



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



**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES Y
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN FIBRA DIETÉTICA EXTRAÍDA DE CULTIVOS
ANCESTRALES ANDINOS PARA SU UTILIZACIÓN COMO SUPLEMENTO
ALIMENTICIO.**

Trabajo de Investigación (Graduación), Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI) presentado como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Bioquímico otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Autor: Carlos Arturo Guerrero Cáceres

Tutor: Dr. Román Rodríguez M.; Ph.D

Ambato - Ecuador

2012

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema: **“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN FIBRA DIETÉTICA EXTRAÍDA DE CULTIVOS ANCESTRALES ANDINOS PARA SU UTILIZACIÓN COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO.”**, del estudiante Guerrero Cáceres Carlos Arturo alumno de la Carrera de Ingeniería Bioquímica, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado.

Ambato, Julio de 2012

EL TUTOR

.....
Dr. Roman Rodríguez Ph.D

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación: **“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN FIBRA DIETÉTICA EXTRAÍDA DE CULTIVOS ANCESTRALES ANDINOS PARA SU UTILIZACIÓN COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO.”**, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de grado.

Ambato, Julio 2012

EL AUTOR

.....
Carlos Arturo Guerrero Cáceres

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Informe de Investigación, sobre el tema: **“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN FIBRA DIETÉTICA EXTRAÍDA DE CULTIVOS ANCESTRALES ANDINOS PARA SU UTILIZACIÓN COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO.”**, del estudiante: Carlos Arturo Guerrero Cáceres.

Ambato, Septiembre 2012

Para constancia firman:

DEDICATORIA

A todos.

AGRADECIMIENTO

A todos.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1 Tema de investigación	2
1.2 Planteamiento del problema	2
1.2.1 Contextualización.....	4
1.2.2 Análisis crítico.....	5
1.2.2.1 Relación causa – efecto.....	6
1.2.3 Prognosis.....	7
1.2.4 Formulación del problema.....	7
1.2.5 Preguntas directrices.....	7
1.2.6 Delimitación.....	8
1.3 Justificación	8
1.4 Objetivos	10
1.4.1 General.....	10
1.4.2 Específicos.....	10

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos	11
2.1.1 Cultivos ancestrales andinos.....	12
2.1.1.1 Tomate de árbol.....	13
2.1.1.2 Taxo.....	14

2.1.1.3 Uvilla.....	15
2.1.1.4 Amaranto.....	16
2.1.1.5 Mortiño.....	17
2.1.1.6 Babaco.....	18
2.1.1.7 Tuna.....	19
2.1.1.8 Mora.....	20
2.1.1.9 Pepino dulce.....	21
2.1.1.10 Capulí.....	22
2.1.2 Fibra dietética.....	23
2.1.2.1 Generalidades.....	23
2.1.2.2 Tipos de fibra dietética.....	23
2.1.3 Antioxidantes.....	24
2.1.3.1 Historia de los antioxidantes.....	25
2.1.3.2 Actividad antioxidante de compuestos fenólicos.....	25
2.1.3.3 Antioxidantes y reacciones de oxidación.....	26
2.1.3.4 Capacidad antioxidante de las frutas.....	27
2.1.4 Radicales libres.....	28
2.1.5 Mecanismos de acción de los radicales libres.....	29
2.1.5.1 Mecanismos de acción del radical ABTS ⁺	29
2.2 Fundamentación Filosófica.....	30
2.3 Fundamentación Legal.....	31
2.4 Categorías Fundamentales.....	35
2.5 Hipótesis.....	36
2.5.1 Hipótesis nula (H ₀):.....	36
2.5.2 Hipótesis alternativa (H ₁):.....	36
2.6 Señalamiento de variables de la hipótesis.....	36
Variable dependiente.....	36
Variable independiente.....	36

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Enfoque.....	37
3.2 Modalidad básica de la investigación.....	37
3.3. Nivel o tipo de investigación.....	37
3.4 Población y muestra.....	38
3.5 Operacionalización de las variables.....	39
3.6 Recolección de información, procesamiento, análisis e interpretación.....	40
3.6.1 Diseño Experimental.....	40
3.6.1.1. Factores y niveles de estudio para la determinación del contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante.....	40
3.6.2 Manejo específico del ensayo.....	41
3.6.2.1 Muestreo de los cultivos ancestrales andinos.....	41
3.6.2.2 Contenido de fibra dietética de cultivos ancestrales andinos.....	41
3.6.2.3 Obtención del extracto seco concentrado de compuestos bioactivos.....	41
3.6.2.4 Extracción de compuestos bioactivos.....	42
3.6.3 Determinación del contenido de compuestos fenólicos.....	42
3.6.3.1 Ensayo de fenoles totales de Folin-Ciocalteu, F-C.....	42
3.6.3.2 Método de Folin Ciocalteu.....	43
3.6.4 Determinación de la capacidad antioxidante.....	43
3.6.4.1 Método ABTS.....	43
3.7 Procesamiento y análisis.....	43

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis estadístico	44
4.2. Compuestos fenólicos	44
4.2.1 Contenido de compuestos fenólicos en frutas completas (pulpa + cáscara).....	44
4.2.2 Contenido de compuestos fenólicos en Pepino Dulce.....	45
4.2.3 Contenido de compuestos fenólicos en Tomate de árbol.....	46
4.3 Cinética del reactivo ABTS	46
4.4 Contenido de capacidad antioxidante	48
4.4.1 Contenido de Capacidad Antioxidante en frutas completas.....	48
4.4.2 Contenido de capacidad antioxidante en Pepino Dulce.....	49
4.2.3 Contenido de capacidad antioxidante en Tomate de árbol.....	49
4.5 Análisis Económico	50
4.6 Verificación de la hipótesis	50

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones	51
5.2 Recomendaciones	52

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Datos informativos	54
6.1.1 Título.....	54

6.1.2 Institución Ejecutora.....	54
6.1.3 Beneficiarios.....	54
6.1.4 Ubicación.....	54
6.1.5 Tiempo estimado de ejecución.....	54
6.1.6 Equipo técnico responsable.....	55
6.2 Antecedentes de la propuesta.....	55
6.3 Justificación.....	55
6.4 Objetivos.....	56
General.....	56
Específicos.....	56
6.5 Análisis de factibilidad.....	57
6.6 Fundamentación.....	58
6.6.1 Definición de mermelada.....	58
6.6.2 Antioxidante como aditivo alimenticio.....	58
6.6.3 Aditivos alimentarios.....	59
6.6.4 Justificación del uso de aditivos alimentarios.....	59
6.6.5 Dosis máxima de un aditivo alimenticio.....	60
6.7 Metodología Modelo Operativo.....	60
6.8 Administración.....	62
6.9 Previsión de la evaluación.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.6.1.1 Diseño experimental.....	40
Tabla 3.6.2.3 Contenido de fibra dietética en cultivos ancestrales andinos.....	41
Tabla 4.2.1 Contenido de compuestos fenólicos en fruta completa (pulpa + cáscara).....	44
Tabla 4.2.2 Contenido de compuestos fenólicos en pepino dulce.....	45
Tabla 4.2.3 Contenido de compuestos fenólicos en tomate de árbol.....	46
Tabla 4.4.1 Contenido de capacidad antioxidante en fruta completa (pulpa + cáscara).....	48
Tabla 4.2.2 Contenido de capacidad antioxidante en pepino dulce.....	49
Tabla 4.2.3 Contenido de capacidad antioxidante en tomate de árbol.....	49
Tabla 6.7 Modelo operativo para la determinación de contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en mermeladas.....	60
Tabla 6.8 Actividades de Administración para un proyecto.....	62
Tabla 6.9 Previsión de la Evaluación.....	64
Tabla C1. Análisis de varianza para compuestos fenólicos de fruta completa (pulpa + cáscara).....	73
Tabla C2. Test de Tukey para compuestos fenólicos de fruta completa (pulpa + cáscara).....	73
Tabla D1. Análisis de varianza para compuestos fenólicos de pepino dulce.....	75
Tabla D2. Test de Tukey para compuestos fenólicos de pepino dulce.....	75
Tabla E1. Análisis de varianza para compuestos fenólicos de tomate de árbol.....	76
Tabla E2. Test de Tukey para compuestos fenólicos de tomate de árbol.....	76
Tabla F1. Análisis de varianza para capacidad antioxidante de fruta completa (pulpa + cáscara).....	77
Tabla F2. Test de Tukey para capacidad antioxidante de fruta completa (pulpa + cáscara).....	77
Tabla G1. Análisis de varianza para capacidad antioxidante de pepino dulce.....	79
Tabla G2. Test de Tukey para capacidad antioxidante de pepino dulce.....	79
Tabla H1. Análisis de varianza para capacidad antioxidante de tomate de árbol.....	80
Tabla H2. Test de Tukey para capacidad antioxidante de tomate de árbol.....	80

Tabla I1 Análisis económico de costo de cultivos para determinar compuestos fenólicos.....	81
Tabla I2. Análisis económico de reactivos para determinar compuestos fenólicos	81
Tabla I3 Análisis económico de cultivos para determinar compuestos fenólicos	81
Tabla I4. . Análisis económico de cultivos para determinar capacidad antioxidante.....	82
Tabla I5. Análisis económico total para determinar compuestos fenólicos y capacidad antioxidante	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Árbol de problemas.....	6
Figura 2.1.1.1 Tomate de árbol.....	13
Figura 2.1.1.2 Taxo.....	14
Figura 2.1.1.3 Uvilla.....	15
Figura 2.1.1.4 Amaranto.....	16
Figura 2.1.1.5 Mortiño.....	17
Figura 2.1.1.6 Babaco.....	18
Figura 2.1.1.7 Tuna.....	19
Figura 2.1.1.8 Mora.....	20
Figura 2.1.1.9 Pepino dulce.....	21
Figura 2.1.1.8 Capulí.....	22
Figura 2.1.4.4 Mecanismo de acción de radical ABTS.....	30
Figura 4.3 Cinética de reacción de radical ABTS en el tiempo.....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS DE DIAGRAMAS DE FLUJO	70
Anexo 1: Obtención del extracto con concentrado de compuestos bioactivos.....	71
Anexo 2: Extracción de compuestos bioactivos.....	72
ANEXOS DE DATOS EXPERIMENTALES	73
ANEXO A: Curva de calibración de ácido gálico para determinación de compuestos fenólicos.....	74
ANEXO B: Curva de calibración de Trolox para determinación de capacidad antioxidante.....	75
ANEXO C: Análisis estadístico para determinación de compuestos fenólicos de fruta completa (pulpa + cáscara).....	76
ANEXO D. Análisis estadístico para determinación de compuestos fenólicos de pepino dulce.....	78
ANEXO E: Análisis estadístico para determinación de compuestos fenólicos de tomate de árbol.....	79
ANEXO F: Análisis estadístico para determinación de contenido de capacidad antioxidante en fruta completa (pulpa + cáscara).....	80
ANEXO G. Análisis estadístico para determinación de contenido de capacidad antioxidante en pepino dulce.....	82
ANEXO H: Análisis estadístico para determinación de contenido de capacidad antioxidante en tomate de árbol.....	83
ANEXO I: Análisis económico para la determinación tanto de contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.....	84

RESUMEN

En el presente trabajo se determinó el contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de cultivos ancestrales andinos, a través de los ensayos Folin Ciocalteu y del radical ABTS.* respectivamente; 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 del contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante indican que los extractos de cultivos ancestrales andinos obtenidos a partir de la fibra dietética obtenida según el método descrito por Saura Calixto et. Al 2003. Contienen compuestos fenólicos y son capaces de captar radicales libres de una manera dependiente de la concentración de polifenoles, de tal manera que se obtuvieron resultados comparables tanto en la determinación del contenido de compuestos fenólicos por el método de Folin-Ciocalteu y capacidad antioxidante por el método ABTS, lo que nos permitió determinar una relación directamente proporcional entre el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante, Sin embargo, los cultivos que mejor respuesta dieron para contenido de compuestos fenólicos con un nivel de confianza del 95% fueron: tomate de árbol (397669,52mg), mora (312807,63 mg), taxo (230468,56 mg) y mortiño (164173,79 mg), expresados en mg de GA/100 g de fibra dietética, donde GA es ácido gálico que es un compuesto fenólico estándar, mientras que los cultivos con mayor capacidad antioxidante a un nivel de confianza del 95%, fueron: tomate de árbol (11433,72 mg), mora (1346,46 mg), taxo (1272.91 mg) y mortiño (640,90 mg) expresados en mg de Trolox/g de fibra dietética. Siendo el trolox un antioxidante estándar.

Los resultados obtenidos tanto en el contenido de compuestos fenólicos así como capacidad antioxidante muestran la potencialidad de los cultivos ancestrales andinos empleados en el presente estudio como agentes terapéuticos útiles en el tratamiento de daños causados por estrés oxidativo de las células entre otras.

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es uno de los principales países productores de cultivos ancestrales andinos, pues la diversidad de productos autóctonos en el mercado nacional es cada vez mayor, introduciéndose diariamente nuevos frutos de la región andina y amazónica, cuyas propiedades no están aun totalmente determinadas. Se publican cada vez en mayor número nuevas investigaciones que asocian el consumo de frutas con efectos beneficiosos para la salud humana, además numerosos estudios en nutrición humana, demuestran una estrecha correlación entre el consumo de frutas y verduras con la menor incidencia de enfermedades crónico degenerativas, debido a su bajo contenido en colesterol y a la presencia de vitaminas, fibra, minerales y antioxidantes naturales, los que poseen gran capacidad para captar radicales libres causantes del estrés oxidativo, atribuyéndoseles a su vez un efecto beneficioso en la prevención de enfermedades de carácter crónico.

El presente estudio tiene por objetivo la determinación del índice de fenoles totales y la capacidad antioxidante de la fibra dietética extraída de varios cultivos ancestrales andinos, aplicando los métodos estandarizados: Folin-Ciocalteau, ABTS, a fin de suministrar nueva información sobre el contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante en la fibra dietética y de esta forma, permitir que la industria alimentaria nacional pueda diseñar alimentos funcionales que supongan un aporte extra de fibra y antioxidantes naturales, pues el mercado internacional dentro de este campo es altamente competitivo. Además que las tendencias mundiales de la alimentación, en los últimos años, indican un interés acentuado de los consumidores hacia ciertos alimentos que, además de contener nutrientes, contengan sustancias fisiológicamente activas desempeñando una función beneficiosa en la reducción de ciertas enfermedades. A estos alimentos, se les ha denominado “alimentos funcionales”

Se ha determinado que los que los cultivos tomate de árbol, uvilla, taxo, mora, amaranto, pepino dulce son los de mayor consumo en el mercado nacional los mismos que poseen un alto contenido de compuestos fenólicos, además de capacidad antioxidante.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN

Determinación del contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante en fibra dietética extraída de cultivos ancestrales andinos para su utilización como suplemento alimenticio.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

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). En la actualidad, los alimentos ancestrales andinos son cultivos de pequeños agricultores, sin un aprovechamiento óptimo como recurso alimentario (Tapia, M. 2000). En el sector industrial su procesamiento es limitado, sin ningún uso alternativo que contribuya a diversificar su utilización, a pesar de la demanda potencial y creciente de las empresas alimenticias por fibra dietética, sobre todo de aquellas que se destacan por su valor nutritivo y la actividad antioxidante que estos presentan (Tapia, M. y Frias, A. 2007).

La fibra dietética antioxidante constituye un nuevo concepto desde el punto de vista científico y comercial, pues son muy escasos los alimentos que combinan las características de la fibra dietética y los beneficios de los antioxidantes naturales. Tanto las características funcionales derivadas del contenido en fibra como las derivadas de la capacidad antioxidante justifican su utilización como ingrediente en la elaboración de alimentos funcionales. Como concentrado en fibra, su adición en la formulación de un alimento, tiene la ventaja obvia para la salud del consumidor de incrementar la ingesta de fibra que suele ser deficiente en la población, mientras que como antioxidante ofrece la posibilidad de disminuir el estrés oxidativo del individuo, factor de riesgo de múltiples patologías. Recientemente, se ha utilizado fibra dietética antioxidante en la formulación de productos

cárnicos, concretamente en hamburguesas de pollo, donde se ha observado que retarda el proceso oxidativo de la carne, evitando el desarrollo de olores indeseables, estabilizando el color y retardando la oxidación lipídica durante el almacenamiento en refrigeración, lo que aumenta su vida útil (Sáyago S. y Goñi. 2010).

Se ha confirmado que la fibra dietética presente en las frutas y vegetales tiene efectos positivos importantes en la salud en virtud de sus propiedades. Numerosos estudios de los últimos años revelan que muchas de las enfermedades importantes en salud pública, incluyendo obesidad, enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2, pueden ser prevenidas y tratadas por el incremento en las cantidades y variedad de fibra que contienen los alimentos en la dieta. La fibra dietética no solo incluye una variedad de compuestos estructurales de la pared celular tales como la pectina, hemicelulosa, celulosa y lignina, sino que además incluye algunos compuestos no estructurales como gomas y mucílagos, así como también aditivos industriales (celulosa modificada, gomas comerciales y polisacáridos de algas). En virtud del potencial terapéutico de la fibra dietética, están siendo desarrollados productos alimenticios con una mayor incorporación de fibra dietética. (Saura-Calixto, F.1998).

Por otro lado, el uso de determinados alimentos o sus componentes pueden influenciar características fisiológicas del tracto gastrointestinal y tener efectos sistémicos beneficiosos para la salud del individuo por lo que ha despertado mucho interés, especialmente aquellos relacionados con los efectos prebióticos.

Las fibras dietéticas más difundidas en el mercado son las obtenidas a partir de cereales. Sin embargo, en los últimos años se están desarrollando y comercializando las fibras de frutas, que en general presentan una mayor calidad nutricional que las de cereales debido a su composición más equilibrada y a la presencia de pequeñas cantidades de compuestos bioactivos asociados a la matriz de fibra (vitaminas, tocoferoles, polifenoles, carotenoides, fitoesteroles, etc.). Algunos de estos compuestos bioactivos se caracterizan por poseer capacidad antioxidante y secuestrante de radicales libres. Normalmente estos compuestos se encuentran en cantidades muy pequeñas, del orden de microgramos o nanogramos por 100 g de fruta o producto vegetal. Solamente en casos excepcionales se podrían encontrar en cantidades significativas (del orden de gramos por 100 g) en alguna fracción aislada de

frutas, que si coincide con un alto contenido de fibra dietética en esa misma fracción, dando lugar a un producto que se ha definido como fibra dietética antioxidante (Ramirez, A. y Pacheco, E. 2009).

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

En las dos últimas décadas la investigación científica ha puesto de manifiesto los efectos positivos en salud de la fibra dietética (FD), especialmente en la regulación intestinal y en efectos sistémicos hipocolesterolémicos e hipoglucemiantes (Cho, S. y Dreher, M. 2001).

Ello ha creado una progresiva demanda de alimentos enriquecidos en fibra y suplementos dietéticos, pues investigaciones recientes sobre fibra dietética antioxidante por parte del Departamento de Metabolismo y Nutrición del Instituto del Frío, CSIC, permitió determinar la presencia de alimentos que combinan la fibra dietética y la capacidad antioxidante la misma que es consecuencia de la elevada cantidad de compuestos polifenólicos asociados a la matriz de la fibra (Milo Ohr, L. et al. 2004). Las fibras han mostrado una extraordinaria capacidad antioxidante que pueden proteger de daños oxidativos en lípidos, proteínas, DNA, en plasma, tejidos orgánicos y especialmente crean un elevado estatus antioxidante en el intestino. (Chapman y Hall.1994).

En el Ecuador, el contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de cultivos ancestrales andinos ha sido ampliamente utilizadas en la medicina tradicional, la misma que se ignora, no se valoriza adecuadamente, ya que estos cultivos son de un excepcional contenido de nutrientes, capaces de solucionar todos los problemas alimenticios en los países andinos.(Zayda, L. Burneo, P. 2009)

Es importante conocer el aporte nutritivo y las posibilidades de uso que cada uno de estos alimentos ofrece, tanto en su aporte nutritivo con gran cantidad de fibra dietética, así como por su poder antioxidante y divulgar los conocimientos mediante educación alimentaria nutricional al igual que la elaboración de alimentos que actúen como suplemento en la dieta de los ecuatorianos. (Tapia, M. 1990).

Desde hace varias décadas, numerosos profesionales se han dedicado a investigar no solamente los aspectos agronómicos, sino también los de valor nutritivo y calidad biológica de los cultivos andinos (Tapia, M. 1990). Además debemos considerar que en el área andina ecuatoriana, principalmente en la provincia de Tungurahua, existe una gran variedad de frutas y vegetales que aportan con fibra dietética y que como complemento poseen un alto poder antioxidante (Rojas, E.1994). Estos antecedentes justifican la utilización de fibra antioxidante para la formulación de un nuevo ingrediente o suplemento alimentario, que tenga un efecto sinérgico derivado de las propiedades antioxidantes y secuestrante de radicales libre (Parr, S. y Bolwell, 2000).

1.2.2 Análisis crítico

La presente investigación busca determinar el contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante en fibra dietética extraída de cultivos ancestrales andinos para su utilización como suplemento alimenticio. La presencia de actividad antioxidante permitirá fomentar la producción agrícola de estos cultivos, beneficiando así a campesinos de las zonas agrícolas vulnerables, típicas para el desarrollo de cultivos ancestrales andinos y al país en general, al dejar de ser importador de alimentos, preservando semillas y fomentando la soberanía alimentaria por medio del desarrollo de formulaciones de alimentos nutritivos ricos en fibra dietética antioxidante, cuyo cultivo, producción e industrialización son limitados.

1.2.2.1 Análisis crítico

EFFECTOS



Figura 1.2.2.1. Árbol de problemas

Elaborado por: Arturo Guerrero

1.2.3 Prognosis.

Las fibras antioxidantes de uva, guayaba y alga Fucus, tomate de árbol, tuna verde, aguaymanto, tuna roja y papaya han mostrado una extraordinaria capacidad antioxidante que pueden proteger a salud humana de los daños oxidativos y especialmente crean un elevado estatus antioxidante en el intestino, lo que puede ser un factor de protección de múltiples enfermedades crónicas.

Es importante recordar que de no realizarse la presente investigación puede conllevar al desplazamiento de los cultivos andinos que al ser sustituidos por especies foráneas generaría una desaprovechamiento de las características antioxidantes que posee la fibra dietética generando de un desequilibrio en el ecosistema nativo. De ahí que la necesidad de rescatar los cultivos ancestrales andinos para la elaboración de un suplemento alimenticio que combine en un sólo producto los efectos beneficiosos de la fibra y los antioxidantes naturales nos permita rescatar la identidad cultural de nuestro país.

1.2.4 Formulación del problema

¿El desconocimiento del contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante a partir de fibra dietética provoca un limitado cultivo, producción e industrialización de las especies nativas de los andes?.

1.2.5 Preguntas directrices

- ✓ El desplazamiento de los cultivos ancestrales andinos genera un limitado cultivo de especies nativas de los andes?.
- ✓ ¿La sustitución de especies nativas de los andes por especies foráneas provoca una desvalorización de los cultivos ancestrales andinos.
- ✓ ¿Cómo evidenciar la presencia de actividad antioxidante en los extractos de fibra dietética extraída de cultivos ancestrales andinos?
- ✓ ¿Cuáles son los cultivos ancestrales andinos con mayor contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en fibra dietética?

- ✓ ¿La falta de investigación por parte del personal técnico capacitado limita la elaboración de productos que contengan fibra dietética antioxidante?.

1.2.6 Delimitación

Campo Científico: Alimentos.

Área: Investigación básica.

Sub-área: Agrícola.

Sector: Cultivos andinos.

Sub-sector: Fibra dietética antioxidante.

Temporal: Julio 2011 – Julio 2012.

Espacial: Provincia de Tungurahua.

1.3 Justificación

Varios de los cultivos ancestrales andinos han perdido importancia en la tradición culinaria del Ecuador. Por lo que aparece la necesidad de fomentar el cultivo, producción e industrialización y consumo de estas especies, sobre todo de aquellas que se destacan por su valor nutritivo, siendo en muchos casos condición indispensable el mejoramiento del proceso postcosecha que permita obtener un producto derivado, con aplicaciones industriales, y que por ende fomente la demanda de los mismos.

Sin embargo, en la actualidad, no existe una integración de los cultivos ancestrales andinos con contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en los procesos de producción, transformación y comercialización de productos derivados de ellos, debido principalmente al poco interés que se pone en el desarrollo de nuevos alimentos o productos que permitan usar estos cultivos de manera eficiente.

Ante esta situación, una alternativa innovadora sería la utilización de frutos ancestrales andinos en la obtención de fibra dietética con actividad antioxidante, con la finalidad de aprovecharlos industrialmente y generar un valor agregado que al momento no existe. Esta

posibilidad permitiría, por un lado, reducir el número de importaciones de aditivos alimentarios y por otro, generaría una participación activa de la población en el fortalecimiento de la soberanía alimentaria a través de la recuperación de los cultivos ancestrales andinos actualmente subexplotados.

La fibra dietética antioxidante combina las características de la fibra dietética y los beneficios de los antioxidantes naturales los mismo que al ser adicionados en la formulación de un alimento funcional, tiene la ventaja obvia para la salud del consumidor pues incrementa la ingesta de fibra que suele ser deficiente en la población, mientras que como antioxidante ofrece la posibilidad de disminuir el estrés oxidativo del individuo, factor de riesgo de múltiples patologías (Sáyago-Ayedri, S. y Goñi 2010).

Según la Senplades en el plan nacional para el buen vivir 2009 expresa que es fundamental fomentar el conocimiento, la valoración de los saberes ancestrales y de formas de producción que permitan una adecuada regeneración de la naturaleza, todo ello en el marco del apoyo que el Estado debe brindar a la producción social y solidaria y al cambio en los patrones de consumo. Fortalecer la soberanía alimentaria a través de la capacidad endógena de desarrollar tecnología agropecuaria y el aprovechamiento sustentable de los alimentos culturalmente adecuados que logre sustituir importaciones, permitirá construir un círculo virtuoso que apunte a la reducción de la dependencia externa para la provisión de alimentos, ampliando la participación de la producción nacional.

Los avances de la investigación y una progresiva aceptación por la población permiten seleccionar entre la variedad de cultivos andinos aquellos con inmediata posibilidad de ser rescatados para la alimentación regional y mundial. En la provincia de Tungurahua se pueden encontrar cultivos ancestrales andinos como tomate de árbol, taxo, uvilla, entre otros, lo que permitiría garantizar el desarrollo del presente estudio, además de los beneficios que la industrialización de este tipo de producto generaría tanto para los productores así como para el sector industrial del país.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar el contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante a partir de fibra dietética extraída de cultivos ancestrales andinos.

1.4.2 Objetivos Específicos

- 1.4.2.1** Utilizar el método de Folin Ciocalteu. Para la determinación del contenido de compuestos fenólicos de los extractos de fibra dietética.
- 1.4.2.2** Determinar la capacidad antioxidante de los extractos de fibra dietética por el método ABTS.
- 1.4.2.3** Establecer la relación que existe entre el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.
- 1.4.2.4** Correlacionar el color de cada uno de los extractos de cultivos ancestrales andinos con la capacidad antioxidante, basada en la composición bibliográfica de sus pigmentos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

La investigación científica ha 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).

Las fibras más utilizadas en el mercado actual son salvados de trigo y avena, fibras de frutas y fibra de soja y en menor proporción otras tales como quitosano, inulina, glucanos, oligosacáridos, gomas, polisacáridos de algas, pectinas y almidón resistente. Por otro lado 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).

La excesiva oxidación de biomoléculas da lugar a diversos daños en el organismo. Así, un exceso de radicales libres se ha relacionado con una mayor incidencia de diversas enfermedades degenerativas como cáncer, enfermedades cardíacas, inflamación, artritis, disfunción cerebral, aceleración del envejecimiento (Finkel T. y Holbrook N.J. 2000) (Pratico D. y Delanty N. (2000)

El mecanismo por el que los radicales libres producen sus efectos transcurre mediante una reacción radicalaria, en la que se forman especies reactivas oxigenadas, que son las que producen los efectos nocivos. Este proceso se ve favorecido por la presencia de oxígeno y de luz ultravioleta, que inicia la formación de radicales libres. La naturaleza ofrece una gran oportunidad para el descubrimiento de nuevos compuestos naturales con diversas

actividades (Simmonds M. 2003), especialmente en aquellas zonas con una gran flora autóctona (Monge A. et al 2000). Las plantas y algas marinas están sometidas a una intensa radiación ultravioleta y una alta concentración de oxígeno en su entorno. Pero los efectos nocivos de los radicales libres producidos en estas condiciones, son neutralizados por antioxidantes naturales (Koleva I. et al 2002).

Estos antecedentes justifican la utilización de fibra antioxidante y fibra soluble para la formulación de un nuevo ingrediente o suplemento alimenticio que contenga antioxidantes.

2.1.1 Cultivos ancestrales andinos

Los cultivos andinos son parte de las variedades trabajadas ancestralmente por las sociedades prehispánicas constituyendo un verdadero repositorio de material filogenético de importancia única y trascendental los mismos que se han adaptados a los ecosistemas de alturas, con duras condiciones y alta variabilidad climática. Al mismo tiempo, se trata de cultivos de alto valor nutricional, cuyas características los hacen adecuados para los consumos dietéticos.

A lo largo de los años fueron desplazados por otros cultivos y su propio consumo fue culturalmente postergado. Hoy son cultivos complementarios en las economías familiares pobres y generalmente producidas sin insecticidas y fertilizantes químicos.

La agricultura andina tradicional, está guiada por un conocimiento técnico autóctono, el cual se manifiesta en una serie de prácticas de la producción y conservación que puede servir de base para el desarrollo de una estrategia agroecológica de desarrollo en los ámbitos económico, social, ecológico, nutricional y funcional en nuestro país y en el resto de países atravesados por la cordillera de los Andes. (Peralta, E. 2006) www.pdfio.com/k-496604.html

2.1.1.1 Tomate de árbol



Figura 2.1.1.1. 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).

2.1.1.2 Taxo



Figura 2.1.1.2. 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. Es fuente de niacina y carotenos, presenta cualidades antioxidantes, combate cálculos renales y enfermedades urinarias. Es de gran aplicación en farmacia y alimentos. (Szauser, M. y Gómez, J. 2005)

2.1.1.3 Uvilla



Figura 2.1.1.3. Uvilla

Nombre científico: *Physalis peruviana*

Nombre común: Uvilla, uchuva, baya dorada.

Familia: *Solanaceae*

Es un cultivo que se adapta fácilmente a una amplia gama de condiciones climáticas, pero en los trópicos se adapta mejor en altitudes entre 1800 y 2800 msnm y a temperaturas entre 13 y 18°C. Es susceptible a las heladas, necesita de buena iluminación y protección contra los vientos fuertes, requiere de una precipitación entre 1000 y 2000 mm bien distribuidos en el año. Crece en cualquier suelo bien drenado pero se desarrolla mejor en suelos arenos-arcillosos. (Fennema, O. 2000)

2.1.1.4 Amaranto



Figura 2.1.1.4. Amaranto

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).

2.1.1.5 Mortiño



Figura 2.1.1.5. 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 que se perfila como uno de los frutos con mayores propiedades antioxidantes (Matill, H. 1947).

2.1.1.6 Babaco



Figura 2.1.1.6. 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 H.1947).

2.1.1.7 Tuna



Figura 2.1.1.7. Tuna

Nombre científico: *Opuntia ficus-indica*

Nombre común: Tuna.

Familia: *Cactáceae*

Es una fruta de gran interés para la alimentación animal. Cultivo de gran importancia económica, como fruta en nuestro medio es una fuente de fibra vegetal, carbohidratos y vitaminas.

Tiene propiedades medicinales, nutritivas, diuréticas, antiespasmódicas y emolientes. El fruto es un buen nutriente, puede desecarse y conservarse, es rico en azúcares, vitaminas y sales minerales, con ellos se puede preparar mermeladas y también puede obtenerse un líquido alcohólico destilable. (Fennema, O. 2000)

2.1.1.8 Mora



Figura 2.1.1.8. Mora

Nombre científico: *Rubus glaucus*

Nombre común: Mora, mora de castilla.

Familia: *Rosaceae*

La mora es una planta nativa del norte de los Andes Suramericano, que se extendió hasta las tierras del sur de México y otras zonas tropicales, la cual pertenece al género *Rubus*, de la familia de las Rosáceas (*Rosaceae*) y pertenece a la especie *Rubus glaucus* Benth (Bautista, 1977, Avilán, 1992).

Tiene múltiples usos, el principal el como fruta fresca y como materia prima en la fabricación de jugos, mermeladas, jaleas, conservas, concentrados y en la actualidad como fuente de colorantes naturales (Martínez, A. 2007).

2.1.1.9 Pepino dulce



Figura 2.1.1.9. Pepino dulce

Nombre científico: *Solanum muricatum*

Nombre comun: Pepino dulce (Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia).

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. Es importante fuente de vitamina C, tan bueno como cualquier cítrico, conteniendo alrededor de 35 mg. por cada 100 gr. Además suministra una apreciable cantidad de vitamina A. (Matill HA 1947).

2.1.1.10 Capulí



Figura 2.1.1.10 Capulí

Nombre científico: *Prunus serotina*

Nombre comun: Capulí

Familia: *Rosaceae*

El capulí (*prunus serotina*), está considerado como una especie nativa originaria de centro y Suramérica; lastimosamente en la actualidad no forma parte del conocimiento cotidiano como ingrediente para la elaboración de platillos locales. Se han perdido las costumbres antiguas de obtener un alimento de la naturaleza por nuestros propios medios, por esto es que la cosecha de capulí esta prácticamente extinguiéndose hoy en día porque los comerciantes y vendedores no saben la riqueza que se puede obtener de esta planta en valles andinos y regiones semiáridas del Ecuador, así mostrando hermosos paisajes en este tipo de zonas en las que se desarrollan y fructifican espontáneamente. (INIAP. 1996-2004)

2.1.2 Fibra dietética.

2.1.2.1 Generalidades.

La fibra dietética se reconoce hoy, como un elemento importante para la nutrición sana. No es una entidad homogénea y probablemente con los conocimientos actuales tal vez sería más adecuado hablar de fibras en plural. No existe una definición universal ni tampoco un método analítico que mida todos los componentes alimentarios que ejercen los efectos fisiológicos de la fibra. Según Rojas Hidalgo, “la fibra no es una sustancia, sino un concepto, más aun, una serie de conceptos diferentes en la mente del botánico, químico, fisiólogo, nutriólogo o gastroenterólogo” (Trowell H. et al 1976).

Además a la fibra dietética se la considera como el remanente de las partes comestibles de los vegetales que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado y tiene una fermentación parcial o completa en el intestino grueso. La fibra dietética promueve efectos fisiológicos importantes en el cuerpo, tales como efecto laxante, disminución del colesterol sanguíneo y disminución de la glicemia, por lo que ha adquirido gran importancia en nutrición y salud. Actualmente, es el ingrediente más utilizado en la elaboración de alimentos nutraceuticos, representando más de un 50% del total de ingredientes del mercado, y presentando una expansión como suplemento dietético y farmacéutico. También los oligosacáridos han destacado porque son capaces de aumentar la absorción de calcio y reducir el colesterol; propiedades que dependen de sus características estructurales. Por otro lado, el concepto de que el uso de determinados alimentos o sus componentes pueden influir en las características fisiológicas del tracto gastrointestinal y tener efectos sistémicos beneficiosos para el individuo ha despertado mucho interés, especialmente aquellos relacionados con los efectos prebióticos (Lajolo, F. 2010).

2.1.2.2 Tipos de fibra dietética

a) Fibra soluble

Se disuelve en agua y la fibra soluble se encuentra en el salvado de avena, legumbres, nueces, frijoles, y diversas frutas y verduras. En el intestino forma un gel voluminoso que regula el flujo de materiales de desecho a través del tracto digestivo. Las fibras solubles en

contacto con el agua forman un retículo donde queda atrapada, originándose soluciones de gran viscosidad. Los efectos derivados de la viscosidad de la fibra son los responsables de sus acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocarbonado y en parte su potencial anticancerígeno (Cherbut, CH.1998).

b) La fibra insoluble

Las fibras insolubles o poco solubles son capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad; esto produce un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal. Es la base para utilizar la fibra insoluble en el tratamiento y prevención. Por otra parte también contribuye a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon (Cherbut CH. 1998).

2.1.3 Antioxidantes

Los antioxidantes son moléculas capaces de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. La oxidación es una reacción química de transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante. Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que comienzan reacciones en cadena que dañan las células.(Matill, HA. 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, recorren nuestro organismo intentando robar un electrón de las 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 (World Health Organization. 1990). Los antioxidantes son moléculas capaces de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas y su papel principal es terminar con las reacciones de oxidación e inhibir otras reacciones de oxidación oxidándose ellos mismos. Algunas de las sustancias antioxidantes naturales más conocidas son el β -caroteno (pro-vitamina A), la vitamina C (ácido ascórbico), la vitamina E (α -tocoferol), el selenio, etc. (Lampe, J. 1999).

2.1.3.1 Historia de los antioxidantes

El término antioxidante fue utilizado originalmente para referirse específicamente a un producto químico que prevenía el consumo de oxígeno. A finales del siglo XIX y a principios del siglo XX, extensos estudios fueron dedicados a las aplicaciones de antioxidantes en importantes procesos industriales, tales como la prevención de la corrosión del metal, la vulcanización del caucho, y la polimerización de combustibles en la formación de escoria en motores de combustión interna. (Jacob, R. 2007)

Las primeras investigaciones sobre el rol de los antioxidantes en biología se centró en su uso para la prevención de la oxidación de grasas insaturadas, que es la principal causa de rancidez en los alimentos. La actividad antioxidante podía ser medida simplemente colocando la grasa en un contenedor cerrado con oxígeno y midiendo la tasa de consumo de éste. Sin embargo fue la identificación de las vitaminas A, C y E como antioxidantes lo que revolucionó el campo y condujo a dilucidar la importancia de los antioxidantes en la bioquímica de los organismos vivos. (Wolf, G. 2005).

Los posibles mecanismos de acción de los antioxidantes, fueron investigados por primera vez cuando se reconoció que una sustancia con actividad antioxidante probablemente era una que se oxidaba a sí misma fácilmente. La investigación de cómo la vitamina E prevenía el proceso de per-oxidación de lípidos condujo a la identificación de antioxidantes como agentes reductores que previenen reacciones oxidativas, a menudo depurando especies reactivas del oxígeno antes de que puedan dañar las células. (Lee, J. et al. 2004).

2.1.3.2 Actividad antioxidante de compuestos fenólicos.

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos se ve determinada por su estructura química, por lo que existen grandes diferencias en la efectividad como antioxidantes entre los distintos grupos de compuestos. Los compuestos fenólicos pueden actuar como antioxidantes mediante dos mecanismos principales: como captadores de radicales libres y como donantes de hidrógeno o electrones en reacciones de terminación que rompen el ciclo de generación de nuevos radicales libres, deteniendo las reacciones en cadena en las que están implicados los radicales libres (Miller, N. y Evans, R. 1997).

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos varía en función del número y posición de grupos hidroxilo, grado de polimerización o la presencia de azúcares, su

solubilidad relativa en fase acuosa o lipofílica. Generalmente, los compuestos hidrofóbicos entran en las células más rápido que los hidrofílicos por procesos de difusión simple. Una vez en el organismo, los compuestos fenólicos más hidrofóbicos tendrán su destino en ambientes lipídicos y los más hidrofílicos quedarán en medios más acuosos (Parr, S. y Bolwell, 2000). Por ello, los compuestos fenólicos con más afinidad por los ambientes lipídicos del organismo podrían tener una mayor relevancia en la prevención de enfermedades.

2.1.3.3 Antioxidantes y reacciones de oxidación.

Los antioxidantes son moléculas capaces de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que comienzan reacciones en cadena que dañan las células. Los antioxidantes terminan estas reacciones quitando intermediarios del radical libre e inhibiendo otras reacciones de oxidación oxidándose ellos mismos. Debido a esto es que los antioxidantes son a menudo agentes reductores. (Sies, H. 1997).

Aunque las reacciones de oxidación son cruciales para la vida, también pueden ser perjudiciales, por lo tanto las plantas y los animales mantienen complejos sistemas de múltiples tipos de antioxidantes, tales como las vitaminas C y E, enzimas (catalasa, superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa), así como proteínas de unión a metales, etc. Los niveles bajos de antioxidantes o la inhibición de las enzimas antioxidantes causan estrés oxidativo y pueden dañar o matar las células del organismo. (Halliwell, B. y Whiteman, M. 2004).

El sistema anti-oxidante contiene tres grupos principales de antioxidantes: primarios, secundarios y terciarios.

- **Antioxidantes primarios**

Previenen la formación de nuevos radicales libres, esto lo consiguen convirtiendo los radicales libres existentes en moléculas menos perjudiciales antes de que puedan reaccionar o evitando la formación de radicales libres a partir de otras moléculas, por ejemplo:

- Superóxido dismutasa (SOD): convierte la molécula de oxígeno (O_2) en peróxido de hidrógeno.
- Glutatión peroxidasa (GPx): convierte el peróxido de hidrógeno y los peróxidos lipídicos en moléculas inofensivas antes de que formen radicales libres.

- **Antioxidantes secundarios**

Capturan los radicales evitando las reacciones en cadena, por ejemplo: Vitamina E (α -tocoferol), Vitamina C (ascorbato), β -caroteno, Ácido úrico, Bilirrubina, Albúmina.

- **Antioxidantes terciarios**

Reparan las biomoléculas dañadas por los radicales libres. Incluyen enzimas reparadoras de ADN y la metionina sulfóxido reductasa.

2.1.3.4 Capacidad antioxidante de las frutas

Existen numerosos estudios sobre la actividad antioxidante de los alimentos de consumo corriente en las diferentes culturas: las frutas, las hierbas, el té, el cacao, las verduras, los cereales, entre otros.

El estudio de la actividad antioxidante en frutas ha permitido la identificación de los compuestos fenólicos, carotenoides y vitamina C de los frutos como los responsables de la protección del fruto contra las sustancias oxidantes. La actividad química de los polifenoles que definen sus cualidades antioxidantes es producto de su capacidad de donar electrones y átomos de hidrógeno, así como su alta estabilidad y baja reactividad química en su forma oxidada. Anteriormente ha sido estudiada la alta capacidad de los polifenoles de reducir sustancias oxidantes como el radical hidroxilo ($OH\bullet$), anión radical superóxido ($O_2\bullet^-$), radicales peroxil ($ROO\bullet$) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2), así como los intermediarios oxidados altamente reactivos (Javanmardi, J. y Kubota, C. 2006)

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos ha sido estudiada ampliamente en frutas como fresa, guayaba, tomate, manzana, pera y durazno, entre otros, encontrándose que los fenoles presentes en el fruto son los principales responsables de la actividad antioxidante, junto con otros compuestos como ácido ascórbico, α -tocoferol y compuestos carotenoides. Muchos de estos compuestos fenólicos se encuentran en los alimentos

conjugados con azúcares de forma natural, mientras que los compuestos fenólicos libres normalmente se encuentran en su forma libre en tejidos muertos o maduros. (Javanmardi, J. y Kubota, C. 2006)

2.1.4 Radicales libres

Los radicales libres (RL) son átomos o grupos de átomos que tienen uno o más electrones desapareados lo cual los hace altamente inestables y reactivos (Basaga, H. 1989). Estos radicales recorren nuestro organismo intentando robar un electrón de las moléculas estables, con el fin de alcanzar su estabilidad electroquímica mediante reacciones de óxido-reducción. (Daglia, M. 2000).

Una vez que el RL ha conseguido robar el electrón que necesita para aparear su electrón libre, la molécula estable que se lo cede se convierte a su vez en un nuevo RL, por quedar con un electrón desapareado, iniciándose así una verdadera reacción en cadena que destruye nuestras células. La vida biológica media del RL es de microsegundos; pero tiene la capacidad de reaccionar con todo lo que esté a su alrededor provocando un gran daño a las moléculas y a las membranas celulares. (Daglia, M. 2000).

Ante la presencia de radicales libres, el organismo debe neutralizarlos y defenderse, para así evitar la lesión de los tejidos. El problema propiamente dicho, aparece cuando la concentración de estos radicales libres es muy elevada, ya que cuando los mismos se encuentran presentes en el organismo en cantidades adecuadas aportan algunos beneficios, como: luchar contra bacterias y virus, regulación de la estructura y función de las proteínas, control del tono muscular, etc.

Las consecuencias del exceso de radicales libres en el organismo, afectan directamente nuestro estado de salud favoreciendo el envejecimiento prematuro y problemas en el sistema cardiovascular y nervioso, entre otros (Prior, R. Et al. 2005.)

Existen dos tipos de fuentes de radicales libres:

Internos	Externos
Ejercicio muy intenso. Estrés. Algunos procesos metabólicos.	Mala dieta (mala alimentación). Consumo de tabaco. Consumo de alcohol. Ciertos medicamentos. Exceso de exposición solar Contaminación.

Fuente: Prior, R. Et al 2005

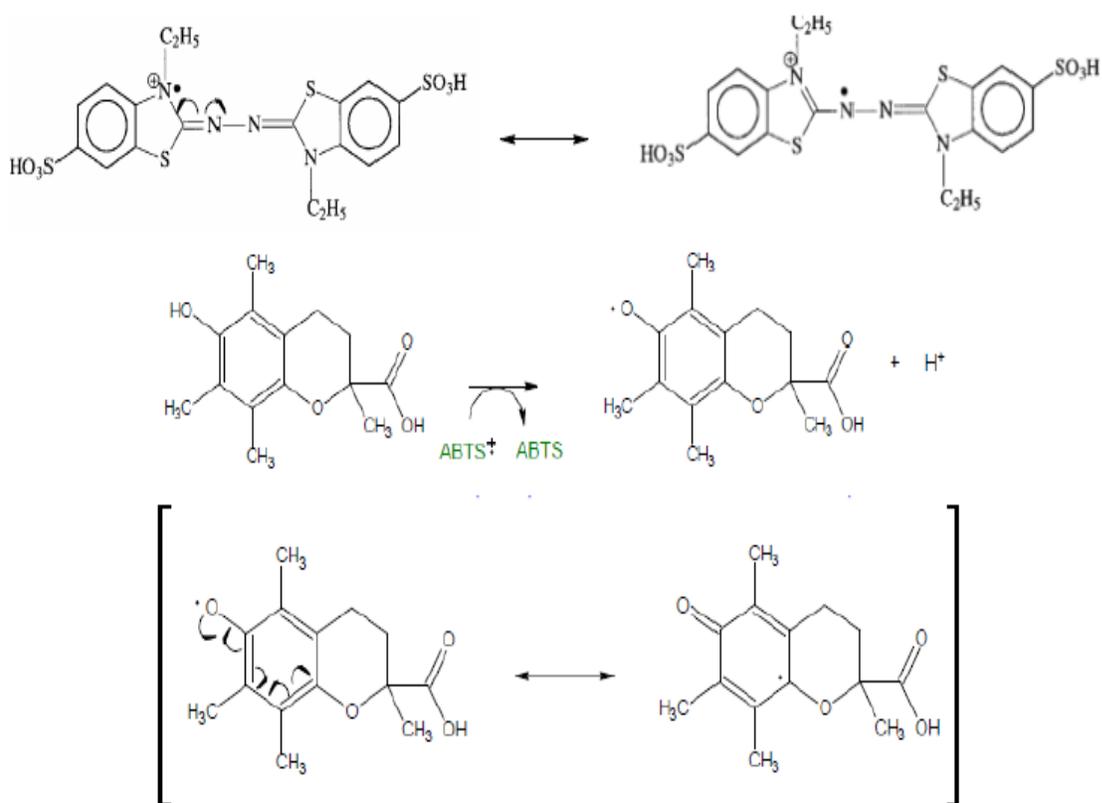
2.1.5 Mecanismo de acción de los radicales libres.

2.1.5.1 Mecanismo de acción del radical ABTS⁺

Inicialmente el ABTS es oxidado por medio del persulfato de potasio (K₂S₂O₈) para formar el catión radical ABTS^{•+} que es cuantificable a 734 nm. El ABTS^{•+} 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^{•+} puede reaccionar con el compuesto polifenólicos (se emplea el trolox como compuesto de referencia), ocasionando la formación del ABTS (incolore) y la oxidación del compuesto poli fenólico.

Entre mayor es la actividad antioxidante del polifenol, mayor es la decoloración generada sobre el ABTS^{•+} debido a que se cuantifica la decoloración del cromóforo ABTS^{•+} ocasionada por el proceso de reducción. Los compuestos polifenólicos son buenos compuestos antioxidantes debido a la capacidad que tienen de estabilizar la carga generada sobre el polifenol y la posterior formación de la quinona, ocasionando la completa neutralización de la carga generada tras el proceso de oxidación. De esta manera, el método ABTS permite la cuantificación de la actividad antioxidante de carácter principalmente hidrofílico (antioxidantes solubles en agua), aunque el método también puede ser extrapolado a antioxidantes lipofílicos como los carotenoides. (Osman, A.; Wong, K.; Fernyhough, A. 2006).

Figura N° 2.1.5.1. Mecanismo de acción del radical ABTS.



Mecanismo de estabilización del catión radical $ABTS^{\bullet+}$ (arriba), reacción del catión radical $ABTS^{\bullet+}$ con el trólox (centro) y mecanismo de estabilización del radical formado en el trólox (abajo).

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

El presente trabajo de investigación pretende ofrecer alternativas rentables y ecológicas para brindar solución a muchos de los problemas alimenticios que presenta nuestro país, empleando recursos autóctonos de los andes ecuatorianos.

Por ello, para esta investigación se considerara el paradigma positivista también denominado paradigma cuantitativo, empírico analítico racionalista, ya que trata de predecir que algo va a suceder y luego verificarlo o comprobarlo, rigiéndose por las leyes que permiten explicar, predecir y controlar los fenómenos del mundo natural y pueden ser descubiertas y descritas por los investigadores con métodos adecuados, ya que se basa en la

experiencia y es válido para todos los tiempos y lugares, con independencia de quien lo descubre.

Para sustentar este paradigma es importante sostenerse en literatura como la que se citó anteriormente, la cual describe de forma más detallada los pormenores bibliográficos de esta investigación.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Artículos de la Constitución de la República del Ecuador

Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.

Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva. La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, con enfoque de género y generacional.

Art. 400.- El Estado ejercerá la soberanía sobre la biodiversidad, cuya administración y gestión se realizará con responsabilidad intergeneracional.

Se declara de interés público la conservación de la biodiversidad y todos sus componentes, en particular la biodiversidad agrícola y silvestre y el patrimonio genético del país.

Artículos del código de la producción del Ecuador

Art. 22. Medidas específicas.- El Consejo Sectorial de la Producción establecerá políticas de fomento para la economía popular, solidaria y comunitaria, así como de acceso democrático a los factores de producción, sin perjuicio de las competencias de los Gobiernos Autónomos Descentralizados y de la institucionalidad específica que se cree para el desarrollo integral de este sector, de acuerdo a lo que regule la Ley de esta materia.

Adicionalmente, para fomentar y fortalecer la economía popular, solidaria y comunitaria, el Consejo Sectorial de la Producción ejecutará las siguientes acciones:

- a) Elaborar programas y proyectos para el desarrollo y avance de la producción nacional, regional, provincial y local, en el marco del Estado Intercultural y Plurinacional, garantizando los derechos de las personas, colectividades y la naturaleza.
- b) Apoyar y consolidar el modelo socio productivo comunitario para lo cual elaborará programas y proyectos con financiamiento público para: recuperación, apoyo y transferencia tecnológica, investigación, capacitación y mecanismos comercialización y de compras públicas, entre otros.
- d) Promover la seguridad alimentaria a través de mecanismos preferenciales de financiamiento de las micro, pequeña, mediana y gran empresa de las comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, afroecuatorianas y montubias.

Artículos del plan nacional para el buen vivir 2009 – 2013

6.8 Inversión para el Buen Vivir en el marco de una macroeconomía sostenible

Fortalecer la soberanía alimentaria: a través de la capacidad endógena de desarrollar tecnología agropecuaria y el aprovechamiento sustentable de los alimentos culturalmente adecuados que permita sustituir importaciones. Este punto permite construir un círculo virtuoso que apunta a la reducción de 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

Uno de los elementos centrales de la agenda gubernamental para los próximos años constituye el Buen Vivir en los territorios rurales. Ello 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. Adicionalmente, desde los territorios rurales se generan las condiciones de base para la soberanía alimentaria. 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. En función de ello recuperar y apoyar los esfuerzos por recuperar una producción de alimentos suficiente, saludable, sustentable y sistemas de comercialización justos y equitativos.

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

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

Política 1.8. Impulsar el Buen Vivir rural.

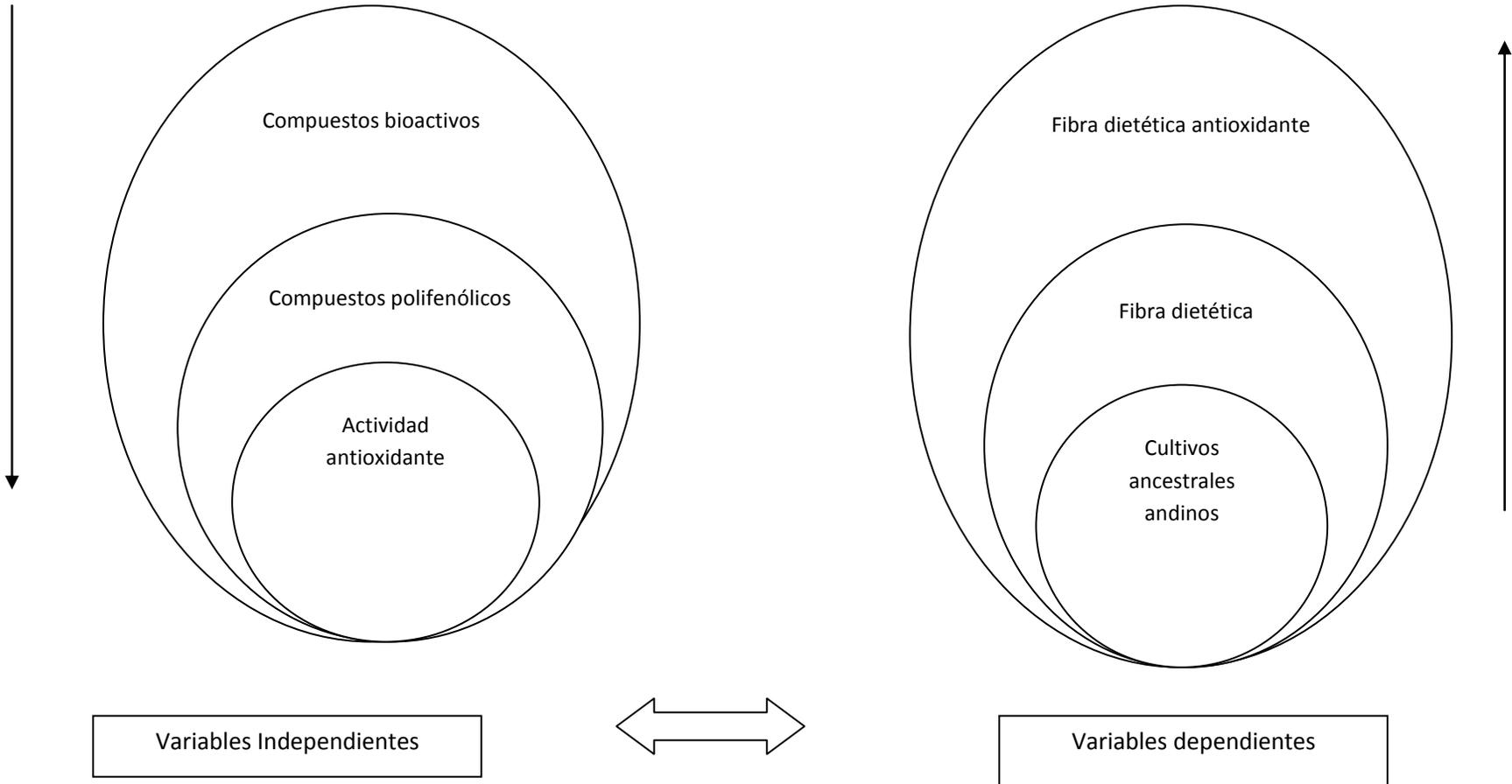
c. Promover, fortalecer y revalorizar las culturas campesinas, de sus formas de organización y prácticas. d. Fomentar actividades productivas que mejoren las condiciones de vida de la población rural, e impulsar la generación de valor agregado.

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

a. Fomentar la producción de alimentos sanos y culturalmente apropiados de la canasta básica para el consumo nacional, evitando la dependencia de las importaciones y los patrones alimenticios poco saludables.

b. Impulsar la industria nacional de alimentos, asegurando la recuperación y la innovación de productos de calidad, sanos y de alto valor nutritivo, articulando la producción agropecuaria y con el consumo local.

2.4 Categorías fundamentales



2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis Alternativa

H1: Los cultivos ancestrales andinos presentan compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.

2.5.2 Hipótesis Nula

H0: Los cultivos ancestrales andinos no presentan compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.

2.6 Señalamiento de variables

Variable Independiente

Actividad antioxidante.

Variable Dependiente

Cultivos ancestrales andinos.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 Enfoque

El presente estudio tiene un enfoque tanto cuantitativo como cualitativo. Cualitativo ya que se pretende determinar la presencia o ausencia de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante y cuantitativo pues se determinará la cantidad de compuestos fenólicos y actividad antioxidante extraída de cultivos ancestrales andinos a partir de la cual se recogerá información empírica de aspectos que se puedan contar y medir para que luego de un análisis arrojen resultados, que permitan revalorizar los cultivos ancestrales andinos que se ven desplazados por la presencia de especies foráneas.

3.2 Modalidad básica de la investigación

Las modalidades de investigación en las que se enmarcó el presente estudio fueron: De campo, Experimental y Bibliográfica.

Experimental

Los extractos de fibra dietética se sometieron a una serie de pruebas las mismas que permitieron determinar la presencia de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en cultivos ancestrales andinos para su utilización como suplemento alimenticio en productos que fomenten la soberanía alimentaria.

Bibliográfica

Para la presente investigación fue revisada bibliografía relevante publicada acerca de cultivos ancestrales andinos que puedan ser empleados como suplemento alimenticio por su gran contenido de fibra dietética con capacidad antioxidante.

3.3 Nivel o tipo de investigación

Para la realización del trabajo investigativo en mención acude el siguiente tipo de investigación:

Investigación Explicativa

Se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas, como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimiento.

3.4 Población y muestra

En la presente investigación se aplica una metodología de muestreo probabilística aleatoria simple motivo por el cuál no se tomó en cuenta la población N, puesto que las muestras de los diferentes cultivos ancestrales andinos se las recolectó de forma directa de los productores de los cultivos ancestrales andinos de la provincia de Tungurahua, de forma aleatoria, pues las metodologías que se emplearon requieren de cantidades muy ínfimas de cada uno de los diferentes cultivos ancestrales andinos.

3.5 Operacionalización de Variables

HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INDICES
<p>Los cultivos ancestrales andinos presentan contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.</p>	<p>- Cultivos ancestrales andinos.</p>	<p>Tipo de cultivo</p> <p>Compuestos bioactivos.</p>	<p>-10 tipos de cultivos</p> <p>- Compuestos fenólicos</p> <p>- Capacidad antioxidante</p>
	<p>- Contenido de compuestos fenólicos por el método de Folin Ciocalteu.</p> <p>- Capacidad antioxidante por el método de ABTS.</p>	<p>Compuestos fenólicos</p> <p>Actividad antioxidante</p>	<p>mg de ácido gálico (GA)/100 g de fibra dietética.</p> <p>mg Trolox/g fibra dietética..</p>

Elaborado por: Arturo Guerrero

3.6 Recolección de información, procesamiento, análisis e interpretación

Las técnicas utilizadas para la recolección de la información fueron de forma de tipo sensorial para la recolección de materia prima y físico química para los métodos a utilizarse en la determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.. Para lo cual se partió de 1kg de cada uno de los diferentes cultivos ancestrales andinos, seleccionaron las frutas en estado maduro y sano para poder iniciar con la investigación.

3.6.1. Diseño Experimental

Para la determinación del contenido de compuestos fenólicos se aplicó un diseño experimental de un solo factor aleatorizado con 10 observaciones y 3 réplicas, con lo cual se determinó el aspecto influente de manera individual, en el que el factor A representa la parte de la fruta que se va a analizar pues dependiendo el tipo de cultivo existirán cultivos que se los analice de manera completa y otro en la que se analice por separado cada una de sus partes.

Para la determinación de la capacidad antioxidante se aplicó un diseño experimental de un solo factor aleatorizado con 5 observaciones y 3 réplicas, con lo cual se determinó el aspecto influente de manera individual, en el que el factor A representa el tipo de cultivo.

3.6.1.1. Factores y niveles de estudio para la determinación del contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante

Tabla N° 3.6.1.1 Factores y niveles para determinación del contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en fibra dietética.

TIPO DE CULTIVO	FACTORES	NIVELES
Cultivos andinos	Factor A: Parte de la fruta a analizar	A0 Fruta completa
		A1 Pulpa de la fruta
		A2 Cáscara de la fruta

Elaborado por: Arturo Guerrero

Para el tomate de árbol y pepino dulce se realizó el análisis tanto en fruta completa, pulpa y cáscara, mientras que para el resto de los cultivos se lo realizó en la fruta completa.

3.6.2 Manejo específico del ensayo.

3.6.2.1 Muestreo de los cultivos ancestrales andinos.

Para el muestreo se ha seleccionado la provincia de Tungurahua, donde se procedió a la recolección de cada uno de los diferentes cultivos ancestrales andinos lo que permitió obtener información para comprobar las hipótesis planteadas.

3.6.2.2 Obtención del extracto seco con concentrado de compuestos bioactivos.

Se partió de 1 Kg. de cada uno de los diferentes cultivos andinos, seleccionando los mas promisorios para el estudio. El material vegetal se lavó con agua salina, se los troceó y se los colocó en una bandeja dentro del túnel de secado del laboratorio de procesos de la FCIAL, a temperatura menor de 60°C, hasta una humedad final del $13 \pm 2\%$. Posteriormente se procedió al molido en un molino de café y finalmente se procedió a tamizar en un cedazo N° 60 de 20 cm de diámetro y malla 0,33 mm.

3.6.2.3 Contenido de fibra dietética en cultivos ancestrales andinos.

Tabla N° 4.2.1 Contenido de fibra dietética en cultivos ancestrales andinos g/100gr.

Cultivo Ancestral Andino	Contenido de fibra dietética g/100gr de fruta
Babaco	1.2
Uvilla	4.9
Tuna	0.5
Pepino dulce completo	0.5
Capulí	0.6
Amaranto	30
Mortiño	9.8
Taxo	62
Mora	32
Tomate de árbol completo	1.1

Fuente: Hernández, M. et al.1999

3.6.2.4 Extracción de compuestos bioactivos

Se pesó 1.5 g de fruta seca seco, a dicho material vegetal seco se le añadieron 30 ml de metanol / agua (50:50) acidificado con HCl para obtener un pH final de 2.0, posteriormente se procedió a licuar durante 30 segundos a baja velocidad. Finalmente se licuó nuevamente por 15 segundos a la máxima potencia de 600 watts. A continuación se centrifugó por 15 minutos a 5000 rpm. Finalmente se separó el sobrenadante y el residuo se lo sometió a una segunda extracción con acetona/agua (70:30), repitiéndose el licuado y la centrifugación. Posteriormente estos sobrenadantes se mezclaron para congelarlos a -12°C hasta realizar los respectivos análisis de fenoles y capacidad antioxidante respectivamente. (Calixto, S. Fulgencio, D. Jiménez, A. 2003).

3.6.3. Determinación del contenido de compuestos fenólicos

3.6.3.1 Ensayo de fenoles totales de Folin-Ciocalteu, F-C.

Se fundamenta en una reacción de oxidación / reducción que es el mecanismo molecular, gracias al carácter reductor del reactivo F-C, que utiliza una mezcla de ácidos fosfowolfrámico y fosfomolibdico en medio básico, que se reducen al oxidar los compuestos fenólicos, originando óxidos azules de wolframio (W_8O_{23}) y molibdeno (Mo_8O_{23}). La absorbancia del color azul desarrollado se mide a una λ de 765 nm. Los resultados se expresan en mg de ácido gálico por g de muestra: (Prior, R. Wu, X., Schaich K. 2005).

3.6.3.2 Método de Folin Ciocalteu

La concentración de polifenoles totales se medió empleando el método colorimétrico que utiliza el reactivo de Folin Ciocalteu.

Se realizaron 10 observaciones por triplicado para cada uno de los diferentes extractos de cultivos ancestrales andinos, con algunas modificaciones, para lo cual primero se preparó una curva de calibración con ácido gálico a concentraciones de (0, 50, 125, 175, 250 mg/L), de acuerdo al anexo A. El extracto del cultivo ancestral andino (1ml) se mezcló con 10 ml de agua y 1ml de reactivo de Folin Ciocalteu, 3ml de solución de carbonato de sodio al 20%

y se aforó a 25ml. Posteriormente se termostató por 5 minutos y se dejó en reposo por 30 minutos en la oscuridad. Seguidamente se realizaron las mediciones de valores de absorbancia a 765nm.

Los resultados se expresaron en miligramos de ácido gálico (GA)/g fibra de dietética.

3.6.4. Determinación de la capacidad antioxidante

3.6.4.1 Método ABTS

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 actividad antioxidante, para lo cual primero se partió una solución patrón de Trolox a 5000 μM . Se pesó 0,125g de reactivo Trolox y se aforó a 100 ml. 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 250ml de reactivo ABTS disolviendo 10 mg de reactivo ABTS con 1 tableta de buffer citrato fosfato pH 5 del kit de análisis de actividad antioxidante (Sigma Aldrich) y 4.3×10^{-4} g de persulfato de potasio.

Se tomaron 1000 μL del reactivo catión radical ABTS.+ y se lo colocó en cada una de las cubetas, posteriormente se tomaron 10 μL del extracto, teniendo en cuenta que para el taxo y la mora se realizaron diluciones 1/25, se colocó en la cubeta que contenía el reactivo ABTS preparado, posteriormente, se homogenizó y se realizó la medición del valor de absorbancia a 734nm. Los resultados se expresaron en μmol Trolox/g fracción comestible, ver anexo B

3.7 Procesamiento y análisis

Se realizó un análisis estadístico con el Paquete Estadístico INFOSTAT donde se obtuvo la tabla de análisis de varianza ANOVA para determinar el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en los diferentes cultivos, y establecer la diferencia significativa entre los diferentes grupos con un intervalo de confianza del 95%.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó para cada uno de los diferentes cultivos ancestrales andinos empleando el programa estadístico INFOSTAT que es un software para análisis estadístico de aplicación general. Cubre tanto las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado y Excel.

4.2 Contenido de Compuestos Fenólicos

En lo referente al análisis estadístico para determinación del contenido de compuestos fenólicos se realizaron dos etapas, en la primera se realizó un análisis estadístico para todos los cultivos de manera completa (pulpa + cáscara), mientras que en la segunda etapa se realizó una comparación de cada una de las partes del fruto (pulpa y cáscara). El fruto completo (pulpa + cáscara), se analizó para los frutos pepino dulce y tomate de árbol.

4.2.1 Contenido de compuestos fenólicos en frutas completas (pulpa + cáscara)

Tabla N° 4.2.1 Contenido de compuestos fenólicos expresados en mg GA/100 g de fibra dietética.

Cultivo Ancestral Andino	(\pm SD) expresada en mg GA/100 g de fibra dietética.
Babaco	13152,89 \pm 539
Uvilla	20656,33 \pm 666
Tuna	21396,09 \pm 167
Pepino dulce completo	89309,80 \pm 956
Capulí	142649,96 \pm 62719
Amaranto	142692,69 \pm 114
Mortiño	164173,79 \pm 8596
Taxo	230468,56 \pm 13563
Mora	312807,63 \pm 15587
Tomate de árbol completo	397669,52 \pm 39018

Elaborado por: Arturo Guerrero

±SD: Desviación estándar

GA: Ácido Gálico

Las concentraciones de polifenoles totales en las muestras analizadas oscilaron valores entre 13152,89 y 397669,52 mg de ácido gálico (GA/100 g de fibra dietética). Tabla 4.2.1 Los cultivos ancestrales andinos con mayor contenido de compuestos fenólicos en fibra dietética fueron el tomate de árbol (397669,52 mg), que es el que mayor diferencia significativa presentó seguido de la mora (312807,63 mg), taxo (230468,56 mg) y mortiño (164173,79 mg), mientras que el amaranto (142692,69 mg), capulí (142649,96 mg) y pepino dulce (89309,80 mg) presentaron un valor intermedio, no obstante la tuna (21396,09 mg), uvilla (20656,33 mg) y babaco (13152,89 mg) todos expresados en mg de GA/100 g de fibra dietética que fueron los que menor diferencia significativa presentaron.

El contenido de compuestos fenólicos en cada uno de los diferentes cultivos ancestrales andinos se mantuvo estable a pesar del tratamiento aplicado a la fruta, conservando su característica de antioxidante, sin descartar posibles pérdidas en los diferentes procesos de secado, molido y extracción de compuestos bioactivos. Encontrando diferencia significativa como se observa en el anexo C.

4.2.2 Contenido de compuestos fenólicos en Pepino Dulce.

Tabla N° 4.2.2 Contenido de compuestos fenólicos expresados en mg GA/100 g de fibra dietética.

Cultivo Ancestral Andino	(±SD) expresada en mg GA/100 g de fibra dietética
Pepino dulce cáscara	39394,98±1382
Pepino dulce pulpa	51299,78±3134
Pepino dulce completo	89309,80 ± 957

Elaborado por: Arturo Guerrero

±SD: Desviación estándar GA: Ácido Gálico

La determinación del contenido de compuestos fenólicos en cada una de las partes del pepino dulce y en su estructura completa se la realizó puesto que hay personas que consumen el alimento tanto pelado como sin pelar y para corroborar cuál es la parte que presenta mayor contenido de compuestos fenólicos se realizó el análisis por separado.

El análisis que permitió determinar que el pepino dulce completo es el que presenta mayor diferencia significativa en relación a sus partes, donde el mayor contenido de compuestos fenólicos en la pulpa de la fruta (51299,78 mg) mientras que la cáscara presentó un menor contenido de (39394,98 mg), la fruta completa pepino dulce (89309,80 mg) expresados en mg de GA/100 g de fibra dietética. encontrándose diferencia significativa como se observa en el anexo D.

4.2.3 Contenido de compuestos fenólicos en Tomate de Árbol.

Tabla N° 4.2.3 Contenido de compuestos fenólicos expresados en mg GA/100 g fibra dietética.

Cultivo Ancestral Andino	(±SD) expresada en mg GA/100 g de fibra dietética
Tomate de árbol cáscara	98465,80 ± 7780
Tomate de árbol pulpa	184329,69 ± 24371
Tomate de árbol completo	397669,52 ± 39019

Elaborado por. Arturo Guerrero

±SD: Desviación estándar GA: Ácido Gálico

El tomate de árbol fue el fruto que presentó diferencia significativa entre sus partes donde el mayor contenido de compuestos fenólicos, en la pulpa (184329,69 mg), cáscara (98465,80 mg), y fruta completa (397669,52 mg) expresados en mg de GA/100 g de fibra dietética. Tabla 4.2.3.a. encontrándose diferencia significativa ver anexo E.

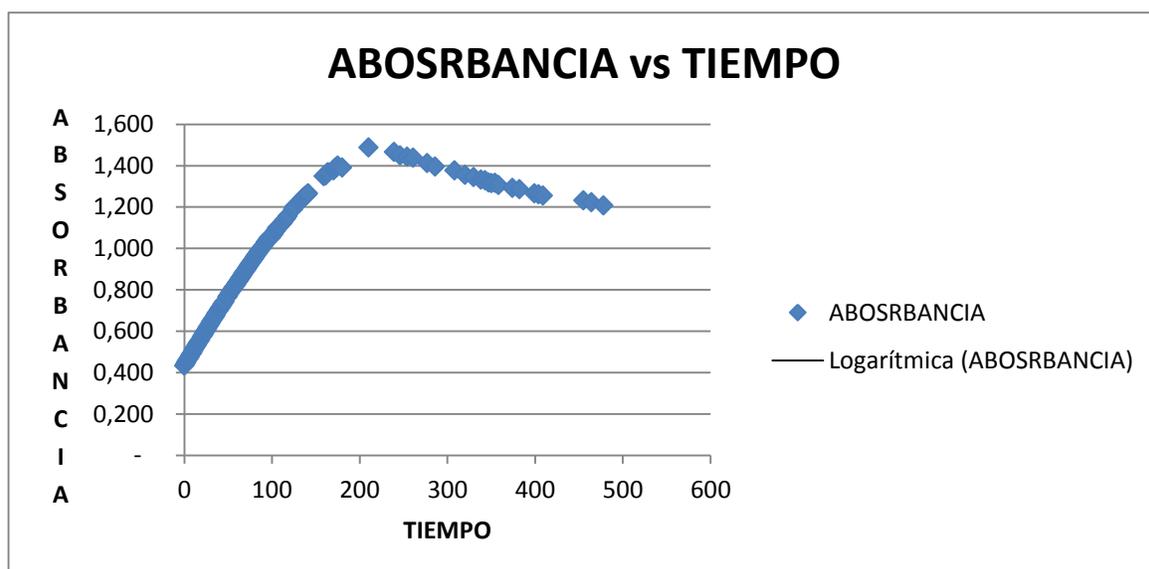
4.3. Cinética del reactivo ABTS

Se realizó una mejora del método empleado por Sigma Aldrich, proveedor de dicho reactivo. La mejora se aplicó considerando lo aportado por Pellegrini y colaboradores en 1998 la misma que consiste en reemplazar al persulfato de potasio por solución stop, mioglobina de corazón de caballo, peróxido de hidrógeno, ya que la mezcla de estos

reactivos es complicada por cuanto se deben tomar cantidades muy ínfimas de cada uno además que una vez mezclados los reactivos tienen un tiempo de vida útil muy corto en el cual no se pueden realizar todos los análisis esperados o de hacerlo pueden existir errores.

Una vez realizada la mejora del método según Pellegrini y colaboradores 1998 se llevó a cabo un seguimiento de la cinética del reactivo ABTS, con el fin de determinar el tiempo real durante el cual se puede emplear el reactivo en la determinación de la capacidad antioxidante antes que su actividad empiece a decrecer y se comprobó que aplicando esta mejora el reactivo permanece estable por mucho más tiempo además que las cantidades de reactivo a emplearse son mínimas y su tiempo de vida útil se prolonga.

Figura N° 4.3. Cinética de reacción de radical ABTS en el Tiempo.



Elaborado por: Arturo Guerrero

En la figura N° 4.3 se puede observar que mientras el reactivo ABTS empieza a reaccionar los valores de absorbancia son directamente proporcionales al tiempo, luego de transcurridas cuatro horas la actividad del reactivo ABTS empieza a decrecer de manera inversa al transcurso del tiempo, lo que significa que el reactivo tiene un determinado tiempo de estabilidad antes de su degradación.

4.4 Contenido de capacidad antioxidante.

4.4.1 Contenido de Capacidad Antioxidante en frutas completas (pulpa +cáscara)

Tabla N° 4.4.1 Contenido de Capacidad Antioxidante expresados en mg de TROLOX/1 g de fibra dietética.

Cultivo Ancestral Andino	(\pm SD) mg de TROLOX/1 g de fibra dietética.
Uvilla	19,3 \pm 2
Babaco	30,67 \pm 2
Tuna	49,73 \pm 2
Pepino dulce completo	249,42 \pm 25
Capulí	314,95 \pm 38
Amaranto	426,12 \pm 2
Mortiño	624,90 \pm 2
Taxo	1272,91 \pm 248
Mora	1346,46 \pm 32
Tomate de árbol completo	11433,72 \pm 87

Elaborado por: Arturo Guerrero

\pm SD: Desviación estándar GA: Ácido Gálico

Con un nivel de confianza del 95%, se determinó que el tomate de árbol es el que presenta mayor diferencia significativa en el el contenido de capacidad antioxidante expresada en mg de TROLOX/1 g de fibra dietética. (Tabla 4.4.1 a) Osciló entre 19,3 y 11433,72 mg Trolox/1 g de fibra dietética.

La capacidad antioxidante en cada uno de los diferentes cultivos ancestrales andinos está relacionada directamente a la cantidad de compuestos fenólicos pues se ha comprobado que a medida que incrementa el contenido de compuestos fenólicos la capacidad antioxidante que presenta el cultivo es mayor. Ver anexo F.

4.4.2 Contenido de Capacidad Antioxidante en Pepino Dulce.

Tabla N° 4.4.2 Contenido de Capacidad Antioxidante expresados en mg de TROLOX/1 g fibra dietética.

Cultivo Ancestral Andino	(±SD) mg de TROLOX/1 g de fibra dietética.
Pepino dulce cáscara	118,97 ± 4
Pepino dulce pulpa	169,16 ± 10
Pepino dulce completo	249,42 ± 25

Elaborado por: Arturo Guerrero

±SD: Desviación estándar GA: Ácido Gálico

Una vez realizado el análisis estadístico en la determinación del contenido de capacidad antioxidante en cada una de las partes del pepino dulce se encontró que el pepino dulce completo es el que presentó mayor diferencia significativa, donde se obtuvo el contenido de capacidad antioxidante en la pulpa (169,16 mg), cáscara (118,97 mg), fruta completa (249,42 mg) expresados como mg de Trolox /g de fibra dietética. No se encontró diferencia significativa entre la pulpa y la cáscara, pero si una diferencia significativa entre la capacidad antioxidante presentado por el fruto completo en relación a sus partes. Tabla 4.4.2 a. En la cual se encontró diferencia significativa entre l fruto completo y sus partes. Ver anexo G.

4.4.3 Contenido de Capacidad Antioxidante en Tomate de Árbol.

Tabla N° 4.4.3 (a). Contenido de Capacidad Antioxidante expresados en mg de TROLOX/1 g de fibra dietética.

Cultivo Ancestral Andino	(±SD) mg de TROLOX/1 g de fibra dietética.
Tomate de árbol cáscara	1779,04 ± 62
Tomate de árbol Pulpa	3932,36 ± 310
Tomate de árbol completo	11433,72 ± 87

Elaborado por: Arturo Guerrero

±SD: Desviación estándar GA: Ácido Gálico

Una vez realizado el análisis estadístico en la determinación del contenido de capacidad antioxidante en cada una de las partes del tomate de árbol se encontró que el tomate de árbol completo presenta diferencia significativa entre cada una de sus parte, el contenido de la capacidad antioxidante en la pulpa (3932,36 mg), cáscara (1779,04 mg) y fruta completa (11433,72 mg) expresados en mg de Trolox /g de fibra dietética Tabla 4.4.3 a. Encontrando se diferencia significativa entre cada una de sus partes. Anexo H.

4.5 Análisis Económico

El análisis económico de la presente investigación se ejecutó en base a los costos en la determinación del contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de cada uno de los diferentes cultivos ancestrales andinos. Ver anexo I.

4.6 Verificación de la hipótesis

Después de haber realizado el procesamiento, análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la determinación del contenido de compuestos fenólicos y capacidad, se acepta la hipótesis alternativa (H_1), afirmando que los cultivos ancestrales andinos presentan contenido de compuestos fenólico y capacidad antioxidante

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El tomate de árbol, mora, taxo son los cultivos andinos que presentan el mayor contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante y podrían ser utilizados en formulaciones que permitan elaborar suplementos o alimentos funcionales. El mortiño, amaranto y capulí presentan una actividad antioxidante en un rango medio. Finalmente, el pepino dulce, tuna y babaco presentaron los valores más bajos de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.
- Los cultivos ancestrales andinos que presentan una pigmentación naranja – amarillo por la presencia de flavonoides, son los que presentan mayor contenido de compuestos fenólicos y 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 compuestos fenólicos y capacidad antioxidante presentan una coloración amarilla por la presencia de xantofilas. (FENNEMA, O. 2000)
- Existe una correlación directa entre el contenido de compuesto fenólicos y la capacidad antioxidante. Esto se corrobora con estudios previos de Vasco Catalina 2008, Saura Calixto 2003, Dayana Rojas 2008, que indican esta observación, ya que los compuestos fenólicos son los mejores captadores de radicales libres.
- En la determinación de la capacidad antioxidante por el método ABTS, Se realizó una mejora del método empleado por Sigma Aldrich, proveedor de dicho reactivo. La mejora se aplicó considerando lo aportado por Pellegrini y colaboradores en 1998 en base a la inestabilidad que presenta el reactivo ABTS en el tiempo, además que las cantidades a emplear de reactivo son muy ínfimas. Una vez realizada la mejora del método según Pellegrini y colaboradores 1998 se llevó a cabo un seguimiento de la cinética del reactivo

ABTS, con el fin de determinar el tiempo real durante el cual se puede emplear el reactivo en la determinación de la capacidad antioxidante antes que su actividad empiece a decrecer y se comprobó que aplicando esta mejora el reactivo permanece estable por mucho más tiempo además que las cantidades de reactivo a emplearse son mínimas y su tiempo de vida útil se prolonga por alrededor de seis horas.

- Las especies que no tuvieron una capacidad antioxidante alta no deben ser descartadas para otros estudios, ya que desde la perspectiva etnomédica han demostrado tener propiedades curativas importantes, lo cual indica que su mecanismo de acción podría ser otro diferente al antioxidante.

5.2 RECOMENDACIONES

- En base a la alta capacidad antioxidante presentada por varios de los cultivos ancestrales andinos, es importante planificar un proceso de revalorizar los cultivos ancestrales andinos fomentando la producción agrícola de estos cultivos ya que presentan un alto contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.
- Desarrollar formulaciones de alimentos nutritivos que incorporen fibra dietética antioxidante obtenida a partir de cultivos ancestrales andinos fomentando la soberanía alimentaria, en vista de la tendencia actual hacia el consumo de alimentos funcionales, en este caso alimentos que proporcionen alto contenido de fibra dietética antioxidante.
- Ante la creciente demanda en el consumo de productos alimenticios procesados se plantea también que es necesario realizar estudios concernientes a la determinación de contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en alimentos procesados, con el fin de determinar que ocurre con la cantidad de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante después del proceso industrialización del alimento.
- Los cultivos ancestrales andinos aquí estudiados son una fuente económica de antioxidantes (polifenoles y flavonoides). Por esta razón, el consumo de estas frutas puede jugar un papel

importante en la prevención de enfermedades relacionadas con la generación de radicales libres por lo que sería interesante poder incluir información sobre contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de los alimentos en la Tabla de Composición de Alimentos del Instituto Nacional de Nutrición.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Datos Informativos

6.1.1 Título:

Determinación del contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante en mermeladas de frutas de cultivos ancestrales andinos como un índice de valor agregado.

6.1.2 Institución Ejecutora:

Universidad Técnica de Amato - Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Bioquímica.

6.1.3 Beneficiarios:

- Familias Campesinas de comunidades de los Andes que cultivan productos ancestrales andinos que actualmente abastecen la demanda Nacional.
- La industria pesto que la demanda de este tipo de productos acrecienta tanto en el mercado nacional como internacional.
- El consumidor final que adquiere un producto con alto contenido de compuestos polifenólicos y actividad antioxidante como valor agregado.

6.1.4 Ubicación:

Universidad Técnica de Ambato

6.1.5 Tiempo estimado de ejecución:

5 meses

6.1.6 Equipo técnico responsable:

Dr. Roman Rodríguez- Arturo Guerrero

6.2 Antecedentes de la propuesta

La guayaba (*Psidiumguajava*L.) es una fruta tropical de gran aceptación en los trópicos, donde se consume fresca y procesada. En este trabajo se comparó el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de la piel, cáscara, pulpa de la fruta fresca, pulpa procesada y mermelada de guayaba. El mayor contenido de polifenoles fue encontrado para la piel de la guayaba y el menor en la mermelada. Se encontró que la capacidad antioxidante de la piel fue diez veces superior a la de la pulpa, y la de la mermelada el doble que la del casco. La transformación de la pulpa de fruta en mermelada, redujo el contenido de polifenoles totales presentes en la pulpa, mientras que la capacidad antioxidante de la piel fue diez veces superior a la de la pulpa de fruta, y la de la mermelada. (Marquina V. 2008).

La uchuva es considerada una fruta exótica y es utilizada para preparar yogurt, postres, helados, bebidas, mermeladas y salsas. Es ampliamente conocida por sus propiedades fisicoquímicas, nutricionales y medicinales, las cuales son asociadas a la capacidad antioxidante de los polifenoles presentes; es excelente fuente de provitamina A, rica en vitamina C, E, K1 y complejo vitamínico B. Los principales componentes activos de la vitamina A en los frutos son el α -caroteno, β -caroteno y β -criptoxantina (Ivonne Cerón. Et al 2010).

6.3 Justificación

El determinar el contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante en dulces o mermeladas de cultivos ancestrales andinos como un índice de valor agregado para productos de exportación con calidad gourmet para el mercado Europeo, parte del punto vista de validación del proceso en la elaboración de dulces o mermeladas, pues la capacidad antioxidante y el contenido de compuestos fenólicos puede disminuir por el efecto de cocción, escalado.

La sostenibilidad de la propuesta está basada en una diversidad de factores, siendo los principales la preservación y fortalecimiento de las tradiciones ancestrales basada en la implementación de

nuevas tecnologías permitirán obtener una mayor rentabilidad y recuperación de la identidad y la cultura del país. Además del carácter económico, ambiental, cultural, técnico-productivo y, de comercialización que busca grandes beneficios a la industria alimentaria nacional beneficiando a las diferentes comunidades de productores de cultivos andinos y consumidores que van a adquirir un producto de calidad con alto contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante como valor agregado.

Además que en los últimos años la demanda de productos alimenticios con altos beneficios para la salud se ha incrementado en el mercado mundial principalmente en el mercado Europeo, quienes han aumentado las importaciones de mermeladas principalmente Alemania con un 10.2 %.

En Europa existe cada vez más, mayores regulaciones en el campo de la seguridad, salud, calidad y medio ambiente. Donde el objetivo actual y futuro del mercado Europeo, es lograr el bienestar del consumidor, y cualquier producto que cumpla con los requisitos mínimos de calidad, tiene libertad de movimiento dentro de la Unión Europea, pero debido a la cada vez mayor importancia que tiene la Calidad dentro de la Unión Europea, aquellos productos, que cumplan, los más altos estándares de Calidad, tendrán preferencia por parte de los consumidores.

6.4 Objetivos

General

- Determinar el contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante en dulces o mermeladas de cultivos ancestrales andinos. como un índice de valor agregado para productos de exportación con calidad gourmet para el mercado Europeo.

Específicos

- Determinar la relación del contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante entre la fruta fresca y sus derivados.
- Verificar si el contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante se mantiene luego de que la fruta ha sido procesada.

- Comparar los datos obtenidos con estándares de calidad de requeridos por el mercado europeo.

6.5 Análisis de factibilidad

El Ecuador es considerado un de los principales países productores de cultivos ancestrales andinos, pues la diversidad de frutos en el mercado nacional es cada vez mayor, introduciéndose diariamente nuevos frutos de la región andina cuyas propiedades y actividades no están totalmente determinadas, a mas de que la industria Ecuatoriana tiene los medios adecuados para la elaboración de productos derivados. En los últimos años se ha incrementado el interés por parte de las industrias alimentarias y los consumidores por el concepto de alimento funcional. Así, con un consumidor cada vez más interesado en alimentos más saludables y una industria alimentaria que ha comprendido la potencialidad del mercado de los alimentos.

El empleo de compuestos antioxidantes incluido como alimento funcional hace referencia a alimentos o ingredientes que mejoran el estado general de salud reduciendo el riesgo de enfermedad.

Por esta razón, el presente trabajo de investigación trata incorporar tanto en el mercado nacional como internacional, mermeladas que contengan compuestos fenólicos y actividad antioxidante como valor agregado y que cumpla con los requerimientos que demanda el mercado mundial principalmente el mercado europeo.

En este contexto, la adición de compuestos que presenten actividad antioxidante en productos elaborados, ha sido propuesta factible para el desarrollo de alimentos funcionales con una actividad antioxidante incrementada De hecho, en el campo del desarrollo de nuevos ingredientes se está produciendo un aumento en la producción de este tipo de extractos vegetales en los cuales los compuestos bioactivos son aislados y concentrados para su uso como suplementos alimenticios o como ingredientes en la elaboración de alimentos funcionales.

Además, existe abundante información en la literatura científica relativa a los niveles de compuestos fenólicos de este tipo de frutas, así como de su actividad antioxidante y de su estabilidad tras el procesado de forma natural a partir de frutas de colores atractivos podría

favorecer la aceptación del producto final por parte del consumidor, e incluso se podrían utilizar como alimentos potenciales.

6.6 Fundamentación

6.6.1 Definición de mermelada

Se define a la mermelada de frutas como un producto de consistencia pastosa o gelatinosa, obtenida por cocción y concentración de frutas sanas, adecuadamente preparadas con adición de edulcorantes, con o sin adición de agua. La fruta puede ir entera, en trozos, tiras o partículas finas y deben estar dispersas uniformemente en todo el producto.

La elaboración de mermeladas sigue siendo uno de los métodos más populares para la conservación de las frutas en general. La mermelada casera tiene un sabor excelente que es muy superior al de las procedentes de una producción masiva.

Una verdadera mermelada debe presentar un color brillante y atractivo, reflejando el color propio de la fruta.

Además debe aparecer bien gelificada sin demasiada rigidez de forma tal que pueda extenderse perfectamente debe tener por supuesto un buen sabor afrutado. También debe conservarse bien cuando se almacena en un lugar fresco, preferentemente oscuro y seco. (Coronado, T. et al. 2011).

6.6.2 Antioxidantes como aditivo alimenticio.

Los aditivos antioxidantes cumplen un papel importante dentro de la industria alimentaria ya que protegen a los alimentos de la auto-oxidación de las grasas, fenómeno que origina productos potencialmente tóxicos (peróxidos, radicales libres). Los antioxidantes se unen a los radicales libres que puedan formarse, convirtiéndolos en inactivos.

Los antioxidantes desempeñan un papel fundamental garantizando que los alimentos mantengan su sabor y su color, y puedan consumirse durante más tiempo. Su uso resulta especialmente útil para evitar la oxidación de las grasas y los productos que las contienen.

La adición de los aditivos antioxidantes retarda la formación de radicales libres inhibiendo la reacción de oxidación. Entre los antioxidantes destacan los compuestos de estructura fenólica, que funcionan como aceptores de radicales libres, dando lugar a compuestos estables y bloqueando así la oxidación en la fase de iniciación. Durante el proceso,

hay una transformación de la molécula por formación de combinaciones estables. Por tanto, la acción del antioxidante está limitada en el tiempo. (Azti, T. 2007).

6.6.3 Aditivos alimentarios

Se entiende por aditivo alimentario cualquier sustancia que en cuanto tal no se consume normalmente como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico en alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencionada al alimento con fines tecnológicos (incluidos los organolépticos) en sus fases de fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento, resulte o pueda preverse razonablemente que resulte por sí o sus subproductos, en un componente del alimento o un elemento que afecte a sus características.

Esta definición no incluye “contaminantes” o sustancias añadidas al alimento para mantener o mejorar las cualidades nutricionales. (CODEX STAN, 1995)

6.6.4 Justificación del uso de aditivos alimentarios

El uso de aditivos alimentarios está justificado únicamente si ello ofrece alguna ventaja, no presenta riesgos apreciables para la salud de los consumidores, no induce a error a éstos, y cumple una o más de las funciones tecnológicas establecidas por el Codex y los requisitos que se indican a continuación en los apartados a) a d), y únicamente cuando estos fines no pueden alcanzarse por otros medios que son factibles económica y tecnológicamente:

- a) Conservar la calidad nutricional del alimento; una disminución intencionada en la calidad nutricional de un alimento estaría justificada en las circunstancias indicadas en el subpárrafo b) y también en otras circunstancias en las que el alimento no constituye un componente importante de una dieta normal.
- b) Proporcionar los ingredientes o constituyentes necesarios para los alimentos fabricados para grupos de consumidores que tienen necesidades dietéticas especiales.
- c) Aumentar la calidad de conservación o la estabilidad de un alimento o mejorar sus propiedades organolépticas, a condición de que ello no altere la naturaleza, sustancia o calidad del alimento de forma que engañe al consumidor.

d) Proporcionar ayuda en la fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, transporte o almacenamiento del alimento, a condición de que el aditivo no se utilice para encubrir los efectos del empleo de materias primas defectuosas o de prácticas (incluidas las no higiénicas) o técnicas indeseables durante el curso de cualquiera de estas operaciones. (CODEX STAN,1995)

6.6.5 Dosis máxima de uso de un aditivo alimentario

Es la concentración más alta de éste respecto de la cual la Comisión del Codex Alimentarius ha determinado que es funcionalmente eficaz en un alimento o categoría de alimentos y ha acordado que es inocua. Por lo general se expresa como mg de aditivo por kg de alimento.

La dosis de uso máxima no suele corresponder a la dosis de uso óptima, recomendada o normal. De conformidad con las buenas prácticas de fabricación, la dosis de uso óptima, recomendada o normal, difiere para cada aplicación de un aditivo y depende del efecto técnico previsto y del alimento específico en el cual se utilizaría dicho aditivo, teniendo en cuenta el tipo de materia prima, la elaboración de los alimentos y su almacenamiento, transporte y manipulación posteriores por los distribuidores, los vendedores al por menor y los consumidores. (CODEX STAN,1995)

6.7 Metodología del modelo operativo

Tabla 6.7: Modelo operativo para la determinación del contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en mermeladas.

Etapas	Actividades	Tiempo estimado
Planificación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Definición de metas ▪ Desarrollo de planes ▪ Coordinar Actividades 	2 semanas

Organización	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Definir Ubicación ▪ Delegar Funciones ▪ Estimar presupuesto ▪ Cotizaciones 	3 semanas
Dirección	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Orientar al personal hacia los objetivos ▪ Entrenar al personal en sus actividades 	1 mes
Ejecución	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adquisición de recursos materiales y tecnológicos. ▪ Montaje de laboratorio de análisis ▪ Pruebas de funcionamiento 	2 meses
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinación del contenido de compuestos fenólicos en mermeladas. ▪ Determinación de la capacidad antioxidante en mermeladas 	1 mes
Control	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parámetros de calidad para exportación 	1 mes

Elaborado por: Arturo Guerrero

6.8 Administración

Tabla 6.8: Actividades de Administración para un proyecto

Actividad	Descripción
Definición del proyecto	Antes de iniciar el proyecto, es indispensable que el trabajo está entendido y que los responsables, tanto de la ejecución del proyecto como quienes recibirán los resultados del mismo, tengan una visión clara de los resultados esperados
Planeación del Trabajo	Se determina cómo se va realizar el trabajo. Esto implica entonces elaborar un plan para el trabajo.
Administración de Contratos	El contrato es el documento que rige las condiciones bajo las cuales se adquiere un bien y/o servicio.
Administración de Proveedores	En el transcurso del proyecto, la relación con los proveedores es muy variante, variación estrechamente ligada al avance del mismo.
Administración del Plan de trabajo	Describe lo que hay que hacer, el orden del trabajo, el esfuerzo requerido y quien está asignado a qué tarea, pero solo representa el mejor estimado de cómo completar el trabajo que queda por hacer en un momento dado de un proyecto.
Administración del Alcance	El alcance de un proyecto describe los límites del mismo y lo que el proyecto va a entregar, qué información se necesita y qué partes de la organización se verán afectadas.
Administración de Riesgos	El riesgo es una condición futura que existe fuera del control del grupo del proyecto, y que puede

	tener un impacto negativo sobre el resultado del proyecto si se llega a dar la condición.
Administración de la comunicación	Informar el estado del mismo.
Administración de la documentación	Para proyectos pequeños no hay necesidad de establecer todo un sistema administrativo, pero en la medida que el alcance del proyecto aumenta, se hace necesario tenerlo
Administración de la calidad	La calidad de un proyecto se mide por qué tan cerca están de cumplirse las expectativas, por lo tanto el objetivo central del equipo del proyecto es tratar de cumplir y exceder los objetivos iniciales
Administración de la medición	Se deben incluir variables métricas que determinen que tan bien se satisfacen los requerimientos del cliente y como se cumple con las expectativas. Dependiendo de los resultados, se toman los correctivos pertinentes.

Elaborado por: Arturo Guerrero

6.9 Previsión de la evaluación

Tabla 6.9: Previsión de la Evaluación

Elaborado por: Arturo Guerrero

Preguntas Básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	Consumidores
¿Por qué evaluar?	Provee información técnica del cultivo y su capacidad antioxidante como valor GAregado.
¿Para qué evaluar?	Fortalecer la soberanía alimentaria
¿Qué evaluar?	Capacidad antioxidante en mermeladas y productos elaborados.
¿Quién evalúa?	Laboratorios acreditados.

Elaborado por: Arturo Guerrero

BIBLIOGRAFÍA

Azti, Tecnalía 2007 .Los aditivos antioxidantes cumplen un papel importante dentro de la industria alimentaria ya que protegen a los alimentos de la auto-oxidación de las grasas, fenómeno que origina productos potencialmente tóxicos.

Barrera, Victor [et al]. Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Quito: INIAP - CIP, 2004. 176 p.

Bautista, D.1977. Observaciones sobre el cultivo de la mora (Rubus glaucus) en los andes venezolanos. *agronomía Tropical*. 27(2): 253-260 .

Codex Stan 192-1995 Norma General del Codex para los aditivos alimentarios.

Código de la producción de la república del Ecuador.

Constitución de la república del Ecuador.

Coronado Trinidad, Myriam; Hilario Rosales, Roaldo. (2011). Elaboración de mermeladas/ En: *Procesamiento de alimentos para pequeñas y microempresas agroindustriales/ Unión Europea, CIED,EDAC, CEPCO*.

Chapman & Hall .*Functional Foods. Designer Foods, Pharmafoods, Nutraceuticals*, Goldgerg, 1. (ed). New York, USA, 1994.

Cherbut CH: *Fibres alimentaires: que deviant l'hypothèse de Burkitt? Cah Nutrition Diététique* 1998; 33:95-104.

Cho S.S. & Dreher, M.L (eds). *Handbook of Dietary Fiber*. Marcel dekker, Inc, New York, USA, 2001.

Daglia M, Papetti A, Gregotti C, Berte F, Gazzani G. In vitro antioxidant and ex vivo protective activities of green and roasted coffe. *J agric Food Chem* 2000;48: 14494.

Departamento de Metabolismo y Nutrición del Instituto del Frío CSIC.

Fennema, O. *Introducción a la Ciencia de los Alimentos*, 2ª. ed. Zaragoza, Acribia, 2000. 1280 p.

Finkel T., Holbrook N.J. (2000) Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature* 408:239-247

Halliwell B, Whiteman M. (2004). Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: how should you do it and what do the results mean *Br J Pharmacol.* 142:231- 255

Hernández, M. et al.1999 “Tratado de nutrición”.

http://books.google.com.ec/books?id=SQLNJOsZCIwC&pg=PA405&lpg=PA405&dq=TABLA+D+E+COMPOSICI%C3%93N+DE+LOS+ALIMENTOS+FIBRA+DIET%C3%89TICA&source=bl&ots=W9FnK-Kg-K&sig=35-_o-Bpe8fd7O1EytK1j_eGbdw&hl=es&sa=X&ei=yu9yUL7xKYeS9gTcwYFI&ved=0CE0Q6AEwBQ#v=onepGAe&q&f=false

INIAP. Estación Experimental Santa Catalina. Departamento nacional de recursos filogenéticos y biotecnología DENAREF. El capulí Quito Ecuador. 1996 – 2004

Ivonne Cerón S.a, Juan C. Higueta V.b, Carlos Cardona A (2010)Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de tres frutas cultivadas en la región andina.

Ivonne, A. Caracterización química del color de diferentes variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.) colombiana.2010.

Jacob R. "Three eras of vitamin C discovery". *Subcell Biochem* (2007), 25: 1–16.

Javanmardi, J.Kubota, C. 2006. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storGAE. *Postharvest Biology and Technology*, 41: 151-155

Koleva I., van Beek T. A., Linszen J.P.H., de Groot A., Evstatieva L.N. (2002) Screening plant extracts for antioxidant activity: a comparative study on three testing methods. *Phytochem. Anal.* 133: 8-17

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.

Lajolo, f. Y Wenzel, E. Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos [en línea]. Sao Paulo: USP, 2006. <http://www.fcf.usp.br/cytedxi18/projlivr.htm> [Consulta: 5 de noviembre 2010].

Lampe JW. (1999). Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanisms of action in human experimental studies. *Am J Clin Nutr.* 70:475S- 490S

Lee J, Koo N, Min DB. (2004). Reactive oxygen species, GAing, and antioxidative nutraceuticals. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 3:21.

Marquina V, Araujo L, Ruíz J, Rodríguez-Malaver A , Vit P. (2008) Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava* L.)

Martinez, A. “Manual del cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth)”, primera edició, Ambato, Ecuador, pp.7-30.

Matill HA (1947). Antioxidants. *Annu Rev Biochem* 16: 177–192

Milo Ohr, L, Mermelstein, N.H. & Hlavacek, R.G. 2004 Nutraceutical & Functional Food Buyer’s Guide. *Food Technology*, 57, 12, 60-98, 2003.

Miller, N. J. and C. A. Rice-Evans, 1997. The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidants to the activity of orange and apple fruit juices and black currant drink. *Food Chem.*, 60: 331-337.

Monge A., Chorghade M., Erhardt P.W., Genellin C.R., Koga N., Lindberg P., Perun T.J., Topliss J.G., Trivedi B.K., Wermuth C.G. (2000) Medicinal Chemistry in the development of societies: Biodiversity and natural products. *Eur. J. Med. Chem.* 35: 1121-1125

Nicoletta Pellegrini ,Roberta Re, Anna Protegente, Ananth Pannala, Min Yang, and Catherine Rice-Evans. 1998. Antioxidant activity applying an improved abts radical cation decolorization assay

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

Parr, S. and Bolwell, 2000. Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile, *J. the Sci. Food and GARic.*, 80:985-1012

Peralta, Eduardo [et al]. Importancia Cultivos Andinos [en línea], 2006, No. 42. <http://www.pdfio.com/k-496604.html>

Plan Nacional Para el Buen Vivir 2009-2013 de la República del Ecuador

Pratico D., Delanty N. (2000) Oxidative injury in diseases of the central nervous system: focus on Alzheimer's disease. *Am. J. Med.* 109: 577-585

Prior RL, Wu X, Schaich K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J agric Food Chem.* 53:4290- 4302

Ramirez, A Y Pacheco, E. Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 34(2), 293-296, 2009.

Rojas Barquera D. R1, Narváez Cuenca E. C2, Restrepo Sánchez L. P.3 evaluación del contenido de vitamina c, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpa de guayaba (*psidium guajava* l.) de las variedades pera, regional roja y regional blanca. Cartagena 2008.

Rojas Hidalgo E: La fibra dietética. Rojas Hidalgo E, editor. Los carbohidratos en nutrición humana. Madrid. *Aula Médica*, 1994; 121-137.

Saura Calixto, S. Fulgencio, D. Jiménez, A. Fibra dietética antioxidante y concentrado de antioxidantes naturales de alga *Fucus* y sus procedimientos de obtención. 2003

Saura-Calixto, F. Antioxidant Dietary Fiber: A New Concept and a Potential Food Ingredient. *J GARic Food Chem*, 46, 4303-4306, 1998.

Sáyago-Ayerdi, S. y Goñi, I. Hibiscus sabdariffa L: Fuente de fibra antioxidante. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 60(1), 79-84, 2010.

SENPLADES. Plan Nacional para el Buen Vivir. Quito, 2009, 190 p. Sies H (1997). Oxidative stress: oxidants and antioxidants. *Exp Physiol* 82 (2): 291-5.

Simmonds M. (2003) Novel drugs from botanical sources. *Drug Discov. Today* 8: 721-722

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].

Tapia, M. 1990. Cultivos Andinos Sub-explotados y su aporte a la Alimentación. FAO, Santiago de Chile.

Tapia, M. y Frias, A. Guía de campo de los cultivos andinos [en línea]. Roma: FAO, 2007. <<http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s00.htm>> [Consulta: 2 de noviembre 2010].

Trowell H, Southgate DA, Wolever TMS, Lead SAR, Gassul MA y Jenkins DJA: Dietary fibre redefined. *Lancet* 1976, i:967 (letter)

Vasco, Catalina a,b, Jenny Ruales a, Afaf Kamal-Eldin. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador

Visioli F., Borsani L., Galli C. (2000) Diet prevention of coronary heart disease: the potential role of phytochemicals. *Cardiovasc. Res.* 47: 419-425

Wolf G (2005). The discovery of the antioxidant function of vitamin E: the contribution of Henry A. Mattill". *J Nutr* 135 (3): 363-6.

World Health Organization. 1990. Diet, nutrition and the prevention of chronic disease. Technical Report series 797. Geneva: World Health Organization.

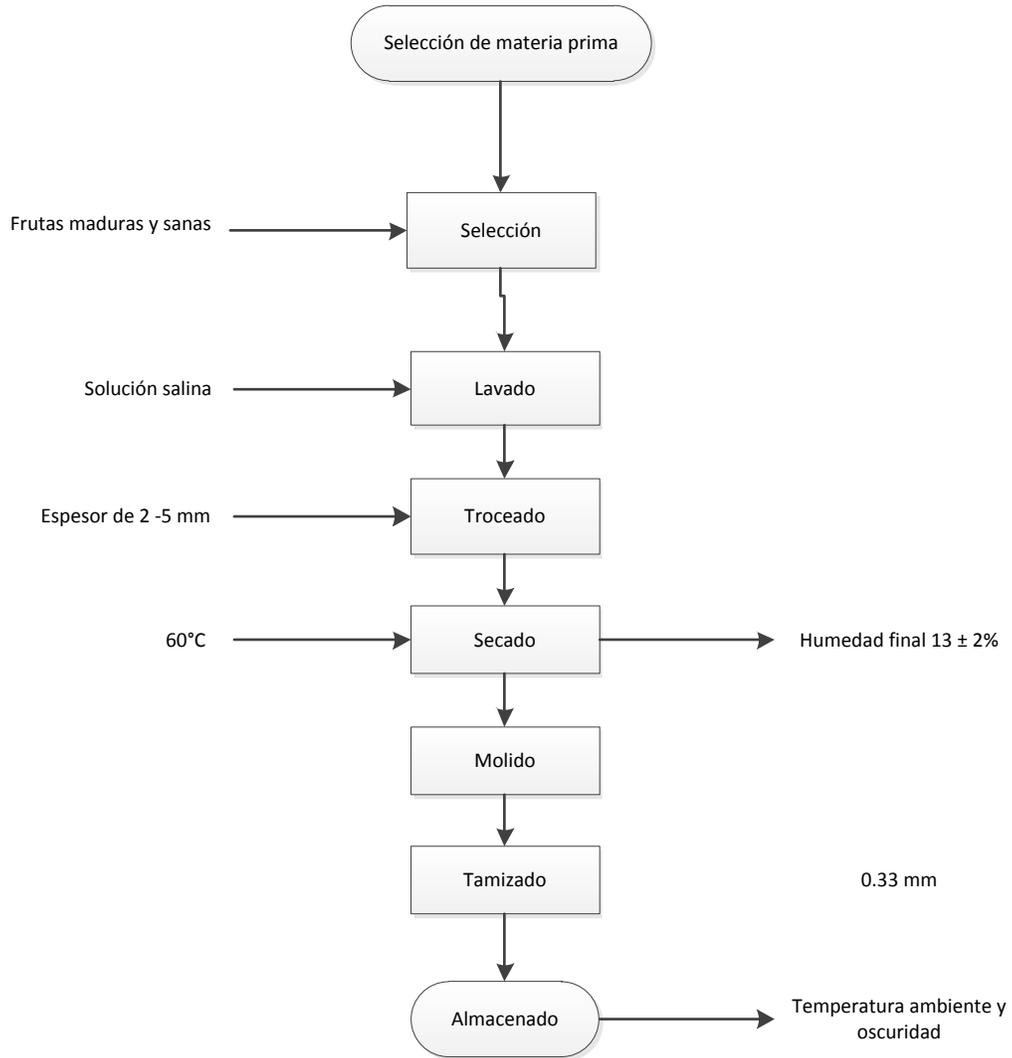
Zayda, L. Burneo P. Determinación del contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de los extractos totales de doce especies vegetales nativas del sur del ecuador,2009.

ANEXO

DIAGRAMAS DE FLUJO

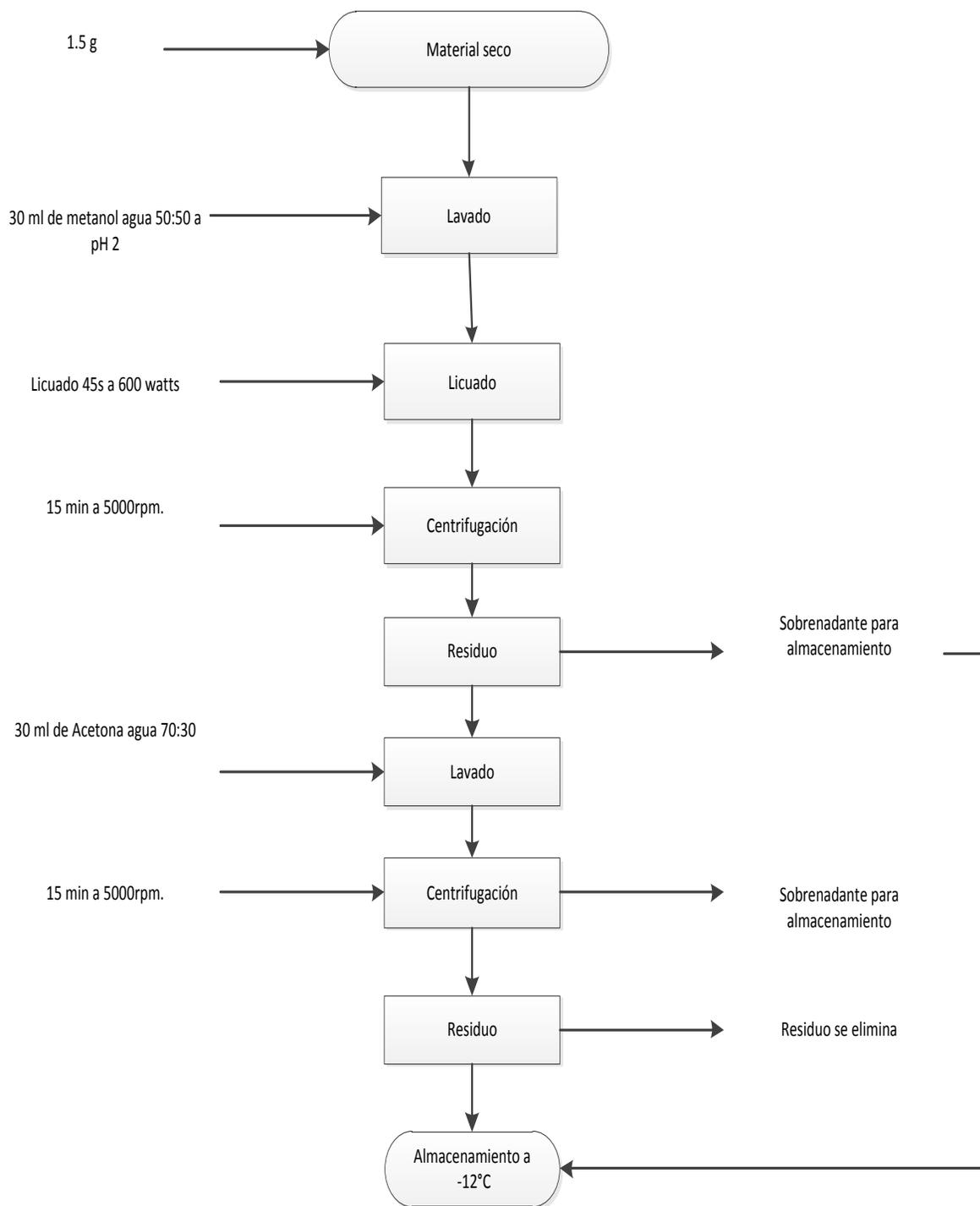
Anexo 1

Obtención del extracto seco con concentrado de compuestos bioactivos



ANEXO 2

EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS



ANEXO

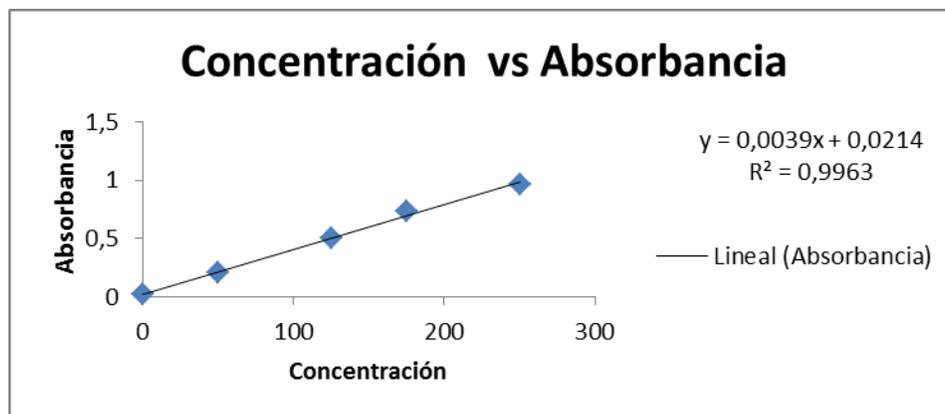
DATOS EXPERIMENTALES

ANEXO A

Determinación del contenido de compuestos fenólicos

Curva de calibración de ácido gálico (GAE). Se preparó con las siguientes concentraciones (0, 600, 1000, 2000, 3000,4000) μM .

Figura A1. Curva de calibración con ácido gálico (GAE)



Elaborado por : Arturo Guerrero

Figura A2. Curva de calibración de ácido gálico



Elaborado por: Arturo Guerrero

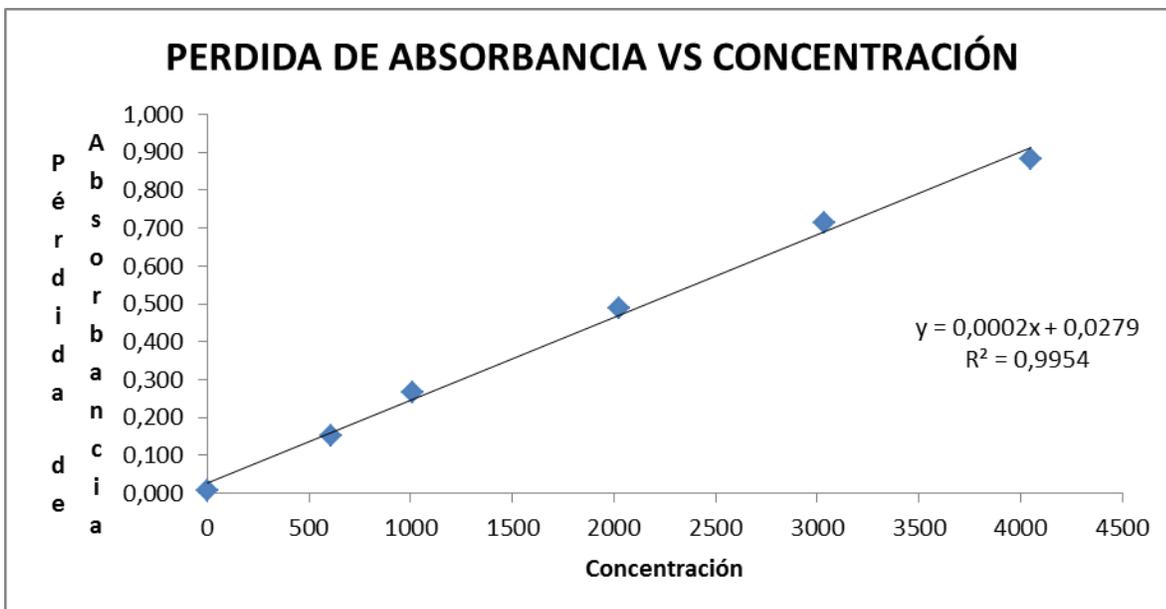
ANEXO B

Determinación de capacidad antioxidante

Curva de calibración con TROLOX.

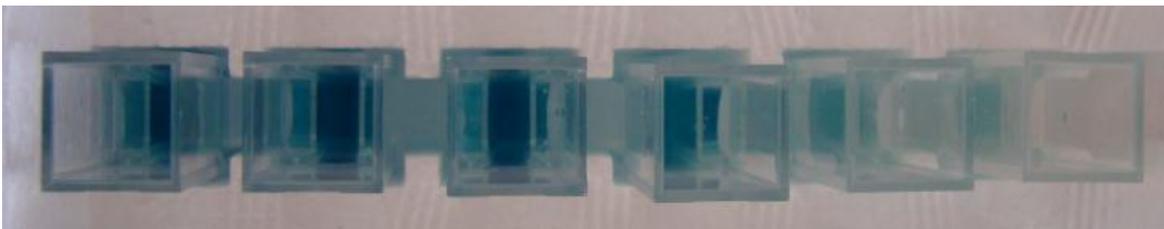
Para la curva estándar de TROLOX se realizó con las siguientes concentraciones de (0, 600, 1000, 2000, 3000, 4000) μM .

Figura B1. Curva de calibración con reactivo trolox.



Elaborado por: Arturo Guerrero

Figura B2. Curva de calibración con reactivo trolox.



Elaborado por: Arturo Guerrero

ANEXO C

Análisis estadístico

Determinación del contenido de compuestos fenólicos en frutas completas (pulpa +cáscara)

Tabla C1. Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Contenido de Compuestos Fe..	30	0,98	0,97	14,59

Tabla C2. Test de Tukey para compuestos fenólicos en cultivos completos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=65579,32409

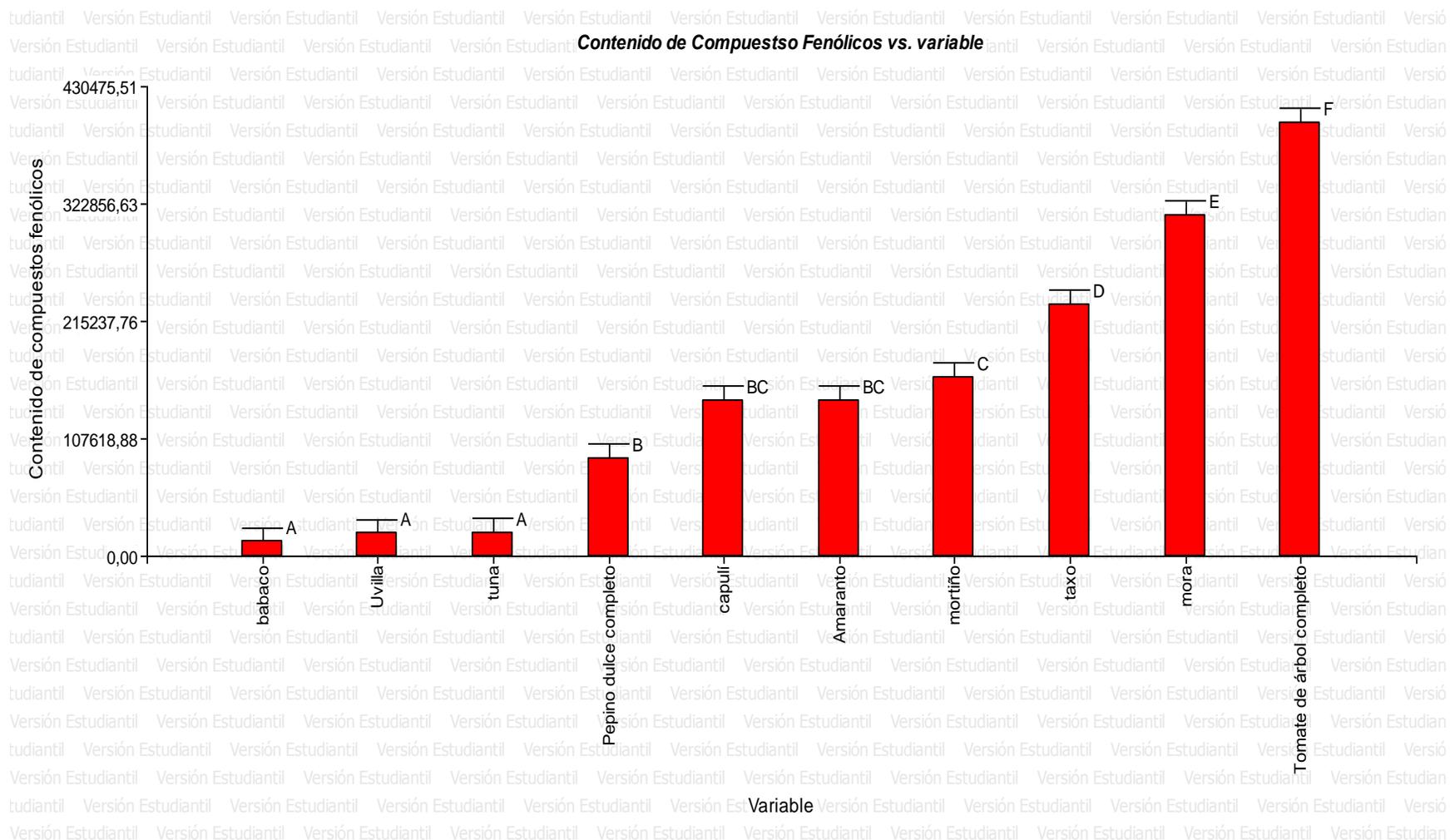
Error: 501825008,5301 gl: 18

Variable	Medias	n	E.E.			
Babaco	13152,89	3	12933,48	A		
Uvilla	20656,33	3	12933,48	A		
Tuna	21396,09	3	12933,48	A		
Pepino dulce completo	89709,80	3	12933,48		B	
Capulí	142649,96	3	12933,48		B	C
Amaranto	142692,69	3	12933,48		B	C
Mortifño	164173,79	3	12933,48			C
Taxo	230468,56	3	12933,48			D
Mora	312807,63	3	12933,48			E
Tomate de árbol completo	397669,52	3	12933,48			F

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

Elaborado por: Arturo Guerrero

Figura C1. Contenido de compuestos fenólicos expresados en mg GA/100 g fibra dietética.



Elaborado por: Arturo Guerrero

ANEXO D

Análisis estadístico

Determinación del contenido de compuestos fenólicos en pepino dulce.

Tabla D1. Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Contenido de Compuestos Fe..	9	1,00	0,99	3,76

Tabla D2. Test de Tukey para compuestos fenólicos en pepino dulce.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6563,72516

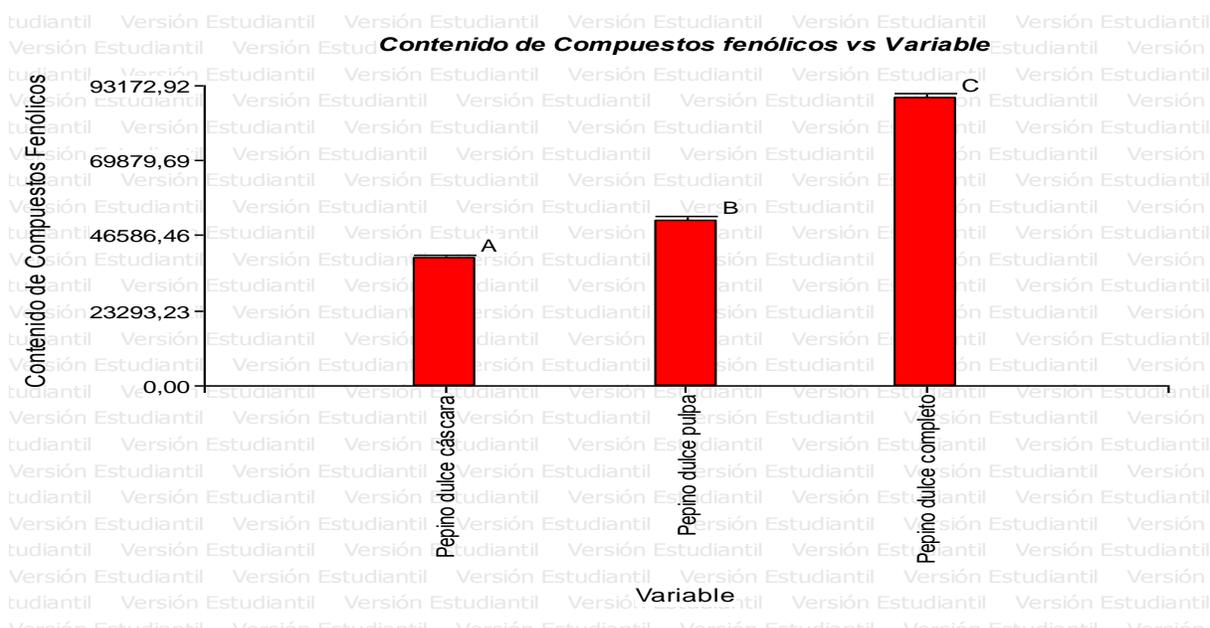
Error: 5087675, 2371 gl: 4

Variable	Medias	n	E.E.	
Pepino dulce cáscara	39394,98	3	1302,26	A
Pepino dulce pulpa	51299,78	3	1302,26	B
Pepino dulce completo	89309,80	3	1302,26	C

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

Elaborado por: Arturo Guerrero

Figura D1. Contenido de compuestos fenólicos expresados en mg GA/100 g de fibra dietética.



Elaborado por: Arturo Guerrero

ANEXO E

Análisis estadístico

Determinación del contenido de compuestos fenólicos en tomate de árbol.

Tabla E 1. Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Contenido de Compuestos Fe..	9	0,98	0,96	11,57

Tabla E2. Test de Tukey para compuestos fenólicos en tomate de árbol.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=76385,31896

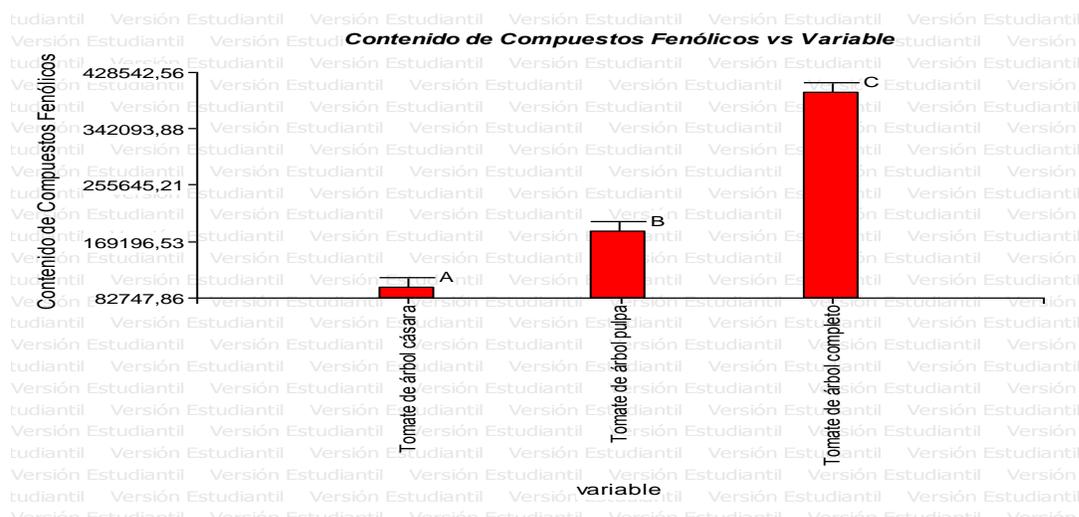
Error: 689030424,5545 gl: 4

Variable	Medias	n	E.E.	
Tomate de árbol cáscara	98465,80	3	15155,09	A
Tomate de árbol pulpa	184329,69	3	15155,09	B
Tomate de árbol completo	397669,52	3	15155,09	C

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

Elaborado por: Arturo Guerrero

Figura E1. Contenido de compuestos fenólicos expresados en mg GA/100 g de fibra dietética.



Elaborado por: Arturo Guerrero

ANEXO F

Análisis estadístico

Determinación del contenido de capacidad antioxidante en cultivos completos (pulpa + cáscara).

Tabla F1. Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Contenido de Capacidad Ant..	30	0,99	0,99	14,25

Tabla F2. Test de Tukey para capacidad antioxidante en cultivos completos

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=241,75710

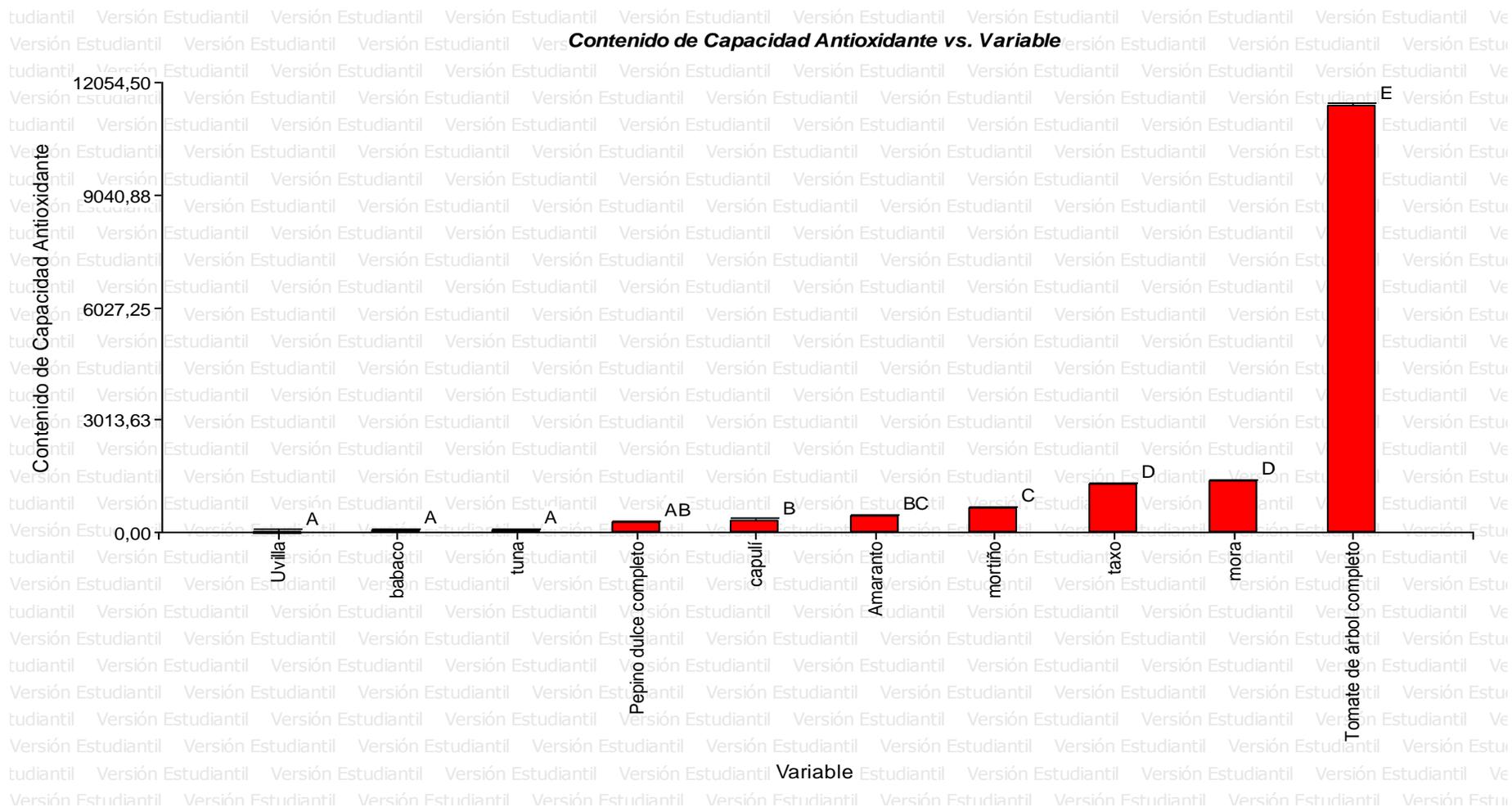
Error: 6819,8828 gl: 18

Variable	Medias	n	E.E.				
Uvilla	19,31	3	47,68	A			
Babaco	30,67	3	47,68	A			
Tuna	49,74	3	47,68	A			
Pepino dulce c.	249,42	3	47,68	A	B		
Capulí	314,95	3	47,68		B		
Amaranto	426,12	3	47,68		B	C	
Mortiño	624,90	3	47,68			C	
Taxo	1272,91	3	47,68				D
Mora	1346,46	3	47,68				D
Tomate de árbol c.	11433,72	3	47,68				E

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

Elaborado por: Arturo Guerrero

Figura F1. Contenido de Capacidad Antioxidante expresados en mg TROLOX/1 g fibra dietética.



Elaborado por: Arturo Guerrero

ANEXO G

Análisis estadístico

Determinación del contenido de capacidad antioxidante en pepino dulce.

Tabla G1. Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Contenido de capacidad Ant..	9	0,95	0,91	9,91

Tabla N° G2. Test de Tukey para capacidad antioxidante en Pepino dulce

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=51,69200

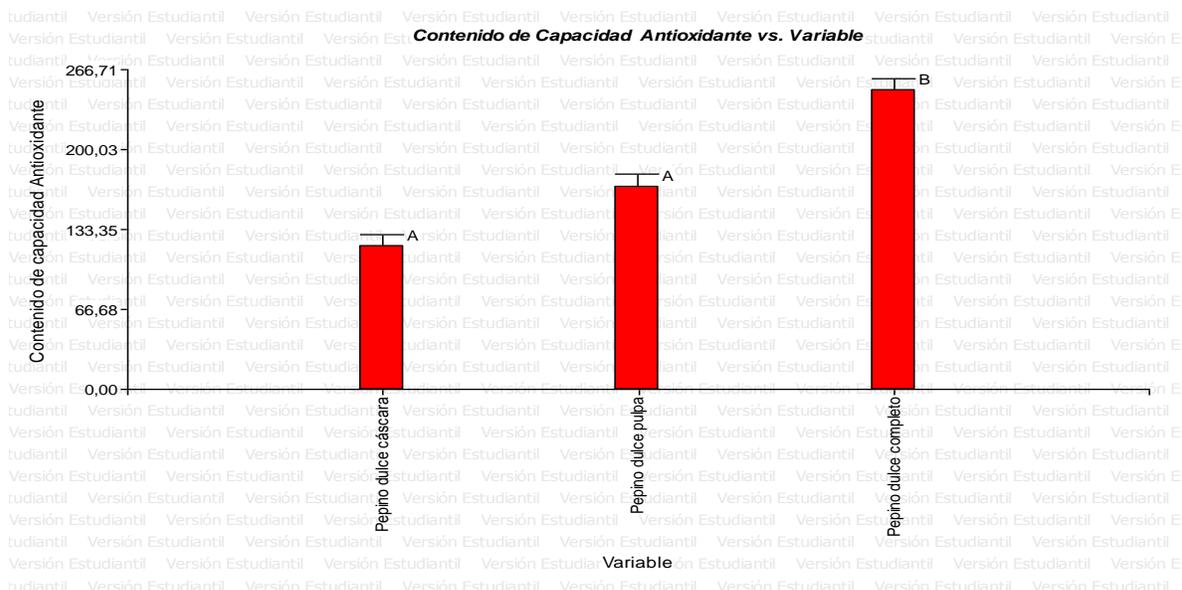
Error: 315,5479 gl: 4

Variable	Medias	n	E.E.	
Pepino dulce cáscara	118,97	3	10,26	A
Pepino dulce pulpa	169,16	3	10,26	A
Pepino dulce completo	249,42	3	10,26	B

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

Elaborado por Arturo Guerrero

Figura G1. Contenido de Capacidad Antioxidante expresados en mg TROLOX/1 g fibra dietética



Elaborado por: Arturo Guerrero

ANEXO H

Análisis estadístico

Determinación del contenido de capacidad antioxidante en tomate de árbol.

Tabla H1. Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Contenido de Capacidad Ant..	9	1,00	1,00	3,04

Tabla H2. Test de Tukey para capacidad antioxidante en tomate de árbol.

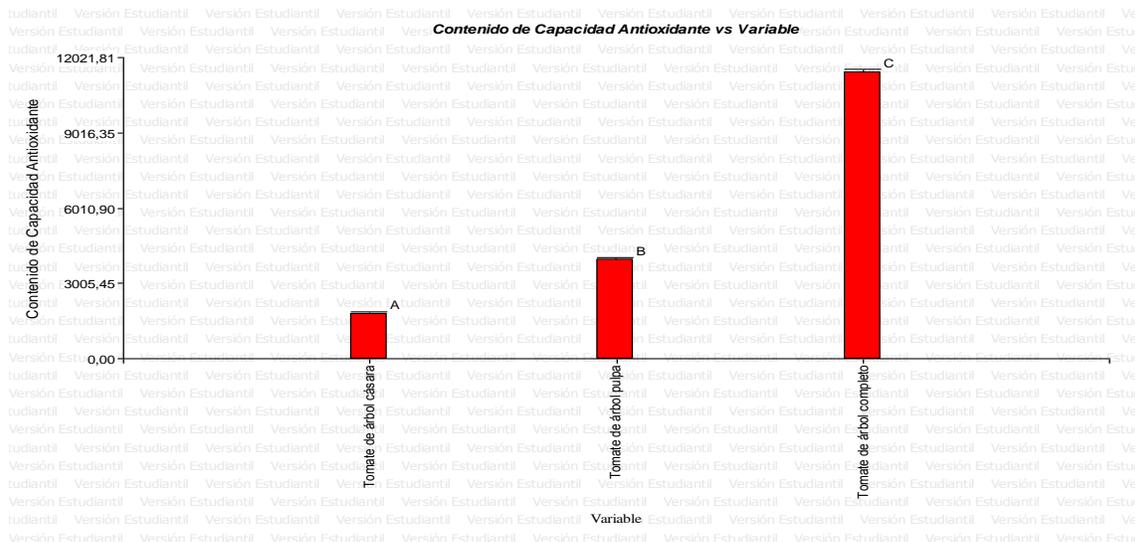
Test: Tukey: 30201, 6921 gl: 4

Variable	Medias	n	E.E.	
Tomate de árbol cáscara	1779,04	3	100,34	A
Tomate de árbol pulpa	3932,36	3	100,34	B
Tomate de árbol completo	11433,72	3	100,34	C

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

Elaborado por Arturo Guerrero

Figura F1. Contenido de Capacidad Antioxidante expresados en mg TROLOX/1 g fibra dietética.



Elaborado por: Arturo Guerrero

ANEXO I

Análisis económico.

Análisis económico para la determinación tanto de contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.

Tabla II. Análisis económico de costo de cultivos para determinar compuestos fenólicos.

Análisis económico para extracción de capacidad antioxidante	
Costo de kg por fruta	
Fruta	Costo de frutas por kg (en dólares)
Uvilla	8
babaco	5
tuna	5
Pepino dulce completo	6
capulí	3
Amaranto	4
mortiño	10
taxo	3
mora	8
Tomate de árbol completo	10
Costo total	62

Elaborado por: Arturo Guerrero

Tabla I 2. Análisis económico de reactivos para determinar compuestos fenólicos

Reactivo	Costo de reactivo empleado en dólares
Metanol	30
Acetona	130
costo total	160

Elaborado por: Arturo Guerrero

Tabla I3. Análisis económico de cultivos para determinar compuestos fenólicos

Análisis económico para determinación de compuestos fenólicos	
Reactivo	Costo de reactivo (dólares)
Fólin- ciocalteu	157
Ácido gálico	30
Costo total	187

Elaborado por: Arturo Guerrero

Tabla I4. Análisis económico de cultivos para determinar capacidad antioxidante.

Análisis económico para determinación de capacidad antioxidante	
Reactivo	Costo de reactivo (dólares)
Kit para ABTS	850
Ácido gálico	30
Costo total	880

Elaborado por: Arturo Guerrero

Tabla I 5. Análisis económico total para determinar compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.

Análisis total de costos para determinación de contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante	
Proceso	Costo por proceso
Extracción de capacidad antioxidante	222
Determinación de compuestos fenólicos	187
determinación de capacidad antioxidante	880
costo total	1289

Elaborado por: Arturo Guerrero