigador	Humanos, Técnicos, Económicos	\$ 360	1 mes
3° Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Aplicación de tecnología de producción de concentrado de FDT de mora y de BE	Investigador	Humanos, Técnicos, Económicos	\$ 360	1 mes
4° Evaluación de la propuesta	Verificación de los puntos de control en el proceso de la implementación de la línea concentrado de FDT de mora y de las BE.	Encuestas a consumidores	Investigador	Humanos, Técnicos, Económicos	\$ 360	1 mes

Elaborado por: Luis Zambrano.

6.8 Administración

La ejecución de la propuesta estará coordinada por los responsables del proyecto, Ing. Diego Salazar, y Egdo. Luis Zambrano.

Tabla 12. Administración de la propuesta

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsable
Implementar una tecnología para la elaboración de BE con FDT antioxidante	Utilización de concentrados de FDT a partir de otros CAA	Ofrecer BE con alto contenido de FDT con CA, aportando una alternativa de un producto rico en nutrientes que son buenos para la salud.	Elaborar BE con FDT con CA.	Investigador: Luis Zambrano

Elaborado por: Luis Zambrano.

6.9 Previsión de la evaluación

Tabla 13. Previsión de la Evaluación.

Preguntas básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Empresarios agroindustriales.
¿Por qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la inocuidad y calidad de los productos. • Corregir errores producidos en la desvalorización de CAA y elaboración de barras energéticas (BE).
¿Para qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar que tratamiento térmico y de envasado actúa de mejor manera.
¿Qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología utilizada. • Materia prima. • Resultados obtenidos. • Producto terminado.
¿Quién evalúa?	<ul style="list-style-type: none"> • Director del proyecto. • Tutor. • Calificadores.
¿Cuándo evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Todo el tiempo desde las pruebas preliminares, hasta la obtención del producto.
¿Cómo evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Mediante instrumentos de evaluación.
¿Con qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Experimentación. • Normas establecidas.

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

6.10 Estimación del costo de producción de BE

Tabla 14: Materiales directos e indirectos.

Materiales	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Concentrado de FDT de mora	Kg	0,031	14,93	0,46
Avena	Kg	0,104	1,92	0,20
Maní	Kg	0,024	10,00	0,24
Coco rallado	Kg	0,024	12,00	0,29
Nuez	Kg	0,024	10,00	0,24
Panela	Kg	0,035	2,08	0,07
Miel de maíz	L	0,055	2,53	0,14
Azúcar	Kg	0,038	1,30	0,05
			Total (\$)	1,69

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Tabla 15: Costos de los equipos requeridos en el proceso.

Equipo	Costo (\$)	Depreciación (Años)	Costo / Anual (\$)	Costo / Día (\$)	Costo / Hora (\$)	Tiempo utilizable (h)	Costo Total (\$)
Cocina	40,00	10,00	4,00	0,02	0,002	0,5	0,001
Paila	28,00	5,00	5,60	0,02	0,003	0,5	0,001
Balanza	50,00	5,00	10,00	0,04	0,005	0,3	0,002
Selladora	54,00	10,00	5,40	0,02	0,003	0,5	0,001
Mesa	20,00	5,00	4,00	0,02	0,002	0,5	0,001
Moldes	2,00	5,00	0,40	0,00	0,000	0,1	0,000
Utensilios	12,00	5,00	2,40	0,01	0,001	0,2	0,000
						Total (\$)	0,007

Nota: Características de los equipos: **Balanza:** Capacidad máximo 5 g. **Mesa:** Acero inoxidable 2,25 * 1,15 m, de 2 pisos, brillante de 1 mm. **Cocina:** Industrial de 4 hornillas. **Paila:** Acero inoxidable, capacidad máxima 5 Kg. **Selladora:** Para fundas con sólidos, área de sellado 400 x 4, marca Salpack 110 v. **Moldes:** 1 mm de ancho x 10 cm de largo. **Utensilios:** Cuchillos, cucharas, jarras.

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Tabla 16: Costos de los insumos básicos.

Servicios	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Gas	0,5	Kg	0,1	0,05
Electricidad	0,5	m ³	0,18	0,09
Agua	0,2	Kw - h	0,2	0,04
			Total (\$)	0,18

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Tabla 17: Personal.

Personal	Sueldo (\$)	Tiempo utilizable (h)	Costo / horas (\$)	Costo Total (\$)
1	318,00	2,6	1,99	5,17

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Tabla 18: Inversión estimada para la elaboración de BE.

Capital de Trabajo	Monto
Materiales directos e indirectos	1,69
Equipos requeridos	0,007
Insumos básicos	0,18
Personal	5,17
Total (\$)	7,06
Cantidad de empaque	15
Costo Unitario (\$)	0,47

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

BIBLIOGRAFÍA

- A. A. C. C. American Association of Cereal Chemist. 2001. Report of the definition of dietary fiber. *Cereal Foods World* 46(3), 112-124.
- AOAC, "Oficial Methods of Analysis", 18 th Edition, **MÉTODO OFICIAL AOAC 2001.11**. Proteína (cruda) en Alimentos para animales, Forraje (Tejidos vegetales, Granos y Semillas aceitosas. Método del Block de Digestión usando cobre como catalizar y Destilación por Vapor de ácido bórico.
- AOAC, "Oficial Methods of Analysis", 18 th Edition, **MÉTODO OFICIAL AOAC 985.29**. Fibra dietética total en alimentos. Método Enzimático – Gravimétrico.
- AQUINO R., MORELLI S., LAURO M.R., ABDO S., SAIJA A., TOMAINO A. 2001. Phenolic Constituents and Antioxidant Activity of an Extract of Anthurium versicolor Leaves. *J. Nat. Prod.* 64, 1019-1023.
- BARRERA, V. [et al]. 2004. Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Quito: INIAP - CIP. 176 p.
- BEST D. 1997. All natural and nutraceutical. *Prepared Foods*. 166, 32-38.
- BORCHANI C, BESBES S, MASMOUDI M, BLECKER C, PAQUOT M, ATTIA H. 2011. Effect of drying methods on physicochemical and antioxidant properties of date fibre concentrates. *Food Chem.*, 125: 1194-1201.
- CAO, G., BOOTH S.L., SADOWSKI J.A., PRIOR R.L. 1998. Increases in human plasma antioxidant capacity after consumption of controlled diets high in fruit and vegetables. *Am. J. Clin. Nutr.* 68, 1081.
- CHAPMAN & HALL .Functional Foods. Designer Foods, Pharmafoods, Nutraceuticals, Goldgerg, 1. (ed). New York, USA, 1994.

- CHIPAULT J.R. 1962. Antioxidants for food use. In Lunderberg WO. Autoxidation and antioxidants, Wiley, New York, 477-542.
- CHO S.S. & DREHER, M.L (eds). Handbook of Dietary Fiber. Marcel dekker, Inc, New York, USA, 2001.
- Código de la producción de la República del Ecuador. 2010
- Constitución de la República del Ecuador. 2008
- DE VRIES, J. W., L. PROSKY, B., Y S. CHO. (1999). A historical perspective on defining dietary fiber. *Cereal foods world*, 423-010, 367-369.
- DREHER, M. L. (1987). Handbook of dietary fiber. An applied approach. New York; NY: Marcel Dekker Inc.
- FIGUEROLA, F., HURTADO, M., ESTÉVEZ, A., CHIFFELLE, I., y ASENJO, F. (2005). Fibre concentrates from Apple pomace and citrus peel as potencial fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91, 395-401.
- FUKUMOTO L.R., MAZZA G. 2000. Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.* 48, 3597-3604.
- GONZALES, J. 1977. "Paradigmas en la Investigación". España. Vol. 2, Ed. Acribia. 29p.
- GORDON M.H. 1990. The mechanism of antioxidant action in vivo. *Food Antioxidants*, Elsevier, London, 1-18.
- GORINSTEIN, S., ZACHWIEJA, Z., FOLTA, M., BARTON, H., PIOTROWICZ, J., SEMBRÉ, M., WEISZ, M., TRAKHTENBERG, S. y MARTIN-BELLOSO, O. (2001). Comparative content of dietary fiber, total phenolics, and minerals in persimmons and apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 592-957.
- GUERRERO, A., RODRIGUEZ, R. (2012). Determinación del contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante en fibra dietética extraída de cultivos ancestrales andinos para su utilización como suplemento alimenticio. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato.

- HALLIWELL B. 1996. Antioxidants in human health and disease. *Ann. Rev. Nutr.* 16, 33-50.
- HERNANDEZ, J. Y LEON, J. Cultivos marginados [en línea]. Roma: FAO, 1992. <<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro09/home9.htm>> [Consulta: 2 de noviembre 2010].
- HERNANDEZ-UNZON, Y., y GALLARDO-NAVARRO, Y. (1998). Composición parcial de los polisacáridos de las fibras de chayote, brócoli y mamey. En *Temas de Tecnología de Alimentos*. Vol. 2. Fibra Dietética; editado por Lajolo, M. y E. Wwnzel. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México, 43-53.
- HERTOOG M.G.L., FESKENS E.J.M., HOLLMAN P.C.H., KATAN M.B., KROMHOUT D. 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease the Zutphen Elderly Study. *Lancet.* 342, 1007-1011.
- HOLLINGWORTH P. 1997. Mainstreaming healthy foods. *Food Technol.* 51, 55-58.
- INEC (2000), Censo de producción agrícola, Quito – Ecuador.
- INNSZ, Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zuribán. (1990). Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México.
- IVONNE, A. Caracterización química del color de diferentes variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.) Colombiana. 2010.
- JACOBSEN, E y SHERWOOD, S. Cultivo de granos andinos en Ecuador: Informe sobre los rubros quinua, chocho y sangorache. [en línea]. Lima: FAO, 2002. <<http://www.infoagro.net/shared/docs/a5/cproandinos4.PDF>> [Consulta: 2 de noviembre 2010].
- KODAK, T. (1987). “Food – Grade Antioxidatns”. Publicación N° ZG-.; Pp. 25.
- Kris-Etherton P.M., Hecker K.D., Bonanome A., Coval S.M., Binkoski A.E., Hilpert K.F., Griel A.E., Etherton (2002). Bioactive

compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer.

- LAIRON, D. (1987). Las fibras alimentarias. *Mundo Científico*, 102(10), 520-528).
- LAMPE, J. W. (1999). Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanisms of action in humana experimental studies. *Am J Clin Nutr.* 70:475S-490S.
- LINDLEY M.G. 1998. The impact of food processing on antioxidants in vegetable oils, fruits and vegetables. *Trends Food Sci. Technol.* 9, 336-340.
- MARCO G.J. 1968. A rapid method for evaluation of antioxidants. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 45, 594-598.
- MARTÍN-BELLOSO, O., GORINSTEIN, S., y GRIJELMO-MIGUEL, N. (1999). Characterization of peach dietary fibre concetrade as a food ingredient. *Food Chemistry*, 65, 175-181.
- MATILL HA (1947). Antioxidants. *Annu Rev Biochem* 16: 177–192.
- NAMIKI M. 1990. Antioxidants/antimutagens in food *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 29, 273-300.
- NYMAN, M., SILIJESTRÖM, M., PERDERSEN, K., BACHKNUDSEN, E., ASP, N.G., JOHANSSON C. J., y EGGUM, O. (1983). Dietary fiber content and composition in six cereals at different extraction rates. *Cereal Chemistry*, 61(1), 14-19.
- OSMAN, A.M.; WONG, K.K.; FERNYHOUGH, A. 2006. ABTS radical driven oxidation of polyphenols: isolation and structural elucidation of covalent adducts. *Biochemical and Biophysical Research Communications.* 346: 321-329.
- PAPAS A.M. 1999. Diet and antioxidant status. *Antioxidant status, diet, nutrition, and health.* Boca Raton, London, New York, Washington, DC: CRC Press.
- PERALTA, E. et al. 2006. “Importancia de los cultivos andinos”. *Revista Ecuador Tierra Incógnita.* Volumen #42. [en línea].

http://www.terraecuador.net/revista_42/42_importancia_cultivos_andinos.html [Consulta: 20 de Julio 2012].

- RAMULU, P., Y RAO, P. U. (2003). Total, insoluble and soluble fiber contents of Indian fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, 677-685.
- RANHOTA, G. S., GELROTH, J. A., Y ASTROTH, K. (1990). Total and soluble fiber in selected bakery and other cereal products. *Cereal Chemistry*, 67(5), 499-501.
- REYES, H. A., GARCIA, O. E., INFANTE, R. B., RIVERA, C. J., Y MORÓN, M.C. (1998). Estudio bioquímico de dos tipos de cereales (maíz y arroz) y productos derivados de su procesamiento. En *Temas de Tecnología de Alimentos. Vo. 2. Fibra Dietética*; editado por LAjolo, M. y E. Wenzel. Cytel. Instituto POLitécnico Nacional, México, 143-148.
- RICE-EVANS C., (1995). Free radicals and antioxidants in normal and pathological processes: In *Oxidative stress, lipoproteins and cardiovascular dysfunction*. Portland Press, London, 1-32
- RUALES, J., y ZUMBA, J. (1998). Cuantificación y caracterización de fibra dietética en frutas y hortalizas ecuatorianas. En *Temas de Tecnología de Alimentos. Vol. 2. Fibra dietética*; editado por LAjolo, M. y E. Wenzel. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México, 55-59.
- SÁNCHEZ, G. B. S. (2005). Caracterización Físico-Química y Funcional de la Fibra Dietética del Fruto del Nípero (*Eriobotrya japonica*) y de la cáscara de Mango Obo (*Mangifera indica L*). Tesis de Licenciatura para obtener el título de Ingeniero en Alimentos, Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca, México.
- SAURA CALIXTO, S. FULGENCIO, D. JIMÉNEZ, A. 2003. Fibra dietética antioxidante y concentrado de antioxidantes naturales de alga Fucus y sus procedimientos de obtención.
- SAURA, C. y GARCÍA, A. (2001). Metodología para el análisis de fibra y carbohidratos. En *Fibra Dietética en Inberoamérica*;

Tecnología y Salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Editado por Lajolo, M., F. Saura-Calixto, E. Witting y E. Wenzel. (pp. 17-25). Brasil: Editora Varela.

- SAURA-CALIXTO, F., CAMBRODÓN, G., ALBARRÁN, M., Y FERRER, P. R. (2002). Fibra dietética en cerveza: contenido, composición y evaluación nutricional. Centro de Información Cerveza y Salud. España. 4-19, 43.
- SAURA-CALIXTO, F., TORRE, M., y RODRÍGUEZ, R. A. (1995). Interactions of Fe(II), Ca(II) and Fe(III) with high fibre materials: A physicochemical approach. Food Chemistry, 54, 23-31.
- SENPLADES. Plan Nacional para el Buen Vivir. Quito, 2009, pp. 190.
- SIMMONDS M. (2003) Novel drugs from botanical sources. Drug Discov. Today 8: 721-722
- SUQUILANDA, M. Producción orgánica de cultivos andinos. Manual Técnico. [en línea].
<http://www.infoandina.org/sites/default/files/recursos/produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf> [Consulta: 20 de Agosto 2012].
- SZAUER, M. y GOMEZ, J. Biotecnología para el uso sostenible de la biodiversidad: Capacidades locales y mercados potenciales [en línea]. Caracas: CAF, 2005.
www.caf.com/attach/17/default/biodiversidad-full.pdf> [Consulta 5 de noviembre 2010].
- TORRE, M., RODRÍGUEZ, A. R., SAURA-CALIXTO, F. (1991). Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. Critical Review in Food Science and Nutrition, 1(1), 1-22.
- Visioli F., Borsani L., Galli C. (2000) Diet prevention of coronary heart disease: the potential role of phytochemicals. Cardiovasc. Res. 47: 419-425
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. (1990). Diet, nutrition and the prevention of chronic disease. Technical Report series 797. Geneva: Wolrd Health Organization.

- YOON, Y. K., CHA, M., SHIN, S. R., y KIM, K. S. (2005). Enzymatic production of soluble fibre hydrolyzate from carrot pomace and its sugar composition. *Food Chemistry*, 92, 151-157.
- YOUNG J.F., NIELSEN S.E., HARALDSDOTTIER J., DANESFVAR B., LAURIDSEN S.T., KNUTHSEN P., CROZIER A., SANDSTROM B., DRAGSTED L. O. (1999). Effect of fruit juice intake on urinary quercetin excretion and biomarkers of antioxidative status. *Am. J. Clin. Nutr.* 69, 87-94.

ANEXOS

APÉNDICE A

RESPUESTAS EXPERIMENTALES

Tabla A1. Análisis de varianza para el contenido de FDT en el concentrado de FDT.

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Cultivo	2024,97	9,00	225,00	34,28	<0,0001
Error	131,28	20,00	6,56		
Total	2156,25	29,00			

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Tabla A2. Prueba de Tukey para el contenido de FDT del concentrado de FDT, Alfa=0,05 DMS=7,40755.

Cultivo	Medias	n	E. E.						
Capulí	52,1	3	1,48	A					
Babaco	62,17	3	1,48		B				
Sangorache	62,74	3	1,48		B	C			
Tomate de árbol	67,41	3	1,48		B	C	D		
Mora	69,96	3	1,48			C	D	E	
Mortiño	72,08	3	1,48				D	E	
Uvilla	74,22	3	1,48				D	E	F
Pepino dulce	75,20	3	1,48					E	F
Tuna	79,52	3	1,48						F
Taxo	79,82	3	1,48						F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

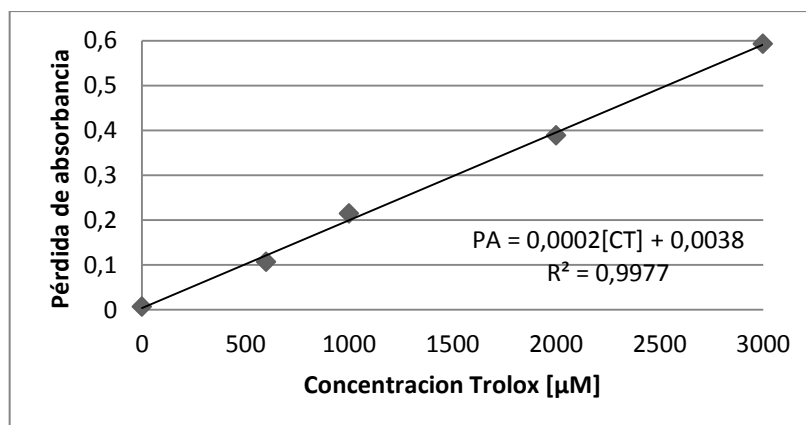
Elaborado por: Luis F. Zambrano M

Tabla A3. Curva de calibración de trolox.

TROLOX (µM)	REFERENCIA	ABSORBANCIA	PÉRDIDA DE ABSORBANCIA
0	0,594	0,587	0,007
600	0,572	0,465	0,107
1000	0,564	0,349	0,215
2000	0,564	0,175	0,389
3000	0,594	0,001	0,593

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Gráfico A1. Curva de calibración de trolox.



Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

PA: Pérdida de absorbancia.

CT: Concentración de Trolox [µM]

Tabla A4. Análisis de varianza para el contenido de CA en el concentrado de FDT.

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Cultivo	15995428,2	9	1777269,8	4881,09	<0,0001
Error	7282,27	20	364,11	4881,09	<0,0001
Total	16002710,5	29			

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Tabla A5. Prueba de Tukey para el contenido de CA del concentrado de FDT, Alfa=0,05 DMS=7,40755

Cultivo	Medias	n	E. E.				
Babaco	94,74	3	11,02	A			
Tuna	101,41	3	11,02	A			
Uvilla	119,56	3	11,02	A			
Sangorache	124,00	3	11,02	A			
Tomate árbol	349,56	3	11,02	B			
Pepino dulce	385,65	3	11,02	B			
Capulí	1218,44	3	11,02		C		
Mortiño	1470,39	3	11,02			D	
Taxo	1878,44	3	11,02				E
Mora	1929,19	3	11,02				E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

APÉNDICE B

COSTO DE PRODUCCIÓN

Estimación del costo para el concentrado de FDT.

Tabla B1: Materiales directos e indirectos.

Materiales	Cantidad (Kg)	Precio/Kg	Costo total (\$)
Mora	1	2,00	2,00

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Tabla B2: Equipos requeridos en el proceso.

Equipo	Costo (\$)	Depreciación (Años)	Costo / Anual (\$)	Costo / Día (\$)	Costo / Hora (\$)	Tiempo utilizable (h)	Costo Total (\$)
Picadora	250,00	10,00	25,00	0,10	0,01	0,5	0,01
Estufa al vacío	4500,00	10,00	450,00	1,88	0,23	1	0,23
Molino de café	30,00	10,00	3,00	0,01	0,00	0,5	0,00
Total (\$)							0,24

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Tabla B3: Insumos básicos.

Servicios	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Gas	10	Kg	0,12	1,20
Agua	1	m ³	0,40	0,40
Electricidad	3	Kw - h	0,10	0,30
Total (\$)				1,90

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Tabla B4: Personal.

Personal	Sueldo (\$)	Tiempo utilizable (h)	Costo / horas (\$)	Costo Total (\$)
1	318,00	2	1,99	3,98

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Tabla B5: Inversión estimada para el procesamiento de concentrado de FDT.

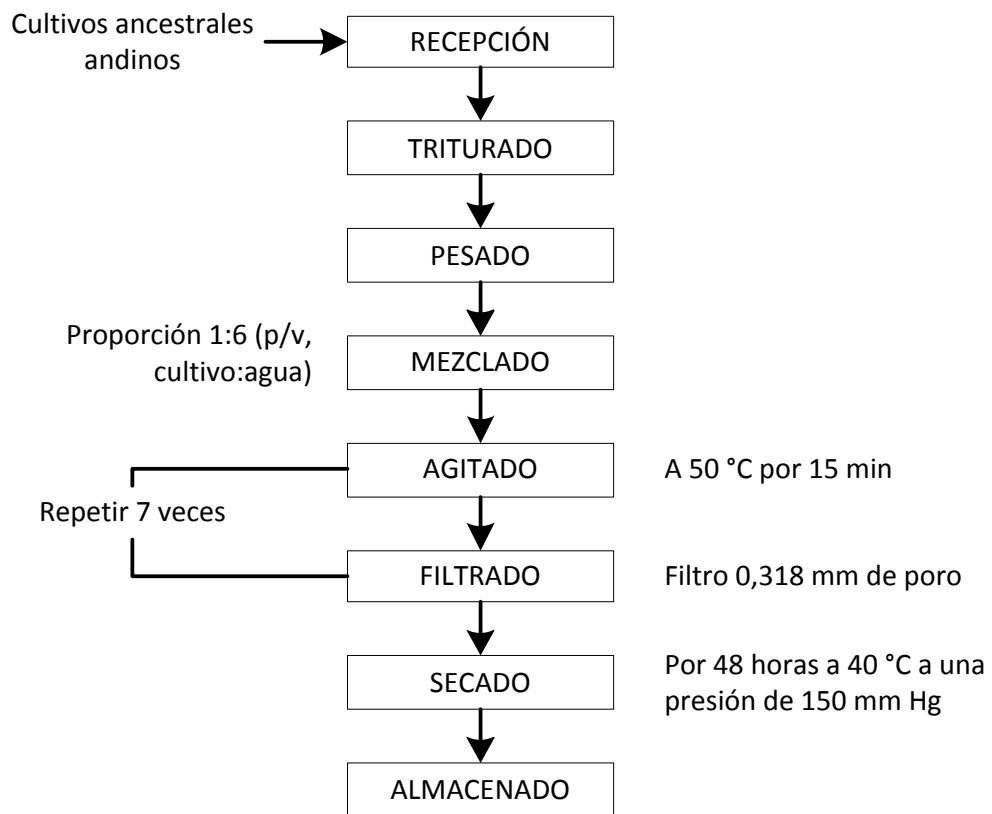
Capital de Trabajo	Monto
Materiales directos e indirectos	2,00
Equipos requeridos	0,24
Insumos básicos	1,90
Personal	3,98
Total (\$)	8,12
Cantidad obtenidos (Kg)	0,544
Costo / Kg (\$)	14,93

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

APÉNDICE C

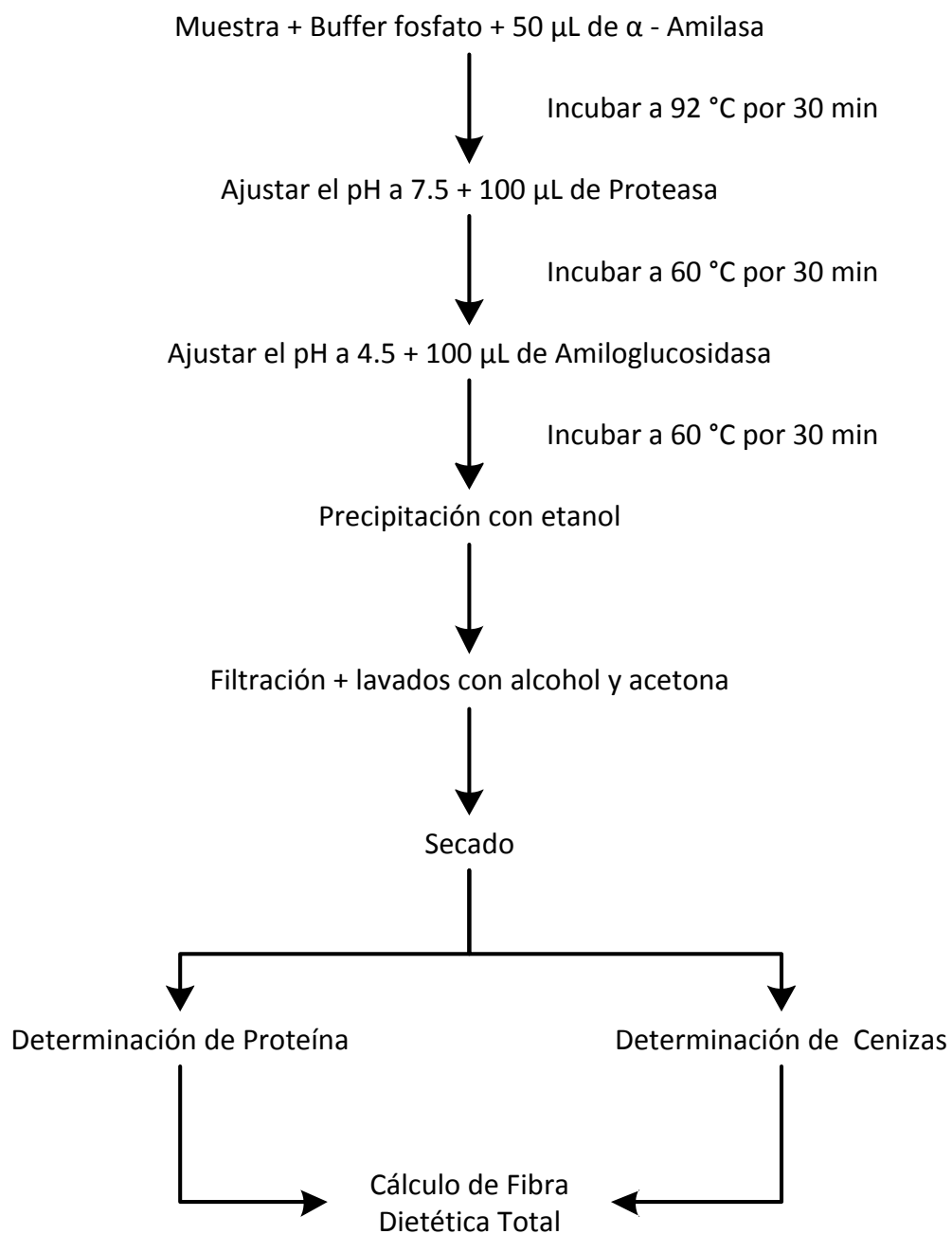
DIAGRAMAS DE FLUJO

Gráfico C1. Concentrado de fibra dietética total.



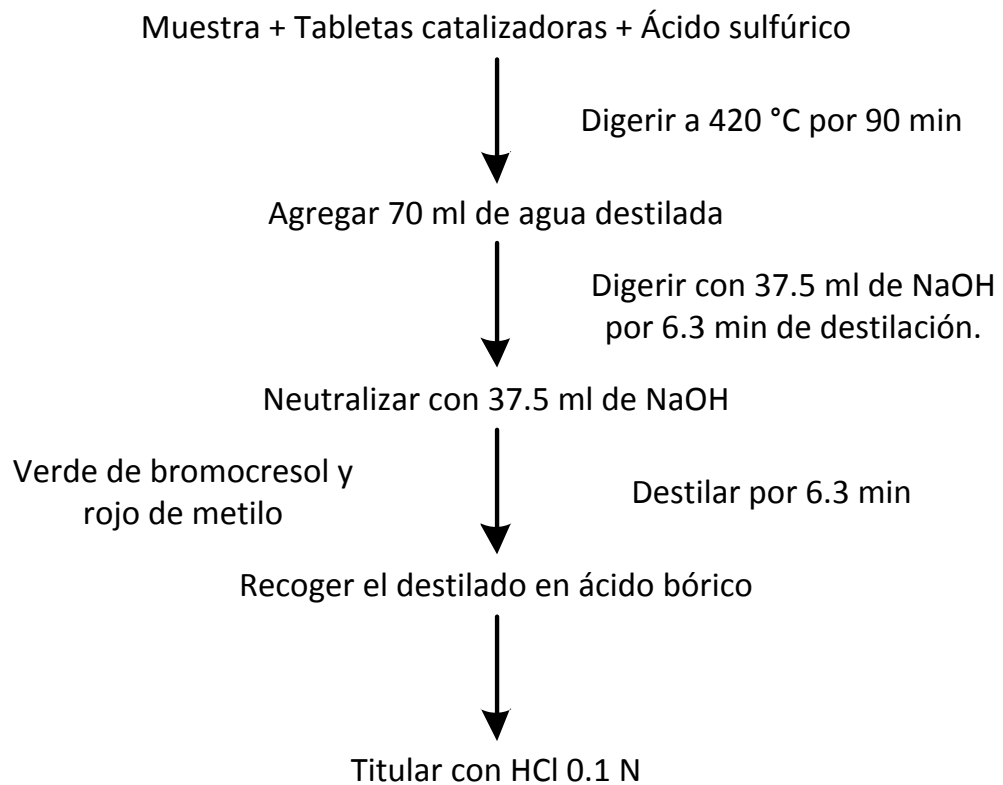
Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Gráfico C2. Determinación de fibra dietética total. AOAC (Método Enzimático – Gravimétrico).



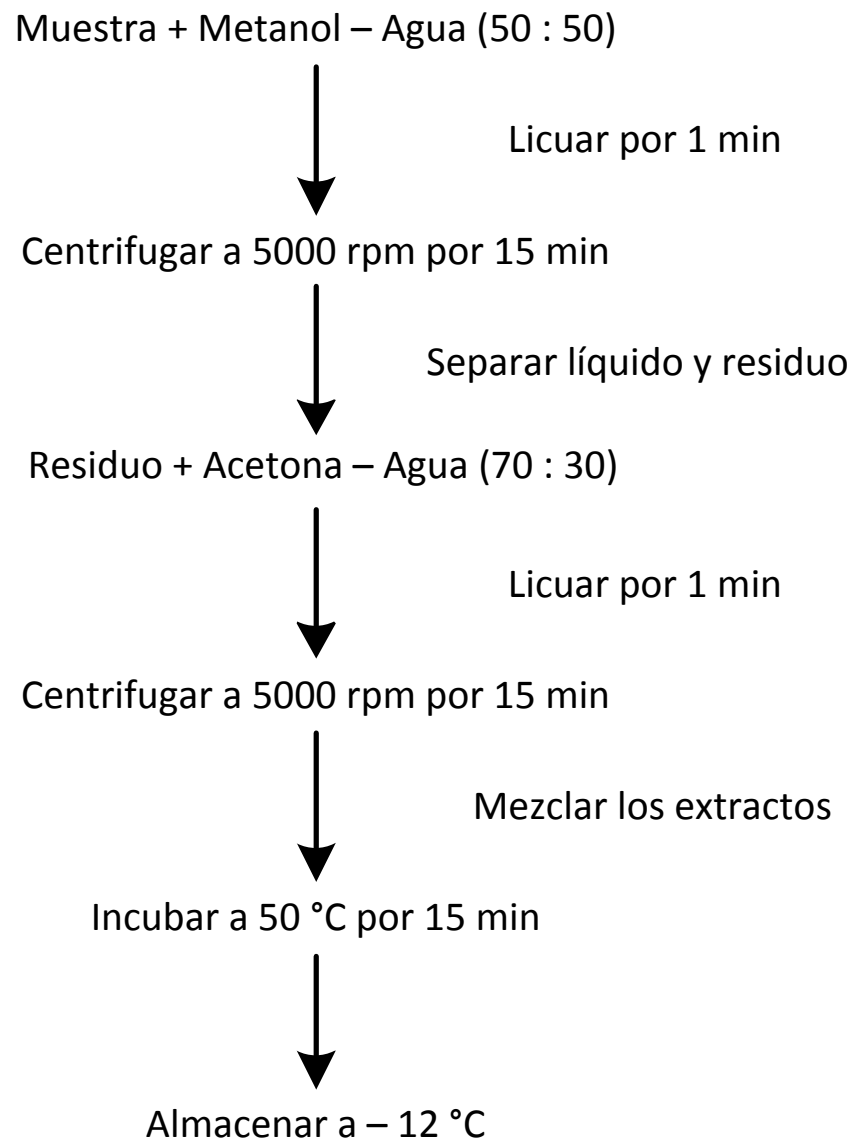
Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Gráfico C3. Determinación de proteína. AOAC (Kjeldahl).



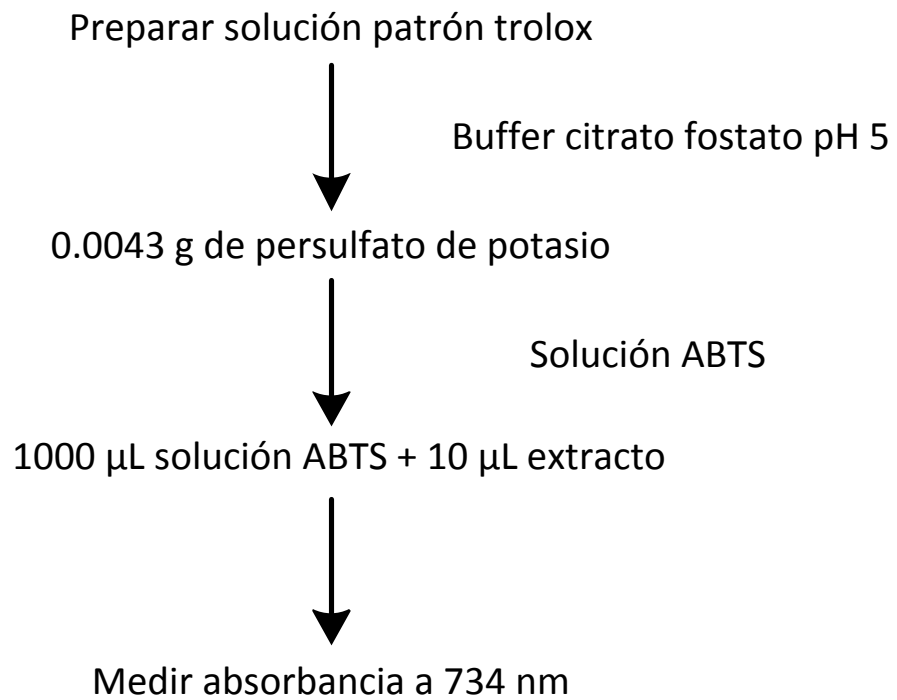
Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Gráfico C4. Extracción de compuestos bioactivos



Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Gráfico C5. Capacidad antioxidante radical ABTS

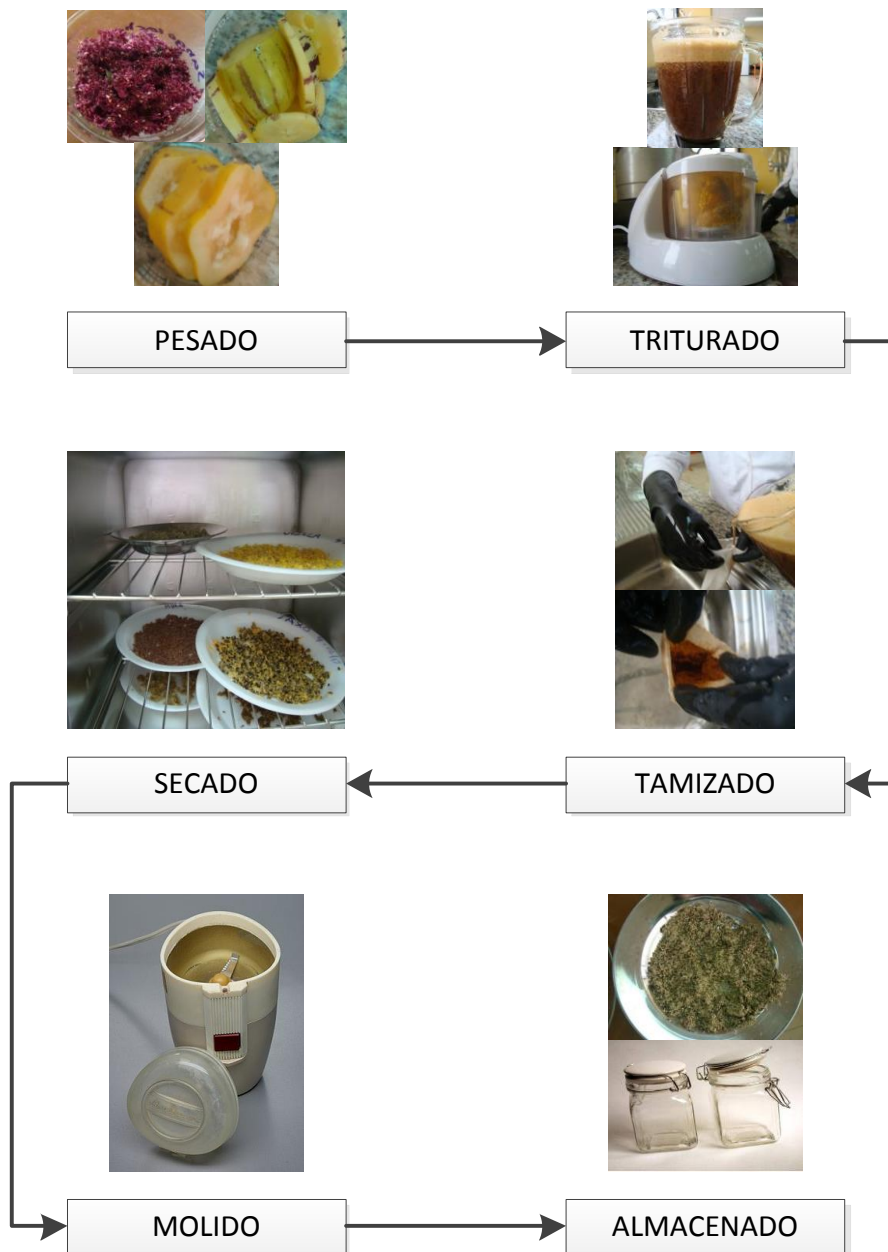


Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

APÉNDICE D







FOTOGRAFÍAS

Fotos D1. Concentrado de FDT.



Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Fotos D2: Determinación de FDT.

		
1) Ajustadores de pH	2) Ajuste de pH	3) Incubación
		
4) Desechado de las muestras	5) Soluciones buffer	6) Filtración







Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Fotos D3: Determinación de proteína.

		
1) Soluciones del digestor	2) Digestor de proteína	3) Catalizadores + Ácido sulfúrico
		
4) Dilución de las muestras	5) Muestra lista para digestión	6) Adición de ácido bórico
		
7) Inicio de la digestión	8) Final de la digestión	9) Inicio de titulación
		
10) Final de titulación		







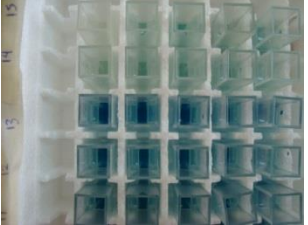


Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Fotos D4: Extracción de compuestos bioactivos.

		
<p>1) Pesado de la muestra</p>	<p>2) Adición de solventes</p>	<p>3) Extracción de compuestos bioactivos</p>
		
<p>4) Trituración de la muestra</p>	<p>5) Centrifugación</p>	<p>6) Extracto con compuestos bioactivos</p>

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

Fotos D5. Determinación de CA.

		
<p>1) Concentraciones de Trolox.</p>	<p>2) Solución patrón ABTS.</p>	<p>3) Preparación de curva de calibración.</p>
		
<p>4) Curva de calibración.</p>	<p>5) Absorbancia de curva de calibración.</p>	<p>6) Decoloración de extractos.</p>
		
<p>7) Decoloración de extractos.</p>	<p>8) Extractos decolorados.</p>	<p>9) Absorbancia de extractos.</p>

Elaborado por: Luis F. Zambrano M.

APÉNDICE E

MÉTODO DE ENSAYOS

DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA TOTAL

Principio: Fibra dietética total (FDT) se determina en muestras duplicadas secadas y desengrasadas (si el contenido de grasa es > 10%). Las muestras se cocinan a ~ 100 °C con α -amilasa termoestable para dar gelatinización, hidrólisis y despolimerización del almidón; incubar a 60 °C con proteasa (para solubilizar y despolimerizar proteínas) y amiloglucosidasa (para hidrolizar fragmentos de almidón en glucosa), y es tratada con cuatro volúmenes de etanol para precipitar la FDS y eliminar el despolimerizado de proteínas y glucosa (a partir de almidón). El residuo se filtra, se lava con etano al 78%, etanol al 95% y acetona; se seca y se pesa. Un duplicado se analiza para la proteína y el otro es incubado a 525 °C para determinar cenizas. La TDF es el peso del filtrado y secado residuo menos el peso de la proteína y ceniza.

Referencias: AOAC, “Official Methods of Analysis”, 18 th Edition, **MÉTODO OFICIAL AOAC 985.29**. Fibra dietética total en alimentos. Método Enzimático – Gravimétrico.

Equipos y Materiales

- Dispensadores:
 - 280 \pm 2.0 mL de etanol al 95%
 - 10 \pm 0.5 mL de etanol al 78%, etanol al 95% y acetona
 - 50 \pm 0.5 mL de buffer
- Vasos de precipitación de forma larga de 400 mL y 600 mL.
- Crisoles de vidrio sinterizado, Corning N° 36060 Büchner, con filtro, Pyrex 60 mL, tamaño de poro, cuarzo, ASTM 40 – 60 μ m, o su equivalente. Preparar de la siguiente manera:
 - Incinerar durante toda la noche a 525°C en un mufla.

- Remover el Celite y las cenizas usando un succionador.
 - Enjabone en una solución limpiadora al 2% a temperatura ambiente durante 1 hr.
 - Enjuague los crisoles con agua desionizada.
 - Para el enjuague final usar 15 mL de acetona y secar al ambiente.
 - Añadir aproximadamente 1 g de Celite a los crisoles secos y secar a 130°C hasta obtener un peso constante.
 - Enfriar los crisoles en un desecador durante aproximadamente por 1 hr y registrar el peso del crisol con el Celite.
- Kitasatos de paredes gruesas.
 - Tapones de caucho para usar en los kitasatos.
 - Fuente de succión con regulación.
 - Baño termostático de gran capacidad con tapa y agitación, capaz de mantener una temperatura de 100°C, equipado con temporizadores automáticos de encendido y apagado.
 - Balanza analítica con precisión de 0.1 mg.
 - Estufas de convección mecánica a 103 ± 2 °C y 130 ± 3 °C.
 - Temporizador.
 - Desecador hermético con silica gel o un desecador equivalente.
 - pH – metro.
 - Pipetas y puntas de 50 – 200 μ L y 5 mL de capacidad.
 - Balón de aforo de 500 mL.
 - Núcleos de agitación.
 - Espátulas de goma.
 - Mufla a 525 ± 5 °C

Reactivos

- Buffer fosfato de 0.08 M con pH 6.0. Disuelva 1.4 g de fosfato disódico anhidro (o 1.753 g dihidratado) y 9.68 g de fosfato de

sodio monobásico monohidratado (o 10.94 g dihidratado) en aproximadamente 700 mL de agua destilada. Diluir a 1 L con agua. Verifique el pH con el pH-metro.

- Solución de hidróxido de sodio, 0.275 N. Disuelva 11 g de hidróxido de sodio grado ACS en aproximadamente 700 mL de agua destilada, usando las precauciones de manejo adecuadas, en un matraz volumétrico de 1 L. Enfrie y diluya a 1 L con agua.
- Solución de ácido clorhídrico, 0.325 N. Diluya la solución madre de etiqueta conocida (ej. 325 mL de 1.0 N de HCl) a 1 L con agua en un matraz volumétrico.

Preparación de la muestra

La FDT deberá ser determinada en una muestra seca, baja en grasa o libre de grasa. Homogenice la muestra y seque toda la noche en una estufa al vacío a 70°C. Enfríe en un desecador, vuelva a pesar y registre la pérdida de peso debido al secado. Muela la muestra seca en una malla de 0.3 – 0.5 mm. Si el alto contenido de grasa (> 10%) impide la molienda adecuada, desengrase con éter de petróleo 3 veces, con porciones de 25 mL por gramo de muestra antes de moler. Cuando analice muestras mixtas, siempre extraiga la grasa antes de determinar la FDT. Registre la pérdida de peso debido a la grasa, corrija el porcentaje final en la determinación de FD para la remoción de grasa y humedad. Almacene las muestras molidas en frascos cerrados en un desecador hasta que se realice el análisis.

Método

Corra el blanco durante todo el procedimiento entero junto con las muestras para determinar cualquier contribución de los reactivos al residuo.

1. Pesar 1 g de muestra por duplicado, con una precisión de 0.1 mg, en un vaso de precipitación de forma alta de 400 mL. El peso de las muestras deben diferir entre ellas por menos de 20 mg. Añadir 50 mL de buffer fosfato pH 6.0 a cada vaso de precipitación y verificar el pH con el pH – metro. Ajustar el pH a 6.0 ± 0.1 .
2. Añadir 50 μ L solución de α – amilasa termoestable.
3. Cubrir el vaso de precipitación con papel aluminio y colocarlo en baño termostático por 15 min. Agite suavemente en intervalos de 5 min.

Nota: Aumente el tiempo de incubación cuando el número de vasos de precipitación en el baño termostático dificulta a los contenidos de los vasos alcanzar la temperatura interna de 100°C. Usar un termómetro para indicar que la temperatura indicada se mantiene durante los 15 min. Un máximo de 30 min en un baño termostático es suficiente.

4. Enfriar las soluciones a temperatura ambiente.
5. Ajustar el pH a 7.5 ± 0.1 añadiendo 10 mL de 0.275 N de solución de hidróxido de sodio. Verificar el pH con el pH – metro.
6. Añadir 100 μ L de solución de proteasa.
7. Cubrir los vasos de precipitación con papel aluminio e incubarlos a 60°C con agitación continua por 30 min.
8. Enfriar y añadir 10 mL de 0.325 N de solución de ácido clorhídrico para ajustar el pH a 4.5 ± 0.2 . Verificar el pH con el pH – metro.
9. Añadir 200 μ L de amiloglucidasa, cubrir con papel aluminio e incubar por 30 min a 60°C con agitación continua.
10. Añadir 280 mL de etanol a 95% precalentado a 60°C (mida el volumen antes de calentar). Dejar precipitar a temperatura ambiente por 60 min.
11. Pesar los crisoles con Celite con una precisión de 0.1 mg, humedecer y distribuir una capa de Celite sobre el crisol usando etanol al 78% con una piceta.

12. Aplicar succión para fijar la Celite en el filtro del crisol formando una capa. Mantener la succión y transferir el precipitado de la digestión con enzimas al crisol lentamente.
13. Lavar el residuo sucesivamente con 3 porciones de 20 mL de etanol al 78%, 2 porciones de 10 mL de etanol al 95% y 2 porciones de 10 mL de acetona, en algunos casos pueden formarse gomas durante la filtración atrapando líquido en el residuo, si esto ocurre remueva el residuo con una espátula para mejorar la filtración. Para evitar tiempos largos de filtración realizar cuidadosamente succiones intermitentes.
14. Secar los crisoles con el residuo durante toda la noche a 70°C en una estufa al vacío o a 105°C en una estufa normal.
15. Enfriar en el desecador y pesar con una aproximación de 0.1 mg. Restar el peso del crisol y de la Celite para determinar el peso del residuo.
16. Analizar el residuo de una de las muestras del juego de duplicados para proteína por el método AOAC 2001.11 usando un factor de conversión $N \times 6.25$.
17. Incinerar la segunda muestra de residuo del duplicado por 5 horas a 525°C. Enfriar en el desecador y pesar con una aproximación de 0.1 mg. Restar el peso del crisol y del Celite para determinar cenizas.

Cálculos

- **Corrida del promedio del residuo del blanco (UABR):** El promedio del residuo del blanco por duplicado (paso 15) en mg.
- **Residuo de la proteína del blanco (BPR):** $UABR \times \% \text{ proteína en el blanco (paso 16) / 100}$.
- **Residuo de cenizas del blanco (BAR):** $UABR \times \% \text{ ceniza en el blanco (paso 17) / 100}$.
- **Corrección del blanco (CB):** $UABR - BPR - BAR$.

- **Corrida del promedio del residuo de la muestra (USAR):** El promedio del residuo de la muestra por duplicado (paso 15) en mg.
- **Residuo de la proteína de la muestra (SPR):** $USAR \times \% \text{ proteína en la muestra (paso 16) } / 100$.
- **Residuo de cenizas de la muestra (SAR):** $USAR \times \% \text{ ceniza en la muestra (paso 17) } / 100$.
- **Corrección del residuo de la muestra (CSR):** $USAR - SPR - SAR - CB$.
- **% TDF:** $100 \times CSR / \text{mg de muestra}$.

Corregir el % TDF para grasa y/o humedad, si el desengrasado y secado de la muestra fue realizado durante el procedimiento de preparación de la muestra.

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNA PARA EL ANÁLISIS DE FIBRA DIETÉTICA TOTAL

Referencias: AOAC, “Official Methods of Analysis”, 18 th Edition, **MÉTODO OFICIAL AOAC 2001.11**. Proteína (cruda) en Alimentos para animales, Forraje (Tejidos vegetales, Granos y Semillas aceitosas. Método del Block de Digestión usando cobre como catalizar y Destilación por Vapor de ácido bórico.

Equipos y materiales

- Equipo semiautomático para determinación de proteína marca Gerdharat, que consta:
 - Digestor (Turbotherm), tipo TT625 M, con controles de temperatura y tiempos ajustables, para 6 tubos.
 - Unidad de destilación (Vapodest), tipo VAP 20. No dispone titulador automático.
 - Extractor – Depurador de vapores múltiple, tipo TUR.
 - Tubos de digestión de 250 mL.
 - Erlenmeyers de 250 mL (para recolección y titulación del destilado).
 - Dispensador de soluciones de 2.5 – 25 mL, marca BRAND, tipo DISPENSETTE III, volumen ajustable, acoplado a un botellón de 2.4 L con ácido.
 - Balanza analítica marca OHAUS ADVENTURER, legibilidad 0.0001 g, capacidad máxima 210 g.
 - Bureta de 25 mL, marca BRAND certificada.

Reactivos

- Ácido sulfúrico de 95 – 98 %, grado reactivo.

- Catalizador: 7 g de sulfato de potasio + 0.8 g de sulfato de cobre (II), (comercialmente disponible en forma de tabletas de 3.5 g de sulfato de potasio y 0.4 g de sulfato de cobre (II) por tableta).
- Solución de hidróxido de sodio al 40 % p/p.
- Solución indicadora de rojo de metilo. Disuelva 100 mg de rojo de metilo en 100 mL de metanol.
- Solución indicadora de verde de bromocresol. Disuelva 100 mg de verde de bromocresol en 100 mL de metanol.
- Solución de ácido bórico al 4 % p/v (1 L). disuelva 40 g de ácido bórico P. A. en aproximadamente 800 mL de agua desionizada caliente. Enfríe hasta temperatura ambiente y agregue 10 mL de la solución de verde de bromocresol y 7 mL de la solución de rojo de metilo. Añada 143 mL de agua desionizada.
- Solución de estándar de ácido clorhídrico 0.1 N. use una solución comercial ya preparada de rango 0.995 – 0.1005 y use 0.1 N para el cálculo, comercialmente disponible (TITRISOL MERK, ART. 1,09973). Si no hay disponible aquella prepárela a partir de ácido clorhídrico al 37% grado ACS ISO, así: tome 8.28 mL de ácido clorhídrico citado de una bureta certificada y diluya a 1 L con agua desionizada en un balón igualmente certificado.
- Valore el ácido clorhídrico preparado con hidróxido de sodio 0.1 N, comercialmente disponible, prepararlo a partir de hidróxido de sodio grado ACS.
- Estándares de referencia: sulfato de amonio, triptófano, lisina – ácido clorhídrico, acetanilida, para usar como estándares.

Digestión (I)

- Encienda el digestor, prográmelo al 100% de proteína y tiempo de 90 min, lo cual permitirá que el equipo alcance 420°C, que podrá verificar en el medidor digital de temperatura.

- Pese la muestra en el papel bajo en nitrógeno previamente tarado, registrando cada peso (w). No exceder de 1.2 g. Doble en papel envolviendo la muestra y deje caer dentro del tubo KJELDAHL numerado.
- Agregue 2 tabletas KJELTABS y 20 mL de ácido sulfúrico concentrado, tanto a las muestras como al blanco.
- Abra la llave de alimentación de agua que va al depurador, 5 min antes de colocar los tubos en el digestor.
- Ponga los tubos de digestión en el soporte, colóquelo en el digestor, e inmediatamente ajuste el colector de escape de vapores.
- Encienda la unidad de depuración para colectar los vapores generados.
- Aplaste secuencialmente las teclas “STOP” y “RUN” para retomar el tiempo necesario de la digestión.
- Luego de 90 min de calentamiento el digestor emite un pitido y muestra en la pantalla “END”, verifique que la solución presente un color “verde esmeralda”.
- Una vez completa la digestión, extraiga el soporte con los tubos con el colector de vapores en su sitio y colóquelo en el soporte de enfriado.
- Después de 10 min y cerciorándose que los tubos no emitan vapores por su parte superior, coloque el colector de escape en la bandeja de escurrido, apoye la unidad de depuración y cierre la llave de alimentación de agua.
 - En el interior de la Sorbona cuando aún los tubos estén tibios agregue a cada tubo 70 mL de agua desionizada con mucho cuidado y agite, tratando de que no haya salpicaduras. Evite que se solidifique el contenido añadiendo a tiempo el agua. Si ocurre eso caliente el tubo en una cocineta y agite con mucho cuidado hasta que se disuelva.

Digestión (II)

- Programe el destilador tomando en cuenta los siguientes parámetros: Hidróxido de sodio al 40% = 6 seg (37.5 mL), tiempo de reacción = 0.1 min; tiempo de destilación 6.3 min con un 100% de salida de vapor.
- Cuando finalice la destilación retire el Erlenmeyer del equipo y proceda a titular con ácido clorhídrico 0.1 N hasta un punto final color rosado brillante.

Cálculos y expresión de resultados

- Cálculo del % de nitrógeno:

$$\% \text{ nitrógeno} = \frac{V * N * 14.01}{W * 10}$$

Dónde:

V: Volumen (mL) de ácido estandarizado usado para titular la muestra.

N: Normalidad de ácido clorhídrico.

14.01: Peso atómico del nitrógeno.

W: Peso (g) de porción de muestra o estándar.

10: Factor para convertir mg/g a porcentaje.

- Cálculo del % de proteína

$$\% \text{ proteina} = \% \text{ nitrógeno} * F$$

Dónde:

F: Factor de conversión, 6.25 para alimentos en general.

El resultado se expresa como porcentaje de proteína y se hará constar que proviene de multiplicar el valor de nitrógeno obtenido por el factor de conversión escogido para pasar la proteína.