



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



DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE COMPUESTOS CIANOGENÍICOS
EN HOJAS Y CAPUCHONES DE UVILLA (*Physalis peruviana* L.),
PERTENECIENTE AL ECOTIPO COLOMBIANO Y SUS IMPLICACIONES
EN LA ELABORACIÓN DE TÉ

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.

Este trabajo es parte del Proyecto CENI: “Mejoramiento de la Producción de Helados de Uvilla (*Physalis peruviana*), y Desarrollo de Néctar, Bebida no Carbonatada, Té de Uvilla y Deshidratación Osmótica de la Fruta”

Autor: José Isaác Molina Sánchez

Tutor: Ing. Cecilia Carpio

Ambato-Ecuador

2014

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI) con el tema: “DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE COMPUESTOS CIANOGENICOS EN HOJAS Y CAPUCHONES DE UVILLA (*Physalis peruviana* L.), PERTENECIENTE AL ECOTIPO COLOMBIANO Y SUS IMPLICACIONES EN LA ELABORACIÓN DE TÉ”, desarrollado por el señor José Isaác Molina Sánchez, Egresado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador que el H. Consejo Directivo designe.

Ambato, junio de 2014

Ing. Cecilia Carpio

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente Trabajo de Investigación: “DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE COMPUESTOS CIANOGENICOS EN HOJAS Y CAPUCHONES DE UVILLA (*Physalis peruviana* L.), PERTENECIENTE AL ECOTIPO COLOMBIANO Y SUS IMPLICACIONES EN LA ELABORACIÓN DE TÉ”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido y efectos académicos que se desprendan del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, junio de 2014

José Isaác Molina Sánchez

180375230-0

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

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

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

Ambato, junio de 2014.

Para constancia firman:

Ing. Gladys Navas Miño

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Mirari Arancibia Soria

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. William Teneda Llerena

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

A Dios, por todo lo bueno que siempre me ha dado, por permitirme alcanzar un sueño más en mi vida y por no abandonarme nunca.

A mis Padres Milton y Raquel, por ser el motor de mi vida. Me apoyaron en los momentos buenos y por sobretodo me levantaron en los momentos más difíciles. A ustedes les debo quien soy ahora y por ustedes seguiré luchando para ser mejor cada día.

A mis hermanos Xavier y Paulina por su comprensión y cariño, siempre fueron mi ejemplo a seguir.

A mi abuelita Carlota, eres y serás mi segunda madre, sin tu amor y ternura difícilmente podría haber llegado hasta aquí.

A mi primo Juan José, aunque la distancia nos impidió seguir compartiendo tantas cosas como en nuestra niñez y adolescencia siempre serás como mi hermano.

A mis sobrinos David y Lucas, que con sus palabras me dieron ánimo para no rendirme jamás.

A mis abuelitos, demás tíos y familiares, por creer en mí y brindarme su ayuda en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Al creador y ser supremo de este mundo, mi Dios. Lo que hay en el corazón, es lo que distingue a un ser humano de otro y gracias a tu amor y bondad he logrado comprender que el tener mucho o tener poco no es un impedimento para ayudar al prójimo.

A mis padres y hermanos, por ser la familia que toda persona quisiera tener. La vida me ha enseñado que ustedes son capaces de sacrificarlo todo por verme feliz.

A mi adorada abuelita Tota, te pido perdón si alguna vez te fallé; la mente se vuelve olvidadiza, pero mi corazón estará ahí para recordarte por siempre sin importar el lugar en el que me encuentre.

A mis abuelitos y tíos, todos contribuyeron con su granito de arena para que esto se convierta en una realidad.

A una persona muy especial con quien compartí gran parte de mi carrera universitaria, Mary, aunque han pasado muchos años desde que nos conocimos siempre te llevaré en mi corazón.

A Copitos y Caramelo, mis amigos de 4 patas. Con ustedes volví a ser niño otra vez.

A la Universidad Técnica de Ambato, que a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos me abrió sus puertas para poder adquirir nuevos conocimientos.

A la Ingeniera Cecilia Carpio, por su guía y orientación.

Al Ingeniero William Teneda, por permitirme formar parte de su equipo de trabajo.

Al fútbol, por ser mi mayor distracción, por permitirme encontrar buenos amigos, por hacerme olvidar los malos momentos y permitirme soñar, permitirme volar.

Triste cosa es no tener amigos, pero más triste debe ser no tener enemigos, porque quien enemigos no tenga, señal de que no tiene: ni talento que haga sombra, ni valor que le teman, ni honra que le murmuren, ni bienes que le codicien, ni cosa buena que le envidien.

Baltasar Gracián

LISTA DE ABREVIATURAS

A_1 = Alícuota 1 (ml).

A_2 = Alícuota 2 (ml).

C_a = Contenido de agua (kg).

CG = Glucósidos cianogénicos.

CM = Cuadrados medios.

D = Coeficiente de difusión (cm^2/s).

D_e = Desviación estándar.

F_c = Factor de conversión.

FV = Fuente de variación.

GL = Grados de libertad.

H = Humedad (%).

H_{bs} = Humedad en base seca ($\text{kg}_a/\text{kg}_{ms}$).

HCN ($\text{mg}/\text{kg}_{mts}$) = Ácido cianhídrico en miligramos por cada kilogramo de muestra seca.

HCN_1 = Ácido cianhídrico equivalente al volumen 1 de nitrato de plata (mg).

HCN_2 = Ácido cianhídrico equivalente al volumen 2 de nitrato de plata (mg).

HCN_{Tmts} = Ácido cianhídrico total en la muestra seca (mg).

HCN_p = Ácido cianhídrico promedio (mg).

H_i = Hipótesis alternativa

H_o = Hipótesis nula

H_p = Humedad promedio (%).

kg_a = Kilogramo de agua.

kg_{ms} = Kilogramo de materia seca.

kg_{mts} = Kilogramo de muestra seca.

$\text{Ln } X^*$ = Logaritmo natural de la razón de contenidos de humedad.

M_s o m_s = Materia seca (kg).

m_{ts} = Muestra seca (kg).

P = Peso (g o kg).

P_f = Peso final (g).

P_i = Peso inicial (g).

P_p = Peso promedio (g o kg).

R_1 = Réplica 1.

R_2 = Réplica 2.

RV = Razón de varianza.

SC = Suma de cuadrados.

t = Tiempo (min).

$V_1 \text{ AgNO}_3$ = Volumen 1 de nitrato de plata consumido en la titulación (ml).

$V_2 \text{ AgNO}_3$ = Volumen 2 de nitrato de plata consumido en la titulación (ml).

V_t = Volumen total de destilado (ml).

X^* = Razón de contenidos de humedad.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

Tema	
Aprobación del Tutor	
Dedicatoria	
Agradecimiento	
Índice General de Contenidos	
Índice de Tablas B y Gráficos	
Resumen	

B. TEXTO

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Planteamiento del Problema	1
1.2.1 Contextualización	2
1.2.1.1 Macro	2
1.2.1.2 Meso	3
1.2.1.3 Micro	4
1.2.2 Análisis Crítico	5
1.2.3 Prognosis	6
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	9
1.4.1 Objetivo General	9

1.4.2 Objetivos Específicos	9
-----------------------------	---

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos	10
2.2 Fundamentación Filosófica	16
2.3 Fundamentación Legal	17
2.4 Categorías Fundamentales	20
2.5 Humedad	21
2.6 Escaldado	22
2.7 Secado	23
2.8 Coeficiente de Difusión	25
2.9 Glucósidos Cianogénicos	26
2.9.1 Aspectos generales	27
2.9.2 Transformación de los cianoglucósidos en HCN	27
2.9.3 Mecanismo de acción del HCN	28
2.9.4 Dosis letal de HCN	29
2.10 Hipótesis	30
2.10.1 Hipótesis nula	30
2.10.2 Hipótesis alternativa	30
2.11 Señalamiento de Variables	30
2.11.1 Variable independiente	30
2.11.2 Variable dependiente	30

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Enfoque	31
3.2 Modalidad Básica de la Investigación	31

3.2.1 Bibliográfica-documental	31
3.2.2 Experimental	31
3.3 Nivel o Tipo de Investigación	32
3.3.1 Exploratorio	32
3.3.2 Descriptivo	32
3.3.3 Correlacional	32
3.4 Población y Muestra	32
3.4.1 Población	32
3.4.2 Muestra	32
3.5 Diseño Experimental	33
3.6 Operacionalización de Variables	35
3.7 Recolección de Información	37
3.7.1 Obtención de la materia prima	37
3.7.2 Secado de hojas y capuchones	37
3.7.3 Determinación de ácido cianhídrico	38
3.7.4 Método Oficial 915.03 de la AOAC, ácido cianhídrico en granos: Método de titulación alcalina (cuantitativo)	38
3.7.4.1 Reactivos	38
3.7.4.2 Procedimiento	38
3.7.5 Ensayo de Magnin (cualitativo)	40
3.7.5.1 Reactivos	40
3.5.7.2 Procedimiento	41
3.8 Elaboración de Té	41
3.9 Procesamiento y Análisis	42

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de Resultados	43
4.2 Interpretación de Datos	43
4.2.1 Peso (g)	43
4.2.2 Humedad (%)	44

4.2.3 Coeficiente de difusión (m ² /s)	45
4.2.4 Ácido cianhídrico (mg HCN/kg producto seco)	45
4.2.5 Análisis estadístico	47
4.3 Verificación de Hipótesis	47

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones	49
5.2 Recomendaciones	50

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Datos Informativos	51
6.1.1 Título	51
6.1.2 Institución ejecutora	51
6.1.3 Beneficiarios	51
6.1.4 Ubicación	51
6.1.5 Tiempo estimado para la ejecución	51
6.1.6 Equipo técnico responsable	52
6.1.7 Costo	52
6.2 Antecedentes de la Propuesta	52
6.3 Justificación	54
6.4 Objetivos	56
6.4.1 Objetivo general	56
6.4.2 Objetivos específicos	57
6.5 Análisis de Factibilidad	57
6.6 Fundamentación	58
6.7 Metodología	59

6.8 Administración	60
6.9 Previsión de la Evaluación	61

C. MATERIALES DE REFERENCIA

Bibliografía	62
--------------	----

ÍNDICE DE TABLAS B Y CUADROS

Tabla 1. Combinación de los niveles correspondientes a los factores de estudio.

Tabla 2. Recursos para la elaboración de un té a partir de hojas y capuchones de uvilla.

Cuadro 1. Variable Independiente: “Las hojas y/o capuchones escaldados y secados a 40, 50 y 60°C”.

Cuadro 2. Variable Dependiente: “Cantidad de compuestos cianogénicos inferior al control”.

Cuadro 3. Modelo Operativo (Plan de Acción).

Cuadro 4. Administración.

Cuadro 5. Previsión de la Evaluación.

ANEXOS

ANEXO A: DATOS OBTENIDOS, CÁLCULOS Y RESULTADOS

Tabla A-1. Variación de peso en hojas de uvilla secadas a 40 °C en función del tiempo.

Tabla A-2. Variación de peso en hojas de uvilla secadas a 50 °C en función del tiempo.

Tabla A-3. Variación de peso en hojas de uvilla secadas a 60 °C en función del tiempo.

Tabla A-4. Variación de peso promedio y desviación estándar en hojas de uvilla secadas a 40, 50 y 60 °C en función del tiempo.

Tabla A-5. Variación de peso en capuchones de uvilla secados a 40 °C en función del tiempo.

Tabla A-6. Variación de peso en capuchones de uvilla secados a 50 °C en función del tiempo.

Tabla A-7. Variación de peso en capuchones de uvilla secados a 60 °C en función del tiempo.

Tabla A-8. Variación de peso promedio y desviación estándar en capuchones de uvilla secados a 40, 50 y 60 °C en función del tiempo.

Tabla A-9. Variación de peso promedio, desviación estándar y contenido de humedad promedio (H_p) en hojas y capuchones de uvilla (control).

Tabla A-10. Contenido de humedad en hojas de uvilla secadas a 40 °C en función del tiempo.

Tabla A-11. Contenido de humedad en hojas de uvilla secadas a 50 °C en función del tiempo.

Tabla A-12. Contenido de humedad en hojas de uvilla secadas a 60 °C en función del tiempo.

Tabla A-13. Contenido de humedad promedio y desviación estándar en hojas de uvilla secadas a 40, 50 y 60 °C en función del tiempo.

Tabla A-14. Contenido de humedad en capuchones de uvilla secados a 40 °C en función del tiempo.

Tabla A-15. Contenido de humedad en capuchones de uvilla secados a 50 °C en función del tiempo.

Tabla A-16. Contenido de humedad en capuchones de uvilla secados a 60 °C en función del tiempo.

Tabla A-17. Contenido de humedad promedio y desviación estándar en capuchones de uvilla secados a 40, 50 y 60 °C en función del tiempo.

Tabla A-18. Contenido de agua, materia seca, humedad en base seca y razón de contenidos de humedad en hojas de uvilla secadas a 40 °C en función del tiempo.

Tabla A-19. Contenido de agua, materia seca, humedad en base seca y razón de contenidos de humedad en hojas de uvilla secadas a 50 °C en función del tiempo.

Tabla A-20. Contenido de agua, materia seca, humedad en base seca y razón de contenidos de humedad en hojas de uvilla secadas a 60 °C en función del tiempo.

Tabla A-21. Contenido de agua, materia seca, humedad en base seca y razón de contenidos de humedad en capuchones de uvilla secados a 40 °C en función del tiempo.

Tabla A-22. Contenido de agua, materia seca, humedad en base seca y razón de contenidos de humedad en capuchones de uvilla secados a 50 °C en función del tiempo.

Tabla A-23. Contenido de agua, materia seca, humedad en base seca y razón de contenidos de humedad en capuchones de uvilla secados a 60 °C en función del tiempo.

Tabla A-24. Coeficiente de difusión (D) para hojas y capuchones de uvilla tratados con vapor por 5 minutos y secados a 40, 50 y 60 °C.

Tabla A-25. Volumen total de destilado, alícuota utilizada para titular y volumen de AgNO₃ consumido en la titulación de ácido cianhídrico (HCN) para hojas de uvilla control y tratadas con vapor por 5 minutos y secadas a 40, 50 y 60 °C.

Tabla A-26 Volumen total de destilado, alícuota utilizada para titular y volumen de AgNO₃ consumido en la titulación de ácido cianhídrico (HCN) para capuchones de uvilla control y tratados con vapor por 5 minutos y secados a 40, 50 y 60 °C.

Tabla A-27. Peso, humedad, materia seca, ácido cianhídrico (mg), ácido cianhídrico promedio, ácido cianhídrico total y ácido cianhídrico (mg/kg) en hojas de uvilla control y tratadas con vapor por 5 minutos y secadas a 40, 50 y 60 °C.

Tabla A-28. Peso, humedad, materia seca, ácido cianhídrico (mg), ácido cianhídrico promedio, ácido cianhídrico total y ácido cianhídrico (mg/kg) en capuchones de uvilla control y tratados con vapor por 5 minutos y secadas a 40, 50 y 60 °C.

Tabla A-29. Contenido de ácido cianhídrico, ácido cianhídrico promedio y desviación estándar en el control y en hojas y capuchones de uvilla tratados 5 minutos con vapor y secados a 40, 50 y 60° C.

ANEXO B: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Tabla B-1. Promedios de la cantidad de HCN (mg HCN/kg de producto seco) en hojas y capuchones de uvilla secados a 40, 50 y 60 °C.

Tabla B-2. Análisis de Varianza para HCN (mg HCN/kg de producto seco).

Tabla B-3. Análisis de Varianza para HCN (mg HCN/kg de producto seco).

Tabla B-4. Análisis de Varianza para HCN (mg HCN/kg de producto seco) – Suma de Cuadrados Tipo III.

Tabla B-5. Medias por mínimos cuadrados para HCN (mg HCN/kg de producto seco) con intervalos de confianza del 95,0 %.

Tabla B-6. Prueba de Tukey para HCN (mg HCN/kg de producto seco) por temperatura de secado, con un intervalo de confianza del 95,0 %.

Tabla B-7. Prueba de Tukey para HCN (mg HCN/kg de producto seco) por temperatura de secado, con un intervalo de confianza del 95,0 %.

Tabla B-8. Prueba de Tukey para HCN (mg HCN/kg de producto seco) por materia prima, con un intervalo de confianza del 95,0 %.

Tabla B-9. Prueba de Tukey para HCN (mg HCN/kg de producto seco) por materia prima, con un intervalo de confianza del 95,0 %.

Tabla B-10. Prueba de Tukey para HCN (mg HCN/kg de producto seco) por interacción (temperatura de secado–materia prima, con un intervalo de confianza del 95,0 %.

Tabla B-11. Prueba de Tukey para HCN (mg HCN/kg de producto seco) por interacción (temperatura de secado–materia prima), con un intervalo de confianza del 95,0 %.

ANEXO C: FIGURAS

Figura C-1. Variación de peso promedio en hojas de uvilla secadas a 40 °C.

Figura C-2. Variación de peso promedio en hojas de uvilla secadas a 50 °C.

Figura C-3. Variación de peso promedio en hojas de uvilla secadas a 60 °C.

Figura C-4. Variación de peso promedio en hojas de uvilla secadas a 40, 50 y 60 °C.

Figura C-5. Variación de peso promedio en capuchones de uvilla secados a 40 °C.

Figura C-6. Variación de peso promedio en capuchones de uvilla secados a 50 °C.

Figura C-7. Variación de peso promedio en capuchones de uvilla secados a 60 °C.

Figura C-8. Variación de peso promedio en capuchones de uvilla secados a 40, 50 y 60 °C.

Figura C-9. Contenido de humedad promedio en hojas de uvilla secadas a 40 °C.

Figura C-10. Contenido de humedad promedio en hojas de uvilla secadas a 50 °C.

Figura C-11. Contenido de humedad promedio en hojas de uvilla secadas a 60 °C.

Figura C-12. Contenido de humedad promedio en hojas de uvilla secadas a 40, 50 y 60 °C.

Figura C-13. Contenido de humedad promedio en capuchones de uvilla secados a 40 °C.

Figura C-14. Contenido de humedad promedio en capuchones de uvilla secados a 50 °C.

Figura C-15. Contenido de humedad promedio en capuchones de uvilla secados a 60 °C.

Figura C-16. . Contenido de humedad promedio en capuchones de uvilla secados a 40, 50 y 60 °C.

Figura C-17. Ln de la razón de contenidos de humedad para hojas de uvilla secadas a 40 °C.

Figura C-18. Ln de la razón de contenidos de humedad para hojas de uvilla secadas a 50 °C.

Figura C-19. Ln de la razón de contenidos de humedad para hojas de uvilla secadas a 60 °C.

Figura C-20. Ln de la razón de contenidos de humedad para capuchones de uvilla secados a 40 °C.

Figura C-21. Ln de la razón de contenidos de humedad para capuchones de uvilla secados a 50 °C.

Figura C-22. Ln de la razón de contenidos de humedad para hojas de uvilla secadas a 60 °C.

Figura C-23. Ácido cianhídrico promedio presente en hojas y capuchones de uvilla escaldados por 5 minutos y secados a 40, 50 y 60 °C.

Figura C-24. Ácido cianhídrico promedio presente en hojas y capuchones de uvilla sin tratamiento y tratados.

ANEXO D: BALANCE DE MATERIALES

Diagrama H-1. Balance de materiales para la elaboración de té a partir de hojas de uvilla (mejor tratamiento).

Diagrama H-2. Balance de materiales para la elaboración de té a partir de capuchones de uvilla (mejor tratamiento).

ANEXO E: FOTOGRAFÍAS

Fotografía E-1. Escaldado con vapor por 5 minutos.

Fotografía E-2. Secado a 60° C por 4 horas.

Fotografía E-3. Muestra seca.

Fotografía E-4. Molino acoplado para el triturado.

Fotografía E-5. Triturado de la muestra seca.

Fotografía E-6. Tamizado del triturado obtenido.

Fotografía E-7. Desechos provenientes del tamizado.

Fotografía E-8. Té envasado.

Fotografía E-9. Taza con agua caliente para la infusión del té.

Fotografía E-10. Comienzo de la infusión.

Fotografía E-11. Infusión terminada.

RESUMEN

Este trabajo de investigación se llevó a cabo entre noviembre 2012 y febrero 2014 y fue parte de un proyecto CENI en alianza estratégica con la Asociación Artesanal Tierra Productiva, que al ser un colectivo dedicado al cultivo y comercialización de la uvilla (*Physalis peruviana* L.), aportó con la materia prima vegetal (hojas y capuchones de la fruta) y la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, en donde se efectuaron las pruebas experimentales correspondientes. El estudio realizado permitió: evaluar el efecto de la temperatura sobre el peso y contenido de humedad de los residuos de uvilla (hojas y capuchones) en función del tiempo, determinar la cantidad de compuestos cianogénicos (HCN específicamente) presentes en hojas y capuchones, calcular el coeficiente de difusión o constante de proporcionalidad (D) en los residuos secados a 40, 50 y 60 °C y verificar si es posible elaborar un nuevo producto para consumo humano, un té con estos residuos.

A una temperatura menor de secado, hojas y capuchones pierden menos peso que si fueran secados a una temperatura más alta; la humedad también se ve influenciada por la temperatura, reduciéndose en mayor porcentaje cuando se emplea una temperatura de secado mayor. Todos los valores de D para hojas resultaron ser mayores a los valores de D para capuchones, presentado el tratamiento a₂b₀ (60 °C–hojas) el valor más alto ($5,016 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$), mientras que el menor D ($1,655 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$) provino del tratamiento a₀b₁ (40 °C–capuchones). Para la determinación de HCN se emplearon dos métodos: uno de carácter cuantitativo (Método Oficial AOC 915.03, ácido cianhídrico en granos: titulación alcalina) y otro de carácter cualitativo (ensayo de Magnin); las muestras fueran sometidas a dos diferentes procesos: escaldado con vapor por 5 minutos y secado a 40, 50 y 60° C por 6, 5 y 4 horas respectivamente, siendo la temperatura de 60° C la que logró reducir considerablemente la cantidad de HCN (1730,79 mg HCN/kg hojas secas y 1805,33 mg HCN/kg capuchones secos, valores iniciales antes de la aplicación de los dos procesos térmicos) hasta llegar a límites permisibles (11,49 mg HCN/kg hojas secas y 23,03 mg HCN/kg capuchones secos) inofensivos para la salud. Finalmente, los residuos secos fueron triturados por separado mediante un molino de mano, el producto obtenido fue tamizado, pesado y envasado. Cada bolsita contiene 1 g de material seco.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema de Investigación

“Determinación del contenido de compuestos cianogénicos en hojas y capuchones de uvilla (*Physalis peruviana* L.) perteneciente al ecotipo colombiano y sus implicaciones en la elaboración de té”.

1.2 Planteamiento del Problema

Los mercados internacionales de frutas y hortalizas frescas y procesadas son de los más dinámicos en el sector agroalimentario. Hoy en día, su crecimiento se ha visto beneficiado por los cambios en las preferencias de los consumidores. Estas tendencias de consumo de productos alimenticios, dentro de los cuales, se incluyen frutas exóticas como la uvilla, incrementan su acceso al mercado. Sin embargo, hojas y capuchones simplemente se desperdician, cuando pueden, como se demostrará, ser útiles para el consumo humano, favorecer la inserción de las economías campesinas de los países andinos en los mercados nacionales, e inclusive en los internacionales.

Pero esta incorporación de las economías rurales requiere de un acompañamiento tecnológico sostenible, que permita responder a las exigentes normas de calidad y de presentación de los productos, para facilitar su comercialización en los mercados.

Este trabajo precisamente aborda cómo aprovechar de manera efectiva los desechos de la uvilla -hojas y capuchones- en la elaboración de té.

1.2.1 Contextualización

1.2.1.1 Macro

Según la Corporación Colombia Internacional CCI (2001), la uvilla (*Physalis peruviana* L.), llamada también uchuva, es un arbusto tropical de climas medios y fríos, perteneciente a la familia Solanaceae y nativo de Sudamérica (se cultiva desde Chile hasta Colombia entre 2000-3500 msnm), su fruta es amarilla, dulce y pequeña similar a un tomate. Esta fruta se ha convertido en una de las más exitosas en los mercados internacionales europeos y latinoamericanos por sus características exóticas, lo que ha motivado su cultivo expansivo.

La uvilla es rica en vitamina C, purifica y elimina la albúmina de la sangre, reconstruye y fortifica el nervio óptico y es eficaz en el tratamiento de afecciones de la garganta. Se la puede consumir sola, en almíbar, en postres y con otras frutas dulces (CORPEI, 2009). Según la National Research Council NRC (1989), además de estas propiedades, por su alto contenido en pectina, la uvilla es especialmente apropiada para mermeladas, salsas y gelatinas. Su gusto ácido en salsas combina bien con carnes, mariscos, vegetales y otros frutos, y secadas al sol se consumen como pasas.

En Colombia la uvilla se emplea principalmente en forma natural; en Bogotá se usa en menor grado para preparar dulces, postres, jugos e incluso en forma marginal, como ingrediente para sazonar las comidas (Bonilla, 2009). Como procesados, ha mostrado que se pueden fabricar bienes puros o en mezclas tales como pulpa, néctar, mermeladas, salsas, yogurt, y helado entre otros (CCI, 2006).

Según la CCI (2005), las empresas dedicadas a la elaboración de mermeladas por ejemplo, utilizan uvilla proveniente de las zonas productoras de Granada y Silvania. Las mermeladas se comercializan en el mercado nacional y algunas empresas sólo producen para exportar. La tendencia más novedosa en mermeladas es evitar la adición de preservantes,

colorantes o saborizantes y ser presentada en empaques al vacío que aumentan la duración del producto. Así también los productos deshidratados se han lanzado recientemente al mercado y el principal canal de comercialización está conformado por los supermercados e hipermercados.

En Bolivia la uvilla se la consume cruda y muy rara vez en la preparación de dulces. Excepcionalmente, aparece en el mercado de frutas para la fiesta de Corpus Cristi (Cárdenas, 1989).

1.2.1.2 Meso

La uvilla, es también, una de las frutas de gran importancia en Ecuador, este cultivo se caracteriza por estar en manos de pequeños productores, cuyo poder económico es bajo, en la mayoría de los casos, en terrenos de ladera y con muy escasa capacitación técnica. La zona de mayor aptitud para este cultivo se ubica en el Callejón Interandino: Mira, Otavalo, Cotacachi, Puenbo, Salcedo, Píllaro, Ambato, Patate, Guamote, Biblián, Cuenca y Machachi (Andrade y Sernaque, 2005).

Entre los países a los que Ecuador ha realizado exportaciones de uvilla están principalmente: Rusia, Holanda, España y Alemania, países que son muy exigentes en los estándares internacionales y en las normas técnicas de producción (CORPEI, 2009).

Según las estadísticas de la Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones CORPEI (2009), las exportaciones de la uvilla han crecido en un 1976,4 % (valores FOB) entre el 2004 y el 2008, siendo particularmente importante el crecimiento experimentado entre el 2004 y el 2005 (7850 %). Estas exportaciones suman un total de USD 145,2 mil y 84,7 toneladas en el período 2004-2008, convirtiéndose los años 2004 y 2008 en los de mayor cantidad exportada (45,7 toneladas) y mayor valor exportado (USD 50,6 mil) respectivamente. Según Altamirano (2010), de las 300 hectáreas de uvilla cultivadas en el Ecuador, el 23 % de la producción se

concentra en la sierra central, en las provincias de Tungurahua y Cotopaxi principalmente.

1.2.1.3 Micro

La calidad y seguridad de un producto alimenticio son los factores que más influyen para la selección y demanda de un consumidor. Métodos de preservación y esterilización convencionales producen un gran número de cambios no deseables, tales como, pérdida de olor, sabor, textura y valor nutricional, en resumen una reducción de la apariencia fresca y de la calidad del producto final. La aplicación de tecnologías emergentes permite el consumo de compuestos funcionales propios de las materias primas, lo que da un valor agregado a los productos que tradicionalmente se consumen.

Uno de los cantones que promueve la siembra de uvilla en Tungurahua es Quero, específicamente la Asociación Artesanal “Tierra Productiva”, agrupación que fue creada el 28 de mayo del 2008, por la iniciativa de 19 socios en la búsqueda de generar ingresos económicos con el cultivo de esta fruta; al inicio se dedicaron a la comercialización de uvilla fresca, sin embargo, debido a la ganancia mínima que reportaba la venta de la fruta en el mercado local, decidieron aprovechar su cultivo en beneficio propio, elaborando productos procesados como helados y mermeladas.

A la fecha la asociación cuenta con un local en comodato con el Municipio de Quero. El equipamiento, asesoría técnica y puesta en marcha fue logrado con el apoyo del Ministerio de Inclusión Económica y Social. En septiembre de 2011, la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica aportó con la construcción de un deshidratador eléctrico, y desde octubre del mismo año, la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos desarrolló un proyecto de vinculación con la comunidad, con la finalidad de mejorar los procesos agroindustriales de helados y mermeladas de uvilla.

En los 5 años que lleva de existencia, su producto estrella son “los helados de uvilla”, la metodología aplicada ha sido meramente casera, lo que ha influido en la calidad del producto, obteniendo helados con defectos de textura (cristalización) y cuerpo (de fácil fusión). Es por esto, que fue necesario efectuar una investigación para impulsar el mejoramiento del proceso industrial, a fin de obtener diversos productos -a base de uvilla- de calidad, nutritivos y saludables, salvaguardando la seguridad alimentaria del consumidor.

La cadena productiva que maneja esta asociación enfrenta algunos problemas, entre ellos la estacionalidad de la oferta, la corta vida útil del fruto, la ausencia de tecnología postcosecha y de tecnologías aplicadas para su transformación, además del limitado conocimiento sobre cada proceso. Esta situación casi ha forzado a que la comercialización sea mayoritariamente de uvilla fresca y que los productos obtenidos incumplan las exigencias de calidad, cuyo resultado ha sido negativo, por la disminución en el número de consumidores.

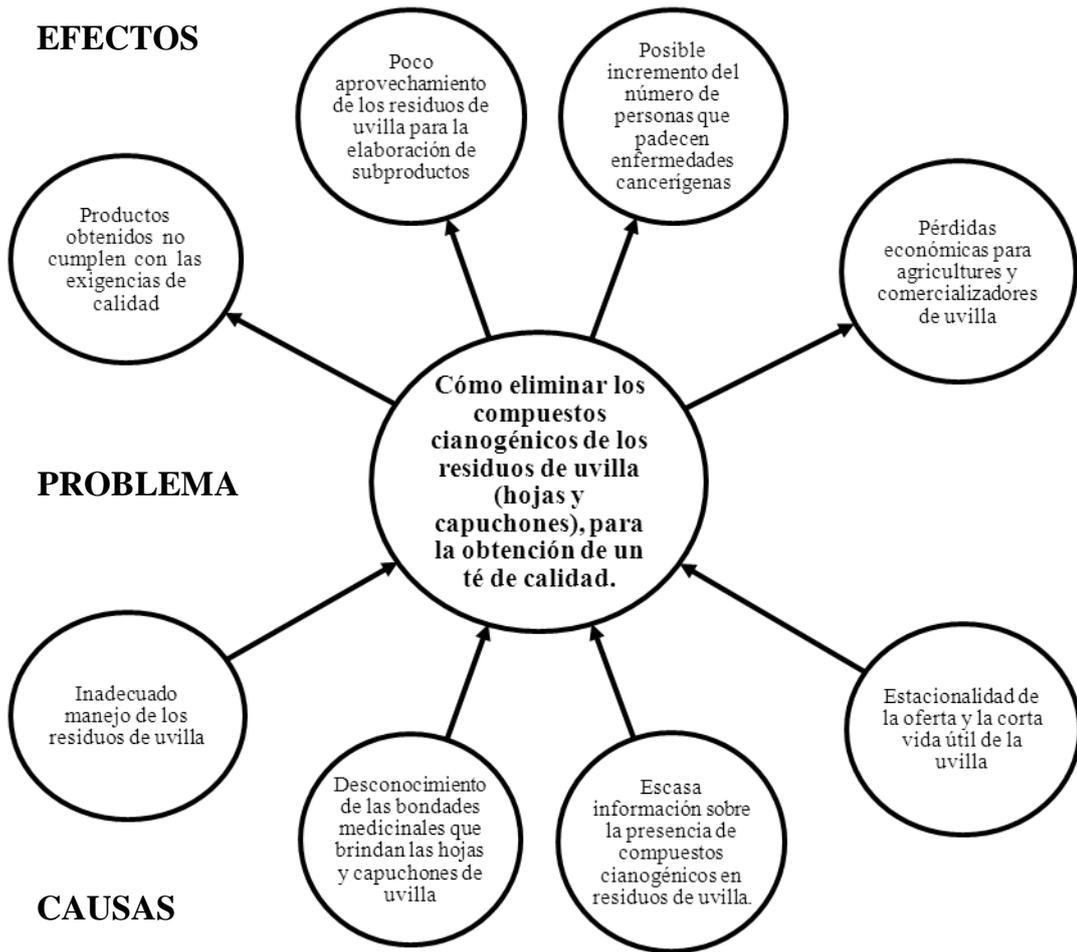
1.2.2 Análisis Crítico

La provincia de Tungurahua y concretamente el cantón Quero, son aptos para el cultivo de la uvilla. Este fruto no se aprovecha como debiera; y menos sus hojas y capuchones que sin más, son desechados, cuando tienen la posibilidad real de ser aprovechados para el consumo humano, contribuyendo así a la solución de un grave problema que enfrenta la humanidad desde sus albores hasta nuestros días, cual es el hambre.

El punto es que, hojas y capuchones de uvilla, contienen glucósidos cianogénicos –compuestos que producen ácido cianhídrico (HCN) por tratamiento ácido o mediante hidrólisis enzimática– que como es bien conocido en dosis altas pueden causar no sólo daño a la salud, sino inclusive la muerte. Superado este inconveniente será posible aportar a la mejora de la situación alimentaria humana, a la par de contribuir también en la mejora de las condiciones sociales y económicas de la Asociación Tierra Productiva, con lo

cual la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, conjuga dos elementos fundamentales establecidos en la legislación que rige el sector de la educación superior en el país: investigación-vinculación con la comunidad.

Sobre la base de lo expuesto, el gráfico que se inserta, permite añadir nuevos elementos contributivos al análisis crítico.



1.2.3 Prognosis

La disminución de los compuestos cianogénicos en las hojas y capuchones de *Physalis peruviana* L., permitirá aprovechar estas materias primas en la obtención de té de uvilla, con todas las ventajas que esto implica, fundamentalmente para la Asociación Tierra Productiva, que mejoraría

significativamente su condición socioeconómica, a la vez que incorporaría un nuevo producto alimentario para el consumo humano

1.2.4 Formulación del Problema

El desconocimiento de las bondades nutricionales que tienen las hojas y capuchones de uvilla, sumado a la poca información existente en cuanto a la presencia de compuestos cianogénicos en dichos residuos, son factores que han impedido la elaboración de nuevos productos, como el té de uvilla.

1.2.5 Preguntas Directrices

- ¿Cómo se realiza la determinación del contenido de compuestos cianogénicos en hojas y capuchones de uvilla?
- ¿Cuál es el efecto de la temperatura de secado sobre la pérdida de peso y contenido de humedad de los residuos de uvilla (hojas y capuchones) en función del tiempo?
- ¿Es posible identificar si el tratamiento con vapor y la temperatura de secado permiten eliminar o al menos disminuir la cantidad de ácido cianhídrico presente en hojas y capuchones de uvilla?
- ¿Habrán diferencias en los valores de los coeficientes de difusión obtenidos para hojas y capuchones de uvilla, secados a 40, 50 y 60 °C?
- ¿De qué manera podrían aprovecharse las propiedades nutrifuncionales y nutraceúticas de los residuos de *Physalis peruviana* L.?
- ¿Qué beneficios recibiría la Asociación Tierra Productiva con la obtención de un nuevo producto –el té de uvilla–, elaborado a partir de sus hojas y capuchones?

1.2.6 Delimitación

- **Campo:** Investigación.
- **Área:** Bioquímica.
- **Sub-área:** Físico Química.
- **Sector:** Medicinal.
- **Sub-sector:** Frutas.
- **Temporal:** Diciembre 2012 - enero 2014.
- **Espacial:** Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

1.3 Justificación

Estudios científicos realizados a la fecha demuestran que, a las bondades nutricionales que se atribuyen a la uvilla (frutas, hojas y capuchones), se suman muchas propiedades medicinales. Corroborando lo expuesto, los compuestos contenidos en los capuchones, están siendo utilizados con resultados exitosos en la medicina natural, dadas sus propiedades: anticancerígenas, antimicrobianas, antipiréticas, diuréticas, antiinflamatorias e inmunomoduladoras (Franco, Matiz, Calle et al., 2007 y Wu et al., 2005).

Estudios validados indican que, adicionalmente, los extractos de las hojas y capuchones de la planta de uvilla contienen importantes actividades antibióticas y antioxidantes (Franco et al., 2007). Todas estas propiedades hacen necesaria su investigación y promoción para ofrecer al mercado alternativas de consumo que se

ajusten a todos los gustos y a los requerimientos individuales, contribuyendo así a la salud y bienestar de quienes los consuman.

El impacto que tendría este producto en la sociedad, constituye un nivel innovador, en la medida en que se estarían aprovechando los residuos, que como queda dicho, tienen características benéficas para las personas y que de otro modo, serían simplemente desechados. Adicionalmente se estaría aportando al ecosistema, al reducir el nivel de residuos en el ambiente, al tiempo que mejorarían las condiciones socio económicas de un colectivo que tiene posibilidades de progreso, como es la Asociación Tierra Productiva.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Determinar el contenido de compuestos cianogénicos en hojas y capuchones de uvilla (*Physalis peruviana* L.), perteneciente al ecotipo colombiano.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de la temperatura sobre la pérdida de peso y contenido de humedad de los residuos de uvilla (hojas y capuchones) en función del tiempo.
- Identificar la temperatura óptima de secado que permita eliminar la mayor cantidad de ácido cianhídrico presente en las hojas y capuchones de uvilla.
- Calcular el coeficiente de difusión para las hojas y capuchones de uvilla secados a 40, 50 y 60 °C.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Los compuestos cianogénicos se encuentran comúnmente en más de 2500 especies de plantas, tales como almendra, trigo, cebada, sorgo, yuca, manzanas, frutas de hueso y linaza (Jones, 1998) . Los cianógenos vegetales se almacenan en su forma glicosilada, por ejemplo, glucósidos cianogénicos (CG), con ninguno o muy poco presente como compuestos cianógenos no glucosídicos (NCG) (Wanasundara y Shahidi 1998). El cianuro de hidrógeno (HCN), un conocido compuesto tóxico, puede ser liberado de CG durante el consumo a través de la hidrólisis ácida y enzimática en el proceso de digestión. El alto porcentaje de cianógenos en algunas plantas, como la yuca y harina de linaza, pueden causar problemas a la salud y limitar la utilización para el consumo humano y animal de estas plantas y sus productos (Wanasundara y Shahidi 1998 y O'Brien et al., 1992).

McGorum, Pirie y Fry, en 2012, comprobaron que muestras de trébol recolectadas de los campos asociados a la enfermedad del pasto de los equinos (disautonomía equina, EGS) contienen un gran porcentaje de compuestos cianogénicos, con un potencial medio de cianuro de 497 mg/kg de materia seca (rango 307-1786). Por otra parte, el trébol recogido en los campos de EGS poco después de la aparición de EGS presentó concentraciones significativamente más altas de los glucósidos cianogénicos linamarina y lotaustralina que las muestras control, esto indica que los caballos pudieron ingerir cantidades significativas de CG, sin embargo se requieren más estudios al respecto.

Cinco glucósidos mandelonitrilo se han detectado en la fracción glucosídica aislada a partir de varias frutas del género *Passiflora*. La prunasina y sambunigrina estuvieron presentes en el jugo de la fruta de la pasión y su cáscara, como un componente de la maracuyá la amigdalina se reporta por primera vez. Dos compuestos mandelonitrilo ramnopiranosil β -D-glucopiranosidos fueron

identificados por GC-MS. La prunasina fue el glucósido cianogénico más importante en la cáscara (285,00 mg/kg para *P. edulis* f. *flavicarpa*), mientras que la amigdalina (31,00 mg/kg para *P. edulis*) y los dos compuestos identificados tentativamente como mandelonitrilo ramnopiranosil β -D-glucopiranosidos fueron encontrados sobre todo en el jugo (99,00 mg/kg para *P. edulis* f. *flavicarpa*). Además, se encontraron diferentes cantidades de sambunigrina en el jugo (0,40 mg/kg de *P. edulis* en el jugo a 15,50 mg/kg de *P. edulis* f. *flavicarpa* en la cáscara) (Chassagne, Crouzet, Bayonove et al., 1996).

Según Gleadow, Møldrup, O'Donnell et al. (2012), los glucósidos cianogénicos son productos bioactivos comunes que se descomponen para liberar cianuro de hidrógeno tóxico (HCN) cuando se combina con β -glucosidasas específicas. En sorgo forrajero, altas concentraciones del glucósido cianogénico durrina producen reducción de la productividad y en ocasiones la muerte de los animales de pastoreo, especialmente en épocas de sequía, cuando el contenido de durrina de cultivos con retraso de crecimiento es a menudo más alto. La concentración de durrina en hojas secadas al aire y -en horno- era la misma que en las hojas frescas. La concentración de durrina se redujo a la mitad cuando las hojas se secaron por congelación, aunque se conservó la actividad de la durrinasa endógena. Se recomienda que estudios de este tipo, se extiendan a otras especies cianogénicas.

Dahler, Mcconchie y Turnbull, en 1995, establecieron que los miembros del género *Macadamia* contienen compuestos cianogénicos, que liberan cianuro de hidrógeno (HCN) en la hidrólisis. Las concentraciones de cianuro liberado se midieron en los tejidos de las nueces maduras y plántulas de *Macadamia integrifolia* Maiden y Betche, *M. tetraphylla* L.A.S. Johnson y *M. ternifolia* F. Muell. Muestras de raíz, cotiledones y hojas se analizaron en varias etapas de desarrollo desde la germinación hasta la maduración de las primeras hojas. Todas las muestras contenían niveles detectables de cianuro. Las concentraciones eran bajas (0,15 mmol/g de peso fresco) en los cotiledones de *M. integrifolia* madura y en las semillas de *M. tetraphylla* M., correspondientes a la calidad comestible de las semillas de estas especies comerciales, y mucho más altas (9,6 mmol/g) en las semillas comestibles de *M. ternifolia*. Los niveles en los cotiledones de las tres especies se incrementaron dramáticamente durante la germinación. Se midieron concentraciones de cianuro de

6-23 mmol/g en la raíz. La primera hoja inmadura de las especies comerciales contenía las concentraciones más altas (38-77 g/mol). Los niveles disminuyeron con la madurez de la hoja, en correlación con su endurecimiento y, posiblemente, un requisito consecuente de la disminución de cianuro como un elemento disuasorio herbívoro. Se discute la importancia de los resultados con respecto a las interacciones planta-insectos.

Las plantas cianogénicas tienen potencial como biocidas naturales en los cultivos, limitando la presencia de varias plagas y patógenos del suelo. El sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y el pasto Sudán (*Sorghum bicolor* subsp. *Sudanense* (p) Stapf), de hecho contienen el glucósido cianogénico p-hidroxi-(S)-mandelonitrilo- β -D-glucósido (durrina), como sustrato de su sistema defensivo secundario capaz de liberar cianuro de hidrógeno tras lesiones del tejido debido a factores bióticos o abióticos. Dado que el contenido de durrina se correlaciona con la eficacia biofumigante de las plantas, un alto contenido de este glucósido podría ser beneficioso para la utilización de sorgo y pasto Sudán como abonos biocidas. La viabilidad de este método de análisis se puso a prueba mediante la evaluación de nivel durrina en las raíces y los tallos durante el cultivo de cuatro diferentes variedades de sorgo y pasto Sudán en ensayos agronómicos realizados en 2008 en el valle del Po (Italia). El contenido de durrina varió de $0,16 \pm 0,04$ a $7,14 \pm 0,32$ mg/g de materia seca (DM) en tallos y de $1,38 \pm 0,02$ a $6,57 \pm 0,09$ mg g⁻¹ de DM en raíces, mostrando diferencias estadísticas entre los germoplasmas probados que podrían estar vinculadas a la eficacia de su utilización como plantas biofumigantes (De Nicola, Leoni, Malaguti et al., 2011).

La yuca no es tan sólo una fuente importante de calorías para más de 500 millones de personas (Food and Agriculture Organization FAO, 1996 y Nestel, 1973), sino que según De Bruijn y Fresco (1989), se ubica cuarta en la lista de los principales cultivos alimentarios en los países en desarrollo. Su uso como componente de alimentos para animales, así como su industrialización en la obtención de almidón van en aumento. Se ha encontrado, sin embargo, que las dietas ricas en yuca, son responsables, de cierta toxicidad crónica producida en el hombre y en el ganado (Coursey, 1973).

Según Montgomery (1969), esta toxicidad se debe a la presencia de los glucósidos cianogénicos linamarina y lotaustralina en una proporción aproximada de 20:1, que bajo la acción de la enzima endógena linamarasa se hidrolizan y liberan ácido cianhídrico -también conocido como cianuro de hidrógeno, ácido prúsico, metanonitrilo o formonitrilo-. Las cantidades de estos compuestos tóxicos varían considerablemente de una especie a otra, así como con las condiciones del medio. Estos CG están ampliamente distribuidos en la planta de yuca, con la concentración más alta en las hojas y la cáscara de la raíz, y en una menor concentración en el parénquima de la raíz -dentro de la raíz- (Cardoso et al., 2005).

Según Gondwe (1974), en los tejidos intactos de la yuca, la enzima y los glucósidos se encuentran separados por membranas, por lo que la cantidad presente del HCN es mínima, pero al destruirse los tejidos (daño mecánico o almacenamiento prolongado), la enzima y el sustrato se mezclan, liberándose HCN.

Aunque la clasificación sea muy subjetiva, las variedades de yuca se suelen dividir en dulces y amargas. Las dulces, son generalmente menos tóxicas que las amargas (Universidad Federal de Bahía, 1974). El grado de toxicidad de las raíces de yuca está influenciado por varios factores, siendo los principales:

- Las condiciones ecológicas de crecimiento de la planta.
- La edad de la planta.
- Los métodos de cultivo.

Al respecto, son pocos los trabajos que se han realizado, y la falta de concordancia entre éstos, no permite llegar a conclusiones satisfactorias. Así por ejemplo, De Bruijn (1973), concluye que no existe relación entre la edad de la planta y la concentración de glucósidos, en tanto que estudios realizados en la Universidad Federal de Bahía (1974), reportan que el contenido de estos productos tóxicos tiende a disminuir con la edad. Por su parte, Nartey (1973), concluye, que durante el crecimiento, la concentración de glucósidos cianogénicos aumenta, disminuyendo posteriormente. Toda esta falta de concordancia se debe a múltiples factores. Las determinaciones han sido realizadas con diferentes métodos, lo cual afecta de manera directa a la reproducibilidad y exactitud de los resultados. Además, no se han usado

las mismas variedades de yuca, lo cual depende del lugar de la experimentación. Este último factor está influenciado por el clima, precipitación y suelo, aspectos que afectan el contenido de glucósidos cianogénicos.

El potencial cianogénico de la yuca mal procesada ha sido identificado como un factor en problemas de salud como: los efectos tóxicos agudos (Mlingi, Poulter y Rosling, 1992), el trastorno de déficit de yodo (Ermans et al., 1983), neuropatía atáxica tropical (Osuntokun, 1981) y el konzo, una enfermedad paralítica (Tylleskar et al., 1992). Las cianohidrininas ingeridas se presume se descomponen a nivel alcalino de pH en el intestino delgado para producir una cantidad molar igual de cianuro. La toxicidad de los glucósidos ingeridos en el hombre no se entiende bien. Los efectos tóxicos pueden producirse si determinados glucósidos están presentes en la flora intestinal (Bourdoux, Mfuta, Hanson et al., 1980).

La uvilla (*Physalis peruviana* L.) es una fruta conocida desde la época de los incas, y su origen se atribuye a los valles interandinos bajos de Ecuador y Perú (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2001).

Según Rodríguez, García, López et al. (1978), antiguamente la uvilla era utilizada para el autoconsumo y considerada como maleza, se desconocía el valor alimenticio y comercial; incluso se trataba de erradicarla.

Las condiciones favorables del clima y suelo del Ecuador, permiten una producción agrícola de calidad para el mercado nacional e internacional. La constante demanda de nuevos productos en el mercado mundial, ha impulsado la diversificación de la producción y exportación en nuestro país, esto debido a la promoción de cultivos no tradicionales, entre los cuales se encuentra la uvilla.

En los años 80, la uvilla empieza a tener un valor económico, debido a características como: aroma, sabor dulce y bondades nutricionales y medicinales conocidas en la actualidad como nutraceuticas. Ésto ha permitido que la demanda se incremente, y se la encuentre en la mayoría de mercados y supermercados del país (Brito, 2002).

En Ecuador, la siembra de uvilla se inició teniendo como base la exportación a mercados europeos. En la actualidad, este cultivo se ha extendido en casi toda la serranía ecuatoriana, en donde se pueden obtener altos rendimientos si está en las zonas adecuadas y se aplica el tratamiento agrícola que requiere el cultivo.

Las propiedades nutricionales de la uvilla pueden ser mejoradas mediante la aplicación de técnicas de conservación que incrementan la vida útil del producto, además de brindar un valor agregado, permiten abaratar costos de transporte y satisfacen el tiempo requerido para llegar hasta el consumidor en las condiciones de calidad requeridas. Esto, ha sido identificado en estudios previos, como los que cita CORPOICA (2008), que en el informe “Desarrollo tecnológico para el fortalecimiento del manejo postcosecha de frutales exóticos exportables de interés para los países andinos: uchuva (*Physalis peruviana* L.), granadilla (*Passiflora Ligularis* L.) y tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.)”, sugiere como una de las alternativas existentes para prolongar la vida útil de la uchuva, el presecar el capuchón (cáliz), con el fin de obtener mayor protección contra enfermedades y mayor longevidad. Para lograr buenos resultados, CORPOICA menciona utilizar deshidratadores de bandejas de aire caliente, en los cuales según este estudio, a una temperatura de 60 °C se puede reducir la humedad del capuchón hasta en un 10 % en cerca de 90 minutos, sin deshidratar la baya.

Las hojas, capuchones y frutos de la uvilla, se emplean en la industria química y farmacéutica. Para hacer uso de las propiedades beneficiosas que se reportan, se consideró apropiado el empleo de los residuos (hojas y capuchones) de esta planta para elaborar té. Sin embargo, estudios previos como aquel de Wu (2011), mencionan la posibilidad de que en ellos, se encuentren presentes compuestos glucósidos que podrían liberar ácido cianhídrico por un proceso enzimático cuando se dañan mecánicamente.

Por esta razón, la determinación de la presencia –y de los posibles niveles– de estos compuestos, garantizará el uso seguro de los residuos de uvilla en forma directa para la elaboración de funditas para té, o permitirá establecer, si es necesario, aplicar un tratamiento térmico que elimine el ácido cianhídrico –que es un compuesto soluble y volátil– (Gisbert y Villanueva, 2004).

2.2 Fundamentación Filosófica

El hombre es un ser maravilloso, un animal prodigioso, capaz de entender el mundo y a su vez insertarse en un mayor prodigio: “el prodigio de la vida”.

Los humanos apenas nos diferenciamos de los animales, pero una de estas diferencias fundamentales es la inteligencia, gracias a la cual el hombre ha sobrevivido y logrado desarrollar un sinnúmero de objetos, descubrir nuevas teorías y comprobar cientos de leyes, mejorar cosas preexistentes e inclusive llegar a crear nuevos seres y alimentos genéticamente modificados.

Pero en principio, el ser humano debió proveerse de alimentos para su sobrevivencia; y en ese sentido, inicialmente, inventó la masa para la caza de mamuts, primera fuente alimentaria. Posteriormente cazó animales más pequeños y aves, con este mismo propósito; luego se nutrió de alimentos presentes en los ríos y mares.

Cuando el ser humano se volvió sedentario, comenzó con la domesticación de animales y logró dominar la agricultura, que en principio fue altamente rudimentaria, para poco a poco, con el empleo de la máquina, ir la mecanizando, lo cual dio un giro notable, en cuanto al incremento de la producción agrícola.

Pese a ello, la población fue aumentando, siempre en mayor porcentaje que los alimentos; al fin y al cabo, ese ha sido el eterno problema de los economistas, que han visto en el desigual crecimiento de productos y necesidades humanas, el principal inconveniente del mundo postmoderno.

La Revolución Industrial nacida en Inglaterra en los últimos 30 años del siglo XVIII, puso a la humanidad de cara a la modernidad, y se iniciaron una serie de inventos, que sin la menor duda han favorecido al mejoramiento de la producción, incluido como es natural el procesamiento de los alimentos.

La aplicación de la biotecnología en el procesamiento de los alimentos fue un salto hacia adelante, en la medida en que utilizando un sinnúmero de

microorganismos de ADN recombinante, se logró alargar significativamente el tiempo de conservación de ellos. Tal es la situación, que cuando uno va a un viaje corto, echa en su mochila un par de enlatados y puede sin problemas solventar las necesidades alimentarias de un par de días.

La presente investigación se fundamenta, en la necesidad de encontrar nuevas opciones para producir alimentos sobre la base de plantas nativas, algunos de cuyos componentes están siendo desechados. En esa línea, se busca desarrollar una nueva tecnología que sea amigable con el ambiente (mediante la disminución de residuos), para que un colectivo humano en vías de desarrollo, como es la Asociación Artesanal Tierra Productiva, mejore su condición socioeconómica, a la par que obtenga un nuevo producto alimenticio, como es el caso de un té a base de la planta de uvilla.

Por ello, para esta investigación se consideró el paradigma positivista, el cual, tiene como escenario de investigación el laboratorio, a través de un diseño preestructurado y esquematizado; su lógica de análisis está orientada a lo confirmatorio, reduccionista, verificación, inferencial e hipotético deductivo, mediante el respectivo análisis de resultados.

2.3 Fundamentación Legal

Hasta la expedición de la actual Constitución, los elementos de la naturaleza eran vistos únicamente como recursos supeditados a la libre explotación humana. Por consiguiente, eran valorados desde el punto de vista estrictamente económico. La Carta Magna da un giro radical en este ámbito, por lo que se entenderá el concepto de garantía de derechos de la naturaleza señalada en este objetivo en el marco del Capítulo II, Título VII, del Régimen del Buen Vivir de la Constitución aprobada en Montecristi y refrendada por el pueblo ecuatoriano en septiembre de 2008.

Comprometido con el buen vivir de la población, el Estado asume sus responsabilidades con la naturaleza. Asimismo, desde el principio de corresponsabilidad social, las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades, los

diversos sectores privados, sociales comunitarios y la población en general deben cuidar y proteger la naturaleza (SENPLADES, 2009).

De otro lado, según el artículo 13 de la Carta Magna que nos rige, “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*. El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria”. (El resaltado me corresponde).

Es claro que el presente proyecto de investigación se enmarca nítidamente en la disposición constitucional citada, en la medida en que privilegia la localía y se direcciona directamente en la identidad y tradición cultural del colectivo humano asentado en el Cantón Quero, denominado Asociación Artesanal Tierra Productiva.

Según la Comisión del Códex Alimentarius (2013), en su 72ª reunión el JECFA hizo una evaluación de riesgos de los glucósidos cianogénicos en los alimentos. Los glucósidos cianogénicos pueden causar una intoxicación aguda en los seres humanos, así como varias enfermedades crónicas asociadas a la producción de yuca insuficientemente elaborada. El JECFA estableció valores sanitarios de referencia para los glucósidos cianogénicos; es decir, una dosis de referencia aguda (DRA) de 0,09 mg/kg de peso corporal, expresada como equivalente del cianuro, y una ingesta diaria tolerable máxima provisional (IDTMP) de 0,02 mg/kg de peso corporal, como cianuro.

Concomitantemente, la Ley Orgánica de Educación Superior, LOES, expedida en la sede de la Asamblea Nacional, el 4 de agosto de 2010, en su artículo 8, que hablando de los fines de la educación superior en algunos de sus literales dice lo siguiente:

“a. Aportar al desarrollo del pensamiento universal, al despliegue de la promoción científica y a la promoción de las transferencias e innovaciones tecnológicas”.

“d. Formar académicos y profesionales, con conciencia ética y solidaria, capaces de contribuir al desarrollo de las instituciones, de la república, a la vigencia del orden democrático y a estimular la participación social”.

“f. Fomentar y ejecutar programas de investigación de carácter científico, tecnológico y pedagógico, que ayuden al *mejoramiento y protección del ambiente y promuevan el desarrollo sustentable nacional*”. (El resaltado me corresponde).

“h. Contribuir en el desarrollo local y nacional de manera permanente, a través de *trabajo comunitario o extensión universitaria*”. (El resaltado me corresponde).

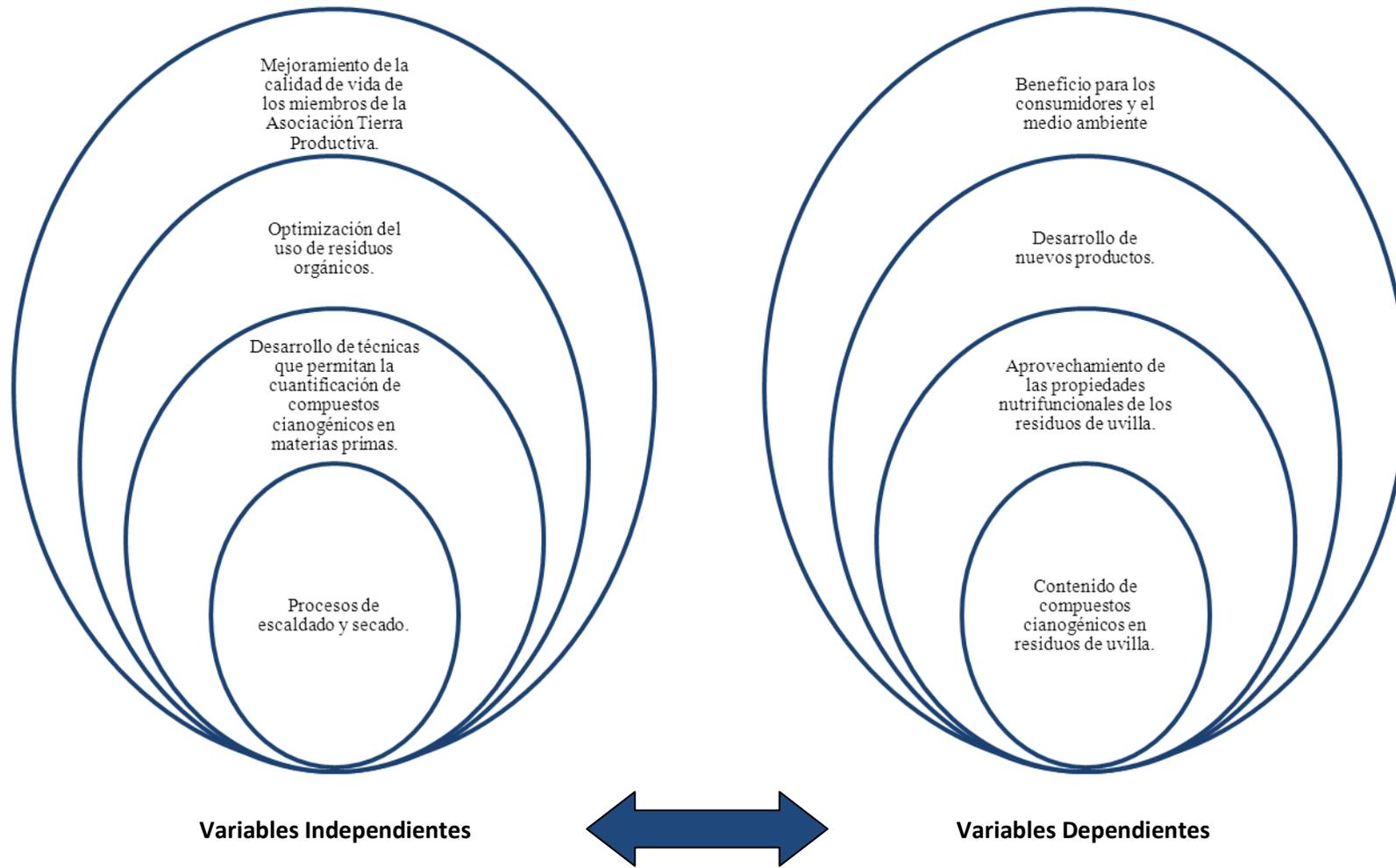
Del mismo modo, el artículo 9 relativo a la educación superior y el Buen Vivir, dice: “la educación superior es condición indispensable para la construcción del derecho del buen vivir en el marco de la interculturalidad, del respeto a la diversidad y la convivencia armónica con la naturaleza”.

A la luz de las disposiciones constitucionales citadas, queda en evidencia la fundamentación legal de este proyecto de investigación, que más allá de satisfacer disposiciones constitucionales y legales, apunta también a proporcionar a los futuros consumidores del té de uvilla, de un producto alimentario de costo razonable y buena calidad, tal cual determina la Ley de Defensa del Consumidor.

A más de lo señalado, que son requerimientos establecidos internamente por la Universidad Técnica de Ambato y la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, en atención a las disposiciones contenidas en la Ley Orgánica de Educación Superior, LOES, y su normativa conexas, no debe perderse de vista la fundamentación positivista, que como es de conocimiento general, es una corriente o escuela filosófica que afirma que el único conocimiento auténtico es el conocimiento científico, y que tal conocimiento solamente puede surgir de la afirmación de las teorías a través del método científico.

La verdad de este aserto se expresará en el cuarto capítulo, en donde se presentan los resultados de la investigación.

2.4 Categorías Fundamentales



2.5 Humedad

El agua es uno de los componentes más importantes de los alimentos y afecta a todas sus propiedades físicas. La forma cómo afecta en las propiedades de los alimentos es complicada, debido a la interacción entre el agua y el medio, que rodea la estructura física, también la composición química de los diversos solutos incluido polímeros y coloides como partículas dispersas (Park, Bin y Brod, 2003).

Según Herrera, Bolaños y Lutz (2003), los tejidos animales y vegetales contienen agua en diferentes proporciones, distribuida de una manera muy compleja y heterogénea. Las proteínas, los carbohidratos y los lípidos contribuyen a la formación de complejos hidratados de alto peso molecular dentro de estos tejidos y cuya caracterización y cuantificación en un alimento es difícil de efectuar.

En general, el contenido de humedad de un alimento es el agua total que contiene, sin considerar que en la mayoría de los alimentos existen zonas o regiones microscópicas que, debido a su composición química, no permiten la presencia del agua, lo cual provoca una distribución heterogénea a través del producto.

Todos los alimentos contienen agua en mayor o menor proporción; en los alimentos naturales hay entre un 60 % y un 95 % de agua, como promedio. En el caso de frutas y verduras, el porcentaje de humedad es mayor en relación a otros alimentos que también contienen humedad y aún en los aceites se encuentra una cierta cantidad de agua.

El hecho de conocer el contenido de agua y poder modificarlo tiene aplicaciones como: saber cuál es la composición centesimal del producto, controlar las materias primas en el área industrial y facilitar su elaboración, prolongar su conservación impidiendo el desarrollo de microorganismos –los granos por ejemplo, no se pueden almacenar con un 14 % de humedad, debido al crecimiento de hongos–, mantener su textura y consistencia y finalmente, frenar los intentos de fraude y adulteración si el producto no cumple los límites fijados por la normativa vigente (López, Gutiérrez y Corral, 2007).

La determinación de humedad es una de las medidas más importantes y utilizadas en el análisis de alimentos. En el proceso de secado esa determinación es fundamental (Jin y Colato, 2006).

Según Astudillo (2012), existen varios métodos para determinar la humedad; cada método depende de varios factores como: naturaleza de la muestra, rapidez del método y exactitud deseada. Cuando hablamos de naturaleza de la muestra nos referimos a la forma en que el agua se encuentra en los alimentos, pudiendo ser agua de combinación, agua absorbida o agua libre. Hay que considerar el tipo de alimento para la determinación del contenido de humedad.

2.6 Escaldado

Microorganismos, enzimas, reacciones químicas, temperatura, humedad, presencia de oxígeno, insectos, luz o el paso del tiempo son los principales motivos de alteración en los alimentos. Las maneras de regular estos problemas son unas buenas condiciones de almacenamiento o la aplicación de algún tratamiento térmico, como frío o calor, o un buen envasado. Pero los vegetales deben someterse antes a otros procesos. Uno de ellos es el escaldado (Arroyo, 2009).

Según la Academia del Área de Plantas Piloto de Alimentos (2004), el escaldado de alimentos es una técnica que elimina enzimas que, con el tiempo, pueden provocar alteraciones en los alimentos. El escaldado es un tratamiento térmico que se aplica, sobre todo, a productos vegetales. A diferencia de otros procesos, el escaldado no destruye los microorganismos ni prolonga la vida útil de los alimentos. Es una técnica previa a un segundo tratamiento, como puede ser la congelación, el enlatado, la liofilización o el secado, y produce un ablandamiento en el alimento que facilita el pelado, en el caso de los tomates, la limpieza y empaque.

El escaldado es un método de uso generalizado en las industrias alimentarias que elaboran verduras y algunas frutas. El principal objetivo de este tratamiento es el de inactivar enzimas, aumentar la fijación de la clorofila (de especial importancia en los vegetales verdes) y ablandar el producto para favorecer su posterior envasado. Es una

técnica que se utiliza antes de la congelación, en la que se busca la destrucción de enzimas que afectan al color, sabor y contenido vitamínico (Morato, 2012).

Según Suárez (2013), el escaldado consiste en una primera fase de calentamiento del producto a una temperatura que oscila entre 70 °C y 100 °C. A esta etapa le sigue otra, que consiste en mantener el alimento durante un período de tiempo, que varía entre 30 segundos y dos o tres minutos, a la temperatura deseada. El último paso es realizar un enfriamiento rápido. De lo contrario, se contribuye a la proliferación de microorganismos termófilos, resistentes a la temperatura.

2.7 Secado

Según Bizama (2010), el secado se define como la operación de transferencia de masa de contacto gas-sólido, donde la humedad que contiene el sólido se transfiere por evaporación hacia la fase gaseosa, en base a la diferencia entre la presión de vapor ejercida por el sólido húmedo y la presión parcial de vapor de la corriente gaseosa.

El secado de una planta no es más que el proceso de extraer la humedad que contiene, para evitar que se pudra, enferme o pierda sus sustancias activas, además de permitir su almacenamiento por un tiempo determinado antes de su utilización (Cárdenas, 2012).

Para Buena salud (2011), este proceso se puede realizar con calor natural o artificial; sea cual sea el sistema, el propósito es eliminar progresivamente la humedad contenida en las partes útiles, mediante técnicas adecuadas a cada especie de forma que no se pierdan o devalúen las sustancias que se pretenden retener.

Prácticamente sin excepciones las partes recolectadas deben ponerse a secar inmediatamente; se evitará de esta forma que se marchiten o requemen. Por esta misma razón, salvo en algunos casos, es necesario evitar el secado a pleno sol, dado que las sustancias activas se reducen o alteran por efecto de los rayos solares; así, las plantas ricas en aceites esenciales pueden llegar a perder entre un quinto y una

tercera parte de esas materias. Solamente en casos excepcionales se sitúan las plantas a pleno sol, pero siempre por períodos muy cortos y previa ubicación en un lugar adecuadamente ventilado.

Si el tiempo de secado es excesivo, se corre el riesgo de que la planta se reduzca a polvo, perdiendo las sustancias activas; un tiempo escaso, por su parte, puede provocar que la humedad que aún contienen las haga enmohecer o pudrirse (Vargas, 2008).

En general, las partes más duras de la planta deben poder partirse con facilidad si se las curva, y las más endebles deben conservar cierta rigidez sin romperse al manipularlas ligeramente.

Según Sharapin (2001), el secado interrumpe los procesos de degradación causados por enzimas o fermentos, impide el desarrollo de microorganismos y las reacciones de oxidación y de hidrólisis. Sin embargo, como este proceso involucra calor, pueden presentarse pérdida de aceites esenciales y de sustancias volátiles, así como el riesgo de degradación de algunas sustancias termolábiles. La mayoría de las plantas medicinales pueden ser secadas a temperaturas que varían entre 30 y 60 °C. Las plantas que poseen aceites esenciales o sustancias volátiles se deben secar a temperaturas inferiores a 40 °C.

El secado es el paso más importante para lograr un producto de óptima calidad, ya que de éste depende que el producto se mantenga en condiciones de comercializarse, consumirse y conservarse por períodos prolongados, lo óptimo es secar el material a un 10 % de humedad (Martínez et al., 2000).

Según Caicedo y Otavalo (2007), el secado de plantas medicinales en la actualidad en el Ecuador, es una de las alternativas presentadas para la extracción de aceites esenciales, conservación de plantas aromáticas y elaboración de tés, que ha sido acogida por consumidores locales y extranjeros que visitan el país.

2.8 Coeficiente de Difusión

Según Aranda (2004), a lo largo del tiempo, el movimiento de una molécula sigue un camino aleatorio que resulta en una propiedad conocida como coeficiente de difusión o constante de proporcionalidad. Es un valor que representa la facilidad con que cada soluto en particular se mueve en un disolvente determinado, durante un intervalo de tiempo específico. Depende de tres factores:

- Tamaño y forma del soluto.
- Viscosidad del solvente.
- Temperatura (difusividad térmica).

Algunas observaciones sobre el coeficiente de difusión:

- El coeficiente de difusión de un compuesto A en otro B es simétrico es decir $D_{A-B} = D_{B-A}$.
- El coeficiente de difusión es siempre positivo.
- Las unidades del coeficiente de difusión son $[L]^2[t]^{-1}$ por ejemplo cm^2/s . Destaquemos que este tipo de unidades también las tiene la difusividad térmica y la viscosidad cinemática.

Según Betancourt, Mendoza y Navarrete (2013), la teoría cinética de los gases indica que el coeficiente de difusión para los gases diluidos, a presiones ordinarias, es en esencia independiente de la composición de la mezcla y tiende a crecer con la temperatura al mismo tiempo que a decrecer con la presión.

Los coeficientes de difusión de los sólidos y de los líquidos también tienden a crecer con la temperatura, exhibiendo al mismo tiempo una fuerte dependencia respecto a la composición. El proceso de difusión en los sólidos y los líquidos es mucho más complicado que en los gases y, en este caso, los coeficientes de difusión se determinan casi exclusivamente en forma experimental

La difusión es más rápida en gases que en líquidos y en líquidos que en sólidos, variando casi en 5 órdenes de magnitud entre estado y estado. El valor numérico del coeficiente de difusión para líquidos, y sólidos es mucho más pequeño que para gases, debido principalmente a los campos de fuerzas moleculares, al aumento en el número de colisiones y a la consecuente reducción en el movimiento libre de las moléculas. Asimismo, es destacable que existe una dependencia con la temperatura, si ésta aumenta, provoca un incremento de la difusión. En el caso de líquidos, la variación de la concentración puede modificar el coeficiente, con lo que se pierde la linealidad en las ecuaciones y por consecuencia no es aplicable el principio de soluciones. Por ello, el coeficiente de difusión es definido individualmente para cada molécula en un disolvente dado y a una temperatura específica (Cengel, 2011).

Según Esturau (2011), los coeficientes de difusión para líquidos son del orden de 10^{-5} cm²/s, para gases del orden de 10^{-1} cm²/s y para sólidos 10^{-9} cm²/s.

2.9 Glucósidos Cianogénicos

Según Díaz (2010), en general, los glucósidos son compuestos relativamente estables a pH neutro, comunes en el reino vegetal, conformados por algún tipo de azúcar (generalmente mono, di o trisacáridos) y otra molécula diferente llamada “aglicona”, lo cual significa “que no es un azúcar”. Algunos glucósidos son tóxicos en su conformación original, por ejemplo los glucósidos cardiotóxicos y los glicoalcaloides esteroideos, mientras que otros deben ser hidrolizados para convertirse en tóxicos, como sucede con los glucósidos cianogénicos. La hidrólisis de los glucósidos hace que se liberen los azúcares y la aglicona, la cual puede ser tóxica *per se* o puede convertirse, mediante una reacción adicional, en una sustancia tóxica o antinutricional.

Muchas plantas y cultivos de importancia en nutrición animal pueden acumular glucósidos cianogénicos capaces de liberar cianuro o ácido cianhídrico luego de su hidrólisis. Para que una planta se considere cianogénica, su contenido de HCN debe ser mínimo de 1 mg de HCN por 100g (10ppm) de planta fresca, y para que se

presente toxicosis por cianuro, el contenido de HCN debe ser de 20 mg/100g (200ppm) de planta verde o mayor (Torres, 1984).

2.9.1 Aspectos generales

Los glucósidos cianogénicos, cianoglucósidos o simplemente cianógenos, son compuestos que pueden liberar HCN luego de la acción de enzimas específicas. Químicamente son cianohidrininas (α -hidroxinitrilos) estabilizadas mediante glicosilación. La mayoría de veces, el monosacárido unido a la aglicona es β -D-glucosa (Díaz, 2010). Según Deshpande y Sathe (1991) y Poulton (1983), están presentes tanto en el reino animal como vegetal, en donde se encuentran ampliamente distribuidos. Se han identificado en más de 2000 especies de plantas superiores pertenecientes a 110 familias distintas de angiospermas o helechos.

Entre los glucósidos cianogénicos se encuentra la limarina, presente en la lima, la amigdalina, componente de las semillas de las frutas con hueso, como el melocotón o albaricoque, y la durrina, sustancia presente en el sorgo (Roberts, 1981).

Según Torres (1984), la yuca (*Manihot esculenta*), es el alimento humano con mayor cantidad de cianógenos. Por esta razón, debe ser cortada en pedazos pequeños que se lavan en agua corriente con el fin de remover los glucósidos cianogénicos. Otra forma de procesar la yuca para eliminar los cianoglucósidos, consiste en picarla, macerarla y secarla bajo el sol hasta que el HCN se evapore. Esta es una práctica común llevada a cabo por comunidades indígenas sudamericanas que consumen este alimento diariamente (los indígenas lo denominan “casabe”).

2.9.2 Transformación de los cianoglucósidos en HCN

Los cianoglucósidos no son tóxicos per se, son transformados a HCN (y otros productos) a través del metabolismo de enzimas presentes en todas las plantas cianogénicas. Estas enzimas son la β -glucosidasa y la hidroxinitrilo-

liasa, cuyas funciones son: hidrolizar el glucósido y sintetizar el HCN, respectivamente. Los cianógenos se encuentran en las células epiteliales de la planta, mientras que las enzimas se hallan solamente en células mesófilas, de manera que sustrato y enzima se encuentran físicamente separados dentro de la planta. Durante la masticación, o debido a daño en el tejido causado por marchitamiento, pisoteo, congelación o sequía, el glucósido entra en contacto con las enzimas y el HCN es liberado.

En la medida en que se destruyan las enzimas o los sustratos antes que se produzca la liberación de HCN, el fenómeno cianogénico podrá ser evitado. Estos compuestos se han implicado en diversas enfermedades, sobre todo en países con una alimentación basada en productos vegetales con un alto contenido en glucósidos cianogénicos.

2.9.3 Mecanismo de acción del HCN

Una vez que la planta libera el HCN, este es absorbido rápidamente en el tracto gastrointestinal del animal y en la sangre se disocia en H^+ y CN^- . El ión nitrilo o cianuro (CN^-) tiende a unirse fuertemente al hierro de los grupos hemo, especialmente cuando éste se halla en forma férrica (Fe^{+3}). Ésta es la forma del hierro presente en la citocromo c oxidasa (también conocida como citocromo a_3), la citocromo terminal de la cadena de transporte de electrones o fosforilación oxidativa de las mitocondrias.

El CN^- se une fuertemente al hierro férrico de la citocromo c oxidasa mitocondrial y forman un complejo estable, bloqueando la fosforilación oxidativa (Berg et al., 2002). Como resultado de esta alteración bioquímica, la hemoglobina de la sangre no puede ceder el oxígeno molecular (O_2) a la cadena de transporte de electrones (esta reacción es la razón fundamental por la cual los organismos aerobios “respiran”, es decir, requieren O_2) y se presenta una hipoxia celular o anoxia citotóxica que conduce a la muerte celular y a la muerte del animal (Vetter, 2000).

Además, según Deshpande y Sathe (1991), el cianuro inhibe otras enzimas dependientes de metales como nitrato reductasa, xantino oxidasa (Mb), fosfatasa alcalina, anhidrasa carbónica (Zn), ascorbato oxidasa (Cu) y también otras no dependientes de metales.

2.9.4 Dosis letal de HCN

La dosis letal mínima de HCN en la especie humana se estima está entre 0,5 y 3,5 mg/kg peso corporal (equivalente a 30-210 mg para una persona de 60 kg). La dosis letal de HCN para ovinos y bovinos se estima en 2 mg/kg. La ingestión de cantidades elevadas de cianoglucósidos de plantas, generalmente causa mortalidad en animales que pastan o ramonean. En cerdos y aves de corral puede presentarse mortalidad cuando se alimentan con plantas frescas no procesadas, como es el caso de porcinos alimentados con hojas y tubérculos de yuca. En aves, las dietas que contienen yuca no afectan parámetros zootécnicos siempre y cuando el contenido de HCN de la ración no sobrepase 100 ppm (Díaz, 2001).

Los animales pueden tolerar dosis bajas de HCN, es decir, pueden consumir cierta cantidad de plantas cianogénicas sin desarrollar signos de intoxicación, gracias al sistema de detoxificación del organismo conocido como “rodanasa-tiocianato”. Las dosis no letales de HCN son detoxificadas a tiocianato (SCN⁻) por la enzima rodanasa (su nombre se deriva del “ácido rodánico”, antiguo nombre dado al tiocianato), presente en todos los tejidos animales, aunque en cantidades variables. En pollos, por ejemplo, la rodanasa se puede detectar en todos los tejidos analizados, pero la mayor actividad específica se localiza en submucosa del proventrículo, seguida del hígado, corazón, mucosa del ciego, cloaca y riñón (Aminlari y Shahbazi, 1994).

Se cree que la gran actividad de la rodanasa en el proventrículo juega un papel importante en la detoxificación del HCN, antes de que éste sea absorbido sistemáticamente. La rodanasa puede transferir el azufre de varios compuestos azufrados (principalmente del tiosulfato) al HCN para formar tiocianato (SCN⁻). Este último es mucho menos tóxico que el HCN, pero en forma crónica puede

producir aumento en el tamaño de la glándula tiroides (bocio). La exposición crónica a HCN puede aumentar el requerimiento de azufre en el organismo o inducir una deficiencia de este elemento que puede ocasionar efectos adversos sobre parámetros productivos.

2.10 Hipótesis

2.10.1 Hipótesis nula (H_0)

$$H_0: T_1 \neq T_2 \neq T_3 \dots \neq T_n$$

Las hojas y capuchones escaldados por 5 minutos y secados a 40, 50 y 60°C no contienen una cantidad de compuestos cianogénicos inferior al control.

2.10.2 Hipótesis alternativa (H_i)

$$H_i: T_1 = T_2 = T_3 \dots = T_n$$

Las hojas y capuchones escaldados por 5 minutos y secados a 40, 50 y 60° C contienen una cantidad de compuestos cianogénicos inferior al control.

2.11 Señalamiento de Variables

2.11.1 Variable independiente

Las hojas y capuchones escaldados por 5 minutos y secados a 40, 50 y 60°C.

2.11.2 Variable dependiente

Cantidad de compuestos cianogénicos inferior al control.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Enfoque

La investigación realizada tuvo un enfoque predominantemente cuantitativo; puesto que, la recolección de datos se efectuó bajo un diseño experimental, a través del cual, se obtuvieron valores que corresponden a la cantidad de compuestos cianogénicos (ácido cianhídrico) presentes tanto en hojas como en capuchones de uvilla.

3.2 Modalidad Básica de la Investigación

Las modalidades consideradas en esta investigación son:

3.2.1 Bibliográfica-documental

Toda vez que se emplearon libros, revistas, artículos técnicos y páginas de internet para recopilar información, sin perjuicio de la revisión de investigaciones previas, relacionadas con la presencia de compuestos cianogénicos en algún tipo de alimento, como por ejemplo la yuca, que se citó expresamente.

3.2.2 Experimental

Puesto que en esta investigación se manipularon y controlaron las variables del problema. Se logró determinar mediante la observación y experimentación, la cantidad de ácido cianhídrico existente en los residuos (hojas y capuchones) de uvilla.

3.3 Nivel o Tipo de Investigación

3.3.1 Exploratorio

Se efectuaron exploraciones encaminadas a establecer una metodología que permita la comprobación -tanto de forma cualitativa (mediante el ensayo de Magnin), como de forma cuantitativa (a través del método de titulación en medio alcalino para granos)- de la presencia de HCN en hojas y capuchones de uvilla.

3.3.2 Descriptivo

Se hizo un relato o descripción de los hallazgos relativos a la cantidad de ácido cianhídrico que contienen los residuos de la uvilla sin tratar (control) y tratados (mediante procesos hidrotérmicos de: escaldado por 5 minutos y secado a 40, 50 y 60 °C).

3.3.3 Correlacional

Se midió el grado de relación que existe entre la temperatura usada para secar las muestras y el contenido de compuestos cianogénicos, a través de la comprobación de hipótesis, mediante técnicas estadísticas.

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

Para el trabajo experimental se consideró como población, toda la uvilla cultivable de la Asociación Artesanal Tierra Productiva.

3.4.2 Muestra

Se utilizaron 10,00 kg de fruta cosechada, de los cuales se obtuvieron los capuchones. Las hojas se colectaron a partir de las plantas de uvilla.

3.5 Diseño Experimental

Según Saltos (1993), del mismo modo que para el éxito de una empresa se requiere aplicar una buena estrategia de financiamiento y mercadeo, la ejecución de una investigación o tecnología eficiente necesitará de un adecuado diseño experimental.

Consecuentemente, para el cumplimiento eficaz de los objetivos propuestos en el presente trabajo de investigación y, si se toma en consideración que se requiere obtener la información necesaria para evaluar no sólo el efecto independiente de cada factor, sino también el efecto combinado o de interacción de los dos factores sobre la respuesta experimental, el diseño experimental utilizado fue un diseño completamente aleatorio en arreglo factorial AxB con dos réplicas. A continuación se detallan el modelo matemático, los factores de estudio con sus respectivos niveles y la respuesta experimental:

Modelo matemático

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + R_k + E_{ijk}$$

Donde:

- ✓ μ = efecto global.
- ✓ A_i = efecto del i-ésimo nivel del factor A; $i = 1, \dots, a$.
- ✓ B_j = efecto del j-ésimo nivel del factor B; $j = 1, \dots, b$.
- ✓ $(AB)_{ij}$ = efecto de la interacción entre los factores A y B.
- ✓ R_k = efecto de las réplicas; $k = 1, \dots, r$.
- ✓ E_{ijk} = residuo o error experimental.

Factor A: Temperatura de secado.

a₀: 40 °C.

a₁: 50 °C.

a₂: 60 °C.

Factor B: Materia prima.

b₀: Hojas.

b₁: Capuchones.

Respuesta experimental: Cantidad de ácido cianhídrico (mg HCN/kg de producto seco).

Los niveles de los factores A y B fueron 3 y 2 respectivamente, por lo que el número de tratamientos ascendió a 6 (Tabla 1), pero como se trabajó con dos réplicas, se realizaron 12 tratamientos.

Tabla 1. Combinación de los niveles correspondientes a los factores de estudio.

Nº	Tratamiento	Descripción	Respuesta experimental
1	a ₀ b ₀	40 °C – Hojas	Cantidad de ácido cianhídrico (mg HCN/kg de producto seco)
2	a ₀ b ₁	40 °C – Capuchones	
3	a ₁ b ₀	50 °C – Hojas	
4	a ₁ b ₁	50 °C – Capuchones	
5	a ₂ b ₀	60 °C – Hojas	
6	a ₂ b ₁	60 °C – Capuchones	

Elaboración: Isaác Molina.

3.6 Operacionalización de Variables

Cuadro 1. Variable Independiente: “Las hojas y/o capuchones escaldados y secados a 40, 50 y 60°C”.

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Los procesos hidrotérmicos de escaldado por 5 minutos y secado a 40, 50 y 60 °C, se emplearon en los residuos de uvilla, con la finalidad de disminuir la cantidad de compuestos cianogénicos en ellos (ácido cianhídrico para ser más preciso).	✓ Procesos hidrotérmicos.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Escaldado. ✓ Secado. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ¿Tanto el escaldado como el secado ayudarán a eliminar los compuestos cianogénicos? 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisión bibliográfica. ✓ Investigación de campo.
	✓ Residuos de uvilla.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hojas. ✓ Capuchones. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ¿Las hojas y capuchones contienen la misma cantidad de compuestos cianogénicos? 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisión bibliográfica. ✓ Investigación de campo. ✓ Diseño experimental.
	✓ Temperaturas.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 40 °C. ✓ 50 °C. ✓ 60 °C. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ¿El empleo de temperatura afectará la calidad de la materia prima? 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Observación directa.

Elaboración: Isaác Molina.

Cuadro 2. Variable Dependiente: “Cantidad de compuestos cianogénicos inferior al control”.

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
<p>Los compuestos cianogénicos son metabolitos secundarios de las plantas que cumplen funciones de defensa, que al ser hidrolizados por algunas enzimas liberan ácido cianhídrico, un compuesto altamente tóxico.</p>	<p>✓ Ácido cianhídrico (HCN).</p>	<p>✓ Muestras no tratadas (control). ✓ Muestras tratadas.</p>	<p>¿El control presenta la misma cantidad de ácido cianhídrico que las muestras tratadas?</p>	<p>✓ Investigación de campo. ✓ Diseño experimental.</p>

Elaboración: Isaác Molina.

3.7 Recolección de Información

La recolección de información se la realizó durante el desarrollo de la fase experimental, mediante el registro de los datos obtenidos en Tablas B. Posteriormente los cálculos correspondientes se muestran de forma simplificada mediante fórmulas, Tablas B y figuras.

3.7.1 Obtención de la materia prima

La materia prima empleada para el desarrollo de este trabajo investigativo, fue proporcionada por la Asociación Tierra Productiva. Un peso definido de fruta cosechada (10,00 kg) fue separada de los capuchones, los cuales fueron pesados para determinar el rendimiento correspondiente. En el caso de las hojas, éstas fueron separadas del tallo y pesadas.

A continuación se apartó una porción de peso definido de hojas y capuchones, en la que, luego de un proceso de lavado con agua potable, se determinó el porcentaje de humedad y el contenido de glucósidos cianogénicos. La cantidad de HCN en las muestras correspondió al control.

3.7.2 Secado de hojas y capuchones

Se pesaron 100,00 g por duplicado, tanto de hojas como de capuchones de uvilla, previamente lavados y escaldados por 5 minutos; se colocó cada porción en bandejas de 30x15 cm, las mismas que se ubicaron dentro del secador de túnel de fabricación nacional del laboratorio de Procesamiento Industrial de Alimentos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos FCIAL, con una velocidad del aire de secado de 0,30-0,40 m/s, mantenido a las temperaturas de ensayo. El secado se realizó hasta peso constante. A lo largo del proceso, a intervalos de 20 minutos, se extrajeron muestras de aproximadamente 3,00 g para determinar humedad en una balanza de infrarrojo.

3.7.3 Determinación de ácido cianhídrico

A continuación se detallan los reactivos y procedimientos para la determinación cuantitativa y cualitativa de HCN en hojas y capuchones de uvilla:

3.7.4 Método Oficial 915.03 de la Association of Official Agricultural Chemists AOAC, ácido cianhídrico en granos: Método de titulación alcalina (cuantitativo)

3.7.4.1 Reactivos

- Hidróxido de sodio al 2,5 %.
- Hidróxido de amonio 6 M.
- Yoduro de potasio al 5 %.
- Nitrato de plata 0,02 M.

3.7.4.2 Procedimiento

Se colocaron 10 g de la muestra (hojas o capuchones previamente lavados y cortados para el control y lavados, cortados y secos para las muestras de los tratamientos) en el balón de destilación, se añadieron 200 ml de agua, dejando reposar por 4 horas (la autólisis debe realizarse con el equipo conectado y listo para el proceso de destilación, Fotografía 1). Se recogieron 150 ml del destilado en una solución de NaOH (0,5 g en 20 ml de agua destilada, Fotografía 2) y se diluyó a un volumen definido (200 ml).



Fotografía 1. Equipo Kjeldahl utilizado para el proceso de destilación.



Fotografía 2. Obtención del destilado.

A 100 ml de la mezcla, añadir 8 ml de NH_4OH 6 M, 2 ml de KI al 5 % y titular con AgNO_3 0,02 M. El punto final es tenue pero de turbidez permanente y puede ser fácilmente reconocido, especialmente contra un fondo negro.

$$1\text{ ml } 0,02 \text{ M AgNO}_3 = 1,08 \text{ mg HCN (Ag equivalente a 2CN)}$$

3.7.5 Ensayo de Magnin (cualitativo) (González, 2009)

Consiste en la detección de HCN en la muestra (extracto obtenido por destilación de las hojas o capuchones macerados en agua).

Se basa en la formación de azul de Prusia debido a la combinación del HCN con sales ferrosas.



Luego:



En medio ácido (HCl):



Azul de Prusia

3.7.5.1 Reactivos

- Hidróxido de sodio al 2 %.
- Sulfato ferroso al 2 % (recientemente preparado).
- Ácido clorhídrico al 25 %.

3.7.5.2 Procedimiento

Se impregnó una tira de papel con hidróxido de sodio al 2 % y se expuso en el interior del recipiente –por unos minutos– que contiene la solución obtenida a partir del proceso de destilación. Se retiró la tira y se la extendió sobre una cápsula de porcelana. Se distribuyeron sobre la superficie expuesta 4 gotas de solución de sulfato ferroso al 2 %. Se observó un precipitado verdoso que luego pasa a castaño (hidróxido férrico). Finalmente al agregar unas gotas de ácido clorhídrico concentrado (25 %) se observó color azul por formación del azul de Prusia.

3.8 Elaboración de Té

Una vez realizada la determinación del contenido de glucósidos cianogénicos en hojas y capuchones de uvilla previamente escaldados y secados y efectuado el correspondiente diseño experimental, se escogieron los tratamientos a_2-b_0 (60° C- hojas) y a_2-b_1 (60° C-capuchones) para elaborar el té, puesto que con estos tratamientos se logró disminuir la cantidad de ácido cianhídrico inicial hasta niveles tolerables para el ser humano (11,49 y 23,02 mg/kg_{mts} en hojas y capuchones respectivamente). Schmidt (1986), indica que la dosis letal de HCN se estima entre 0,5 y 3,5 mg/kg de peso corporal para un hombre adulto.

A continuación se detalla el proceso empleando en la elaboración del té:

- a) Recepción de la materia prima (hojas y capuchones de uvilla).
- b) Pesado.
- c) Selección
- d) Lavado (agua potable)
- e) Picado (trozos pequeños).
- f) Escaldado (5 minutos).
- g) Secado (60° C por 4 horas).
- h) Triturado (molino de mano).

- i) Tamizado.
- j) Pesado.
- k) Envasado.

3.9 Procesamiento y Análisis

El análisis estadístico de los resultados se desplegó, destacando tendencias o relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos e hipótesis, empleando los programas estadísticos Statgraphics Centurión XVI e InfoStat 2013 y la aplicación Microsoft Excel. Además los resultados se verificaron de forma manual a través del empleo de modelos matemáticos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de Resultados

Los datos de peso, humedad y ácido cianhídrico obtenidos en los Laboratorios de Físico Química y Análisis Instrumental, Procesamiento Industrial de Alimentos e Ingeniería de Procesos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, de la Universidad Técnica de Ambato, así como los resultados de los cálculos efectuados para las distintas determinaciones y los correspondientes análisis estadísticos con sus respectivas figuras, se presentan en anexos.

4.2 Interpretación de Datos

A partir de 4560,00 g o 4,56 kg de uvilla procesada, se obtuvieron 321,00 g de capuchones, lo cual representa un rendimiento de 70,39 g de capuchones frescos/kg de fruta, que luego del secado generaron 181,40 g de producto seco.

4.2.1 Peso (g)

En las Tablas A-1–A-3 y A-5–A-7 y en las Figuras C-1–C-8 se observa la variación de peso de hojas y capuchones (previamente lavados y sometidos a escaldado por 5 minutos) secados a las temperaturas propuestas en el diseño experimental en relación al tiempo. Del peso inicial de 100,00 g de las dos materias primas, se obtuvieron después del proceso de secado a 40 °C: 23,24 y 42,36 g; a 50 °C: 22,29 y 49,11 g y a 60 °C: 29,70 g y 56,51 g, para hojas y capuchones respectivamente. A partir de estos valores (Tablas A-4 y A-8), se determinó que la temperatura de secado más adecuada es la de 60 °C, pues con ella se consigue reducir a casi la mitad el tiempo que las muestras deben permanecer dentro del secador, consiguiendo preservar su color inicial e incrementando considerablemente su olor.

Además, se deduce que, mientras más alta es la temperatura con la que se secan los residuos vegetales experimentales, éstos perderán mayor cantidad de peso en menor tiempo, así por ejemplo: para hojas y capuchones de uvilla secados a 60 °C, el tiempo requerido para el secado fue de 4 horas, mientras que a 40 °C se necesitaron 6 horas, además, a 60 °C después de la primera hora dentro del túnel, los pesos de hojas y capuchones fueron 69,51 y 84,37 g respectivamente (pérdida de peso de 29,49 g en hojas y 15,63 g en capuchones), mientras que a 40 °C, transcurridos los 60 primeros minutos, las muestras pesaron 84,77 y 90,45 g respectivamente (disminución de 15,23 g en hojas y 9,55 g para capuchones), lo cual significa que temperatura y pérdida de peso son parámetros directamente proporcionales.

4.2.2 Humedad (%)

El contenido de humedad de hojas y capuchones de uvilla (Tabla A-9) fue del orden de 82 % para los dos materiales. Los resultados de la determinación de humedad de los distintos tratamientos se pueden observar en las Tablas A-10–A-12 y A-14–A-16 y la comparación de los valores promedio en las Tablas A-13 y A-17 y en las Figuras C-9–C-16. Resulta importante resaltar que, con las tres temperaturas de secado (40, 50 y 60 °C) se llegó a eliminar un porcentaje similar de agua en las muestras, hasta alcanzar un valor algo superior al 4 % de humedad, pero empleando diferentes tiempos de secado (4, 5 y 6 horas). Al cabo de 60 minutos, hojas y capuchones registraron una humedad menor (43,25 y 34,55 % respectivamente) cuando se empleó la temperatura más alta (60 °C), comparada con los valores obtenidos para 40 °C (60,96 % en hojas y 62,20 % en capuchones), infiriéndose que una muestra secada a una temperatura baja, alcanzará un determinado contenido de humedad (hasta llegar a la humedad de equilibrio) en mayor tiempo que si fuera secada a una temperatura mayor (la temperatura influye de manera inversa en la humedad). Las disminuciones de humedad se deben al incremento de la presión de vapor del agua a medida que aumenta la temperatura y a los coeficientes de transferencia de materia (Sánchez, 2007).

4.2.3 Coeficiente de difusión (cm²/s)

La solución de la segunda Ley de Fick para transporte unidireccional, cuando se considera una distribución de humedad uniforme al inicio y que la resistencia externa a la transferencia de masa es omisible, permitió llegar a la ecuación $X^* = (8/\pi^2) e^{-(\pi^2 Dt)/d^2}$ para planos. Mediante la linealización de dicha ecuación y la utilización de la pendiente de la gráfica logaritmo natural de la razón de contenidos de humedad (ordenadas) contra el tiempo (anexo C, Figuras C-17–C-22), fue posible calcular los valores de los coeficientes de difusividad (D) para hojas y capuchones de uvilla secados a las tres temperaturas (Tabla A-24). El valor de D más alto ($5,016 \times 10^{-9}$ cm²/s) fue el obtenido para el tratamiento a₂b₀ (60 °C-hojas) y el valor de D más bajo ($1,655 \times 10^{-9}$ cm²/s) el calculado para el tratamiento a₀b₁ (40 °C-capuchones). Tal y como sucedió con el peso y la humedad, el efecto de la temperatura sobre este parámetro guarda una relación directa. Además, el coeficiente de difusión es función directa de los valores de la pendiente y del espesor o grosor de la muestra con la que se trabaja y viceversa.

4.2.4 Ácido cianhídrico (mg HCN/kg producto seco)

Se realizaron dos ensayos para comprobar la presencia de HCN en hojas y capuchones de uvilla. Un análisis cuantitativo por el método de titulación alcalina de la AOAC y luego un ensayo cualitativo, denominado ensayo de Magnin. El segundo se basa en la formación de azul de Prusia (un hexacianoferrato férrico o ferrocianuro férrico) por la combinación del CN⁻ con sales ferrosas. Inicialmente, las tiras de papel filtro impregnadas con NaOH al 2 % y a las que se les añadieron 4 gotas de FeSO₄ al 2 % tomaron un color castaño [Fe(OH)₃], que luego cambió a azul (por formación de azul de Prusia, indicativo de la presencia de HCN) al agregar HCl concentrado sobre ellas.

El Método Oficial 915.03 de la AOAC (parte B), fue el ensayo cuantitativo, con el cual, mediante el empleo de la ecuación $1 \text{ ml } 0,02 \text{ M AgNO}_3 = 1,08 \text{ mg HCN}$, el contenido de humedad y el peso de la muestra utilizada para

la destilación, se calculó la cantidad de HCN presente tanto en hojas y capuchones sin tratamiento (control), como en hojas y capuchones tratados con vapor por 5 minutos y secados a 40, 50 y 60 °C (Tabla A-29).

El contenido promedio de HCN en el control fue de 1730,79 mg HCN/kg hojas secas y 1805,33 mg HCN/kg capuchones secos. Estos valores decrecieron a medida que la temperatura de secado aumentó, hasta llegar a 11,49 y 23,03 mg HCN/kg para hojas y capuchones, respectivamente, cuando las muestras se secaron a 60 °C luego de recibir un tratamiento con vapor por un lapso de 5 minutos.

Es importante indicar que inicialmente las muestras fueron sometidas a un proceso de escaldado por un tiempo superior a los 5 minutos, pero después del secado a las distintas temperaturas, hojas y capuchones presentaron pérdida excesiva de color, un gran contenido de humedad y una reducción mínima (en comparación con las muestras escaldadas por 5 minutos) en el contenido de HCN, razón por la cual se escogió el tiempo de 5 minutos como el adecuado para el proceso de escaldado.

De esos resultados, se establece que el objetivo que motivó la presente investigación es totalmente viable; y en consecuencia, es posible la elaboración de té a partir de las hojas y capuchones de uvilla.

4.2.5 Análisis estadístico

Ya sea en la Tabla B-2 (anexo B), correspondiente al análisis de varianza obtenida de forma manual mediante el empleo de modelos matemáticos, comparando los valores de la razón de varianza, F (teórico y crítico), o en la tabla ANOVA arrojada por el Statgraphics (Tabla B-4), al observar el valor-P, se estableció que:

- La temperatura de secado tiene efecto significativo sobre la cantidad de HCN presente en las hojas y capuchones de uvilla.

- La materia prima también influye significativamente en la respuesta experimental.
- El promedio más bajo para la cantidad de HCN corresponde al nivel a_2 (temperatura de secado de 60 °C), lo cual insinuaría que es el mejor tratamiento para eliminar este compuesto de los residuos de uvilla. No obstante, como hay un efecto significativo en la interacción de los factores (AB), es necesario conocer cuál es el mejor efecto combinado; en consecuencia, se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey (Tablas B-6–B11).
- De las Tablas B-10 y B-11, obtenidas manualmente y mediante el programa InfoStat respectivamente, los efectos de los 6 subconjuntos (a, b, c, d, e y f) de tratamientos fueron significativos. Sin embargo, el subconjunto conformado por los tratamientos a_2b_0 y a_2b_1 evidencia que el nivel a_2 (temperatura de secado de 60 °C) ha contribuido a reducir en mayor cantidad el HCN en las muestras con las que se trabajó en el laboratorio y consecuentemente, si se utiliza la combinación de los factores con tal nivel, los residuos de uvilla pueden ser usados en la elaboración de té, sin representar ningún riesgo para la salud de los consumidores.

4.3 Verificación de Hipótesis

Una vez tabulados los datos, efectuados todos los cálculos y de acuerdo a los resultados obtenidos a través de la aplicación del diseño experimental completamente aleatorio en arreglo factorial AxB con dos réplicas -esto es el análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples de Tukey correspondientes a un nivel de confianza del 95 %- para la respuesta experimental (mg HCN/kg producto seco), se rechazó la hipótesis nula:

H₀: Las hojas y capuchones escaldados y secados a 40, 50 y 60°C no contienen una cantidad porcentaje de compuestos cianogénicos inferior al control.

Puesto que los tratamientos hidrotérmicos de escaldado con vapor por 5 minutos y secado a 40, 50 y 60 °C a los que fueron sometidos los residuos de uvilla redujeron considerablemente (Tabla A-29) el valor del HCN, se aceptó la hipótesis alternativa:

H_i: Las hojas y capuchones escaldados y secados a 40, 50 y 60°C contienen una cantidad de compuestos cianogénicos inferior al control.

$$H_i: T_1 = T_2 = T_3 \dots = T_n$$

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se determinó el contenido de compuestos cianogénicos en hojas y capuchones de uvilla (*Physalis peruviana* L.) perteneciente al ecotipo colombiano, mediante dos tipos de ensayo. El primero, un análisis cuantitativo, el método de titulación alcalina (parte B) descrito en el Método Oficial 915.03 de la AOAC y el segundo (de carácter cualitativo), denominado ensayo de Magnin, encontrándose HCN en ambos tipos de materia prima y se estableció que, el control (residuos de uvilla sin tratamiento) contiene la mayor cantidad promedio del compuesto (1805,33 mg HCN/kg de capuchones y 1730,79 mg HCN/kg de hojas).
- Se evaluó el efecto de la temperatura sobre el peso y contenido de humedad de los residuos de uvilla (hojas y capuchones) en función del tiempo, comprobándose que a una temperatura menor de secado, hojas y capuchones pierden menos peso que si fueran secados a una temperatura más alta. La humedad también se ve influenciada por la temperatura, reduciéndose en mayor porcentaje cuando se emplea una temperatura de secado mayor.
- Se identificó que a 60 °C se elimina la mayor cantidad de ácido cianhídrico presente en las muestras de uvilla. El contenido de HCN disminuye hasta en un 99,34 % en hojas; y, en 98,72 %, en capuchones.
- Se calculó el coeficiente de difusión o constante de proporcionalidad (D) para las hojas y capuchones de uvilla secados a 40, 50 y 60 °C. Todos los valores de D para hojas resultaron ser mayores a los valores de D para capuchones, presentado el tratamiento a₂b₀ (60 °C–hojas) el valor más alto ($5,016 \times 10^{-9}$ cm²/s), mientras que el menor D ($1,655 \times 10^{-9}$ cm²/s) provino del tratamiento a₀b₁ (40 °C–capuchones).

5.2 Recomendaciones

- Distribuir adecuadamente la muestra sobre las superficies de las bandejas de los carritos que se introducen en el túnel, con la finalidad de que el flujo de aire caliente se distribuya uniformemente y el proceso de secado sea exitoso.
- Evitar que el tiempo de escaldado con vapor exceda los cinco minutos, puesto que los residuos de uvilla -especialmente las hojas si son cortadas en trozos muy pequeños- presentan mayor porcentaje de humedad después del proceso de secado.
- Las altas temperaturas y los tiempos de exposición inadecuados en que se mantengan las muestras en el túnel de secado, pueden ocasionar deterioro o descomposición por actividades enzimáticas o error en la determinación de peso; por esta razón es necesario remitirse a las normas correspondientes a productos de igual o similar constitución.
- Si a futuro se efectuaren procesos de secado para hojas y capuchones de uvilla, se recomienda trabajar con una temperatura de 60 °C por un tiempo de 4 horas.
- Efectuar pruebas de secado en otro tipo de equipos como estufas, para comprobar si se obtienen resultados similares a los arrojados con el túnel de secado.
- Evaluar el efecto del escaldado con vapor por 5 minutos y secado a 60 °C por 4 horas en materia prima proveniente de uvillas tiernas, puesto que pruebas preliminares realizadas en ellas, demostraron que contienen mayor cantidad de HCN que los restos vegetativos ya maduros.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Datos Informativos

6.1.1 Título

Elaboración de una infusión (té) a base de hojas y capuchones de uvilla (*Physalis peruviana* L.), mediante procesos hidrotérmicos de escaldado por 5 minutos y secado a 60 °C.

6.1.2 Institución ejecutora

Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica.

6.1.3 Beneficiarios

- ✓ Universidad Técnica de Ambato.
- ✓ Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica.
- ✓ Asociación Artesanal Tierra Productiva.
- ✓ Cultivadores de uvilla
- ✓ Potenciales consumidores.

6.1.4 Ubicación

Ambato, Tungurahua, Ecuador.

6.1.5 Tiempo estimado para la ejecución

Ocho meses.

6.1.6 Equipo técnico responsable

- ✓ Ing. William Teneda.
- ✓ Ing. Cecilia Carpio.
- ✓ Egdo. Isaác Molina.

6.1.7 Costo

3135,00 USD.

6.2 Antecedentes de la Propuesta

Si bien la uvilla ha sido utilizada para la elaboración de distintos productos estables de agradables características sensoriales como: pulpas, néctares, mermeladas, deshidratados, salsas, compotas, uvilla en almíbar, vinos, entre otros; sus residuos (hojas y capuchones) simplemente son desechados, a pesar de que en varios documentos se destacan las bondades tanto nutrifuncionales como nutraceúticas de los mismos, empleándolas en infusiones.

Según Roldan (2013), corría el año 2737 antes de Cristo cuando un emperador chino llamado Sheng-Tun descubrió de forma casi fortuita una nueva bebida que iba a perpetuarse a través de diferentes culturas.

Dicho emperador, familiarizado con la herbolística y ávido defensor de la salud y la higiene, abogó para que los ciudadanos que estaban viviendo bajo sus dominios se cuidaran por dentro porque esto repercutía directamente en su espíritu. El mismo erudito, solo bebía agua hervida.

Durante un paseo a lo largo de un bosque, decidió descansar a la sombra de un árbol mientras bebía su agua hervida de costumbre. El otoño provocó que algunas hojas secas de este árbol cayeran de forma casual en el vaso del emperador que no dudó en probar ese líquido que se había tornado marrón y desprendía un aroma penetrante y muy agradable. De esta forma, la primera infusión de té vio la luz.

Al principio el té sentó las bases de la medicina tradicional china y tuvieron que transcurrir varios siglos hasta que se popularizara como bebida. De hecho, la historia señalaba que el té era un elixir exclusivo de las personas de clase alta y con recursos económicos amplios. El té se extendió por toda China y era empleado como tónico, diurético, bálsamo, etc. sobre todo hasta el siglo III antes de Cristo (Boxler, 2008).

Las plantas aromáticas o medicinales nos brindan innumerables cualidades a la hora de preparar un té (infusión). Ellas deleitan a nuestro paladar con un agradable aroma y sabor, contribuyendo al buen funcionamiento del organismo (Corbino, 2011).

Según Boxler (2008), estas plantas contienen principios activos (fotoquímicos), que varían en función a la especie y al momento de su maduración. Muchos de estos compuestos actúan como antioxidantes protegiendo a nuestro cuerpo (ácidos nucleicos, proteínas, lípidos, etc.) del daño oxidativo, el cual afecta o mata las células del organismo. Diversos factores ambientales causan estrés oxidativo: la contaminación atmosférica, la acción de los herbicidas, las temperaturas extremas, la luz ultravioleta, además de las infecciones causadas por patógenos y el humo del tabaco.

Aproximadamente el 40 % de los factores que afectan a la esperanza de vida se controlan, ésto sugiere que no sólo se pueda prolongar la vida, sino también que se puede mejorar su calidad a través de una buena salud (Felipe, 2005).

Según Hui y col. (2006), numerosos trabajos han demostrado que los antioxidantes naturales de plantas medicinales y aromáticas están relacionados con la reducción de enfermedades crónicas. Por tal motivo, los antioxidantes naturales aparecen como una alternativa interesante, en especial los aceites esenciales o los extractos obtenidos de plantas comestibles que pueden utilizarse como aditivos de los alimentos.

La investigación “Determinación del contenido de compuestos cianogénicos en hojas y capuchones de uvilla (*Physalis Peruviana* L.), perteneciente al ecotipo colombiano y sus implicaciones en la elaboración de té” demostró que existen

grandes cantidades de HCN en hojas (1730,79 mg) y capuchones de uvilla (1805,33 mg), las cuales sobrepasan y por mucho la dosis letal (0,5 a 3,5 mg/kg de peso corporal para un hombre adulto, Schmidt, 1986) y al mismo tiempo que los procesos de escaldado por vapor (por 5 minutos) y secado reducen sustancialmente la presencia de HCN en los residuos de uvilla; especialmente si el túnel de secado trabaja a una temperatura de 60 °C.

6.3 Justificación

Physalis es un importante género de la familia Solanaceae; cuenta con cerca de 120 especies (*Physalis peruviana* L. es una de ellas), que se distribuyen a través de las regiones tropicales y subtropicales del mundo, encontrándose principalmente en América, con un pequeño número de especies en Europa y en los países del suroriente y centro de Asia.

La uvilla (*Physalis peruviana* L.), es una de las especies más conocidas de este género y es ampliamente utilizada en la medicina tradicional para el tratamiento de enfermedades como malaria, asma, hepatitis, dermatitis y artritis reumatoide.

La uvilla es una fruta conocida desde la época de los incas y su origen se atribuye a los valles interandinos bajos de Ecuador y Perú (Ministerio de Agricultura, 2001).

Las condiciones favorables del clima y suelo del Ecuador, permiten la producción agrícola de calidad para el mercado nacional e internacional. La constante demanda de nuevos productos en el mercado mundial, ha impulsado la diversificación de la producción y exportación en el Ecuador, ésto debido a la promoción de cultivos no tradicionales, entre los cuales está la uvilla.

En Ecuador, la siembra de uvilla se inició teniendo como base la exportación a los mercados europeos. En la actualidad, este cultivo se ha extendido en casi toda la serranía ecuatoriana, en donde se pueden obtener altos rendimientos si está en las zonas adecuadas y se da el manejo agronómico que requiere el cultivo.

Los mercados internacionales de frutas frescas y procesadas han presentado un gran dinamismo en los últimos años, impulsado por los cambios en las preferencias de los consumidores.

El relativo auge de la producción de uvilla y las oportunidades de comercialización se ligan principalmente a las características de calidad de la fruta, a las condiciones agroclimáticas favorables que dispone el país para el cultivo y el interés de varios países por incorporar y aumentar su consumo. Estas razones, han llevado a considerar a la uvilla como una fruta promisoría.

El fruto de la uvilla es una baya carnosa formada por carpelos soldados entre sí. Éste se encuentra envuelto en un cáliz globoso (capuchón), formado por cinco sépalos que le protege contra insectos, pájaros, patógenos y condiciones climáticas extremas. Sus hojas son simples, enteras y acorazonadas, dispuestas en forma alterna a la planta. El limbo es entero y presenta vellosidades que lo hacen suave al tacto.

Las zonas aptas para el desarrollo de cultivos de uvilla se encuentran en los valles del callejón interandino y en las estribaciones de las cordilleras de todas las provincias de la sierra ecuatoriana, ya que cuentan con una ubicación estratégica y reúnen las condiciones agroclimáticas para el cultivo.

Una de la primeras provincias en cultivar comercialmente uvilla fue Cotopaxi, luego las plantaciones se extendieron a Tungurahua y Pichincha y en los tres últimos años, Imbabura tomó la posta con plantaciones en Urcuquí y Atuntaqui (Brito, 2002).

A la uvilla le ha tomado más de 15 años en pasar de ser una planta considerada como silvestre sin ningún valor económico a ser un cultivo considerado con gran potencial de exportación y desarrollo.

Aunque la siembra comercial de uvilla empezó hace más de 10 años, todavía es considerada como un producto nuevo. Ésto también motivó a que algunos productores, cansados de los cultivos tradicionales como la papa, arveja, maíz, entre

otros; decidieran buscar nuevas alternativas de producción, entre las cuales estaba la uvilla.

La industria de la uvilla ha crecido en los últimos años. Hasta hace poco únicamente se la consumía como fruta fresca; hoy en día encontramos deshidratados, mermeladas, conservas en almíbar, vinos, helados, jugos, yogures y uvillas achocolatadas. El 38 % de los consumidores en la ciudad de Quito ha probado algún producto elaborado de uvilla.

La elaboración de un nuevo producto (infusión a base de hojas y capuchones de uvilla), beneficiaría:

- A los sembradores y cultivadores de esta fruta, en términos económicos, pues tendrían una mayor cantidad de ingresos, lo cual les permitiría brindar a sus familias una mejor calidad de vida.
- A los consumidores de la bebida, que podrían disfrutar de un producto natural que les aporta muchos beneficios para su salud, por ejemplo efectos diuréticos y antiasmáticos.
- Al medio ambiente, por cuanto los residuos dejarían de ser fuente de contaminación.

Por lo mencionado anteriormente, es importante considerar el desarrollo del tema planteado en la propuesta.

6.4 Objetivos

6.4.1 Objetivo general

- Elaborar un té a base de hojas y capuchones de uvilla (*Physalis peruviana* L.) perteneciente al ecotipo colombiano, mediante procesos hidrotérmicos de escaldado por 5 minutos y secado a 60 °C.

6.4.2 Objetivos específicos

- Efectuar análisis: físico-químicos, microbiológicos y de contaminantes en el producto terminado.
- Determinar el tiempo de vida útil del té.
- Realizar un análisis sensorial del producto, en el que se evalúen características organolépticas como: color, olor y sabor.

6.5 Análisis de Factibilidad

El proyecto de investigación es de tipo tecnológico e investigativo, porque implementará una nueva metodología para la elaboración de una infusión (té) a base de hojas y capuchones de uvilla (*Physalis peruviana*, L.), mediante el uso de procesos hidrotérmicos de escaldado por 5 minutos y secado a 60 °C, procurando así obtener un producto de calidad, además de poder establecer su tiempo de vida útil así como sus características organolépticas en base a un panel de catadores semientrenados.

El análisis de factibilidad es también de carácter socio económico y ambiental, puesto que se incentivará el interés en pequeños y grandes agricultores por incluir uvilla en sus sembríos y se estarían usando los residuos (hojas y capuchones) de esta fruta, reduciendo así el índice contaminación ambiental.

En la tabla 2, se detallan los costos para la elaboración del producto terminado:

Tabla 2. Recursos para la elaboración de un té a partir de hojas y capuchones de uvilla.

Rubro	Valor (USD)
Tutor	200,00
Materia prima	20,00
Equipos	2300,00

Continuación de la tabla 2

Rubro	Valor (USD)
Materiales	400,00
Servicios básicos (agua y luz)	15,00
Material de escritorio	50,00
Impresiones	50,00
Transporte	50,00
Imprevistos	50,00
Total	3135,00

Elaboración: Isaác Molina.

6.6 Fundamentación

La investigación “Determinación del contenido de compuestos cianogénicos en hojas y capuchones de uvilla (*Physalis Peruviana* L.), perteneciente al ecotipo colombiano y sus implicaciones en la elaboración de té” es la base científica que permite la formulación de la presente propuesta, sin perjuicio de los aspectos legales, filosóficos ya señalados.

6.7 Metodología

Cuadro 3. Modelo Operativo (Plan de Acción).

Fase	Meta	Actividad	Responsable	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta.	Elaborar una infusión a base de hojas y capuchones de uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L.) perteneciente al ecotipo colombiano, mediante procesos hidrotérmicos de escaldado por 5 minutos y secado a 60 °C.	Revisión Bibliográfica.	Investigador.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Humanos. ○ Técnicos. ○ Económicos. 	\$ 100,00.	0,5 meses.
2. Desarrollo preliminar de la propuesta.	Realizar análisis económicos de implementación de la metodología propuesta para la elaboración de una infusión a base de hojas y capuchones de uvilla.	Presupuesto de ingresos y gastos.	Investigador.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Humanos. ○ Técnicos. ○ Económicos. 	\$ 150, 00.	1 mes.
3. Implementación de la propuesta.	Ejecución de la propuesta.	Elaboración de la infusión a base de hojas y capuchones de uvilla.	Investigador.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Humanos. ○ Técnico. ○ Económicos. 	\$ 800,00.	3 meses.
4. Evaluación de la propuesta.	Distribución del nuevo producto dentro de la FCIAL.	Cataciones.	Investigador.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Humanos. ○ Técnicos. ○ Económicos. 	\$ 200, 00.	1 mes.

Elaboración: Isaác Molina.

6.8 Administración

Cuadro 4. Administración.

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Tecnología de elaboración de infusión (té) a base de hojas y capuchones de uvilla.	Al momento no existe ninguna empresa dedicada a la elaboración de infusiones a base de residuos de uvilla.	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="987 440 1312 584">✚ Producción del té, con calidad e inocuidad alimentaria. <li data-bbox="987 624 1312 807">✚ Motivación para que pequeños y grandes agricultores siembren y cosechen otro tipo de frutas. <li data-bbox="987 879 1312 1094">✚ Disponibilidad en el mercado de nuevos productos naturales que beneficien la salud de los consumidores. <li data-bbox="987 1166 1312 1233">✚ Formación de microempresas. 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1326 616 1675 799">✚ Verificación de los procesos hidrotérmicos de escaldado por cinco minutos) y secado a 60 °C. <li data-bbox="1326 839 1675 1054">✚ Realización de análisis: microbiológicos (aerobios totales) y sensoriales (color, olor sabor) 	Investigador: Isaac Molina.

Elaboración: Isaac Molina.

6.9 Previsión de la Evaluación

Cuadro 5. Previsión de la Evaluación.

Preguntas Básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Personas de las ramas de Ingeniería en Alimentos y Bioquímica. ➤ Industria alimenticia. ➤ Consumidores.
¿Por qué evaluar?	Para garantizar la elaboración de un té de excelente calidad e inocuo.
¿Para qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para verificar la inocuidad y calidad del producto. ➤ Para optimizar la utilización de recursos durante la elaboración.
¿Qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Materias primas utilizadas. ➤ Procesos de escaldado y secado. ➤ Calidad microbiológica del producto. ➤ Características organolépticas (color, olor y sabor).
¿Quién evalúa?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Director del proyecto. ➤ Tutor. ➤ Calificadores. ➤ Investigador.
¿Cuándo evaluar?	En todo momento, desde la recepción de la materia prima, hasta la comercialización del producto terminado.
¿Cómo evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Observación de campo. ➤ Realizando mediciones de tiempo de escaldado y temperatura de secado. ➤ Aplicando análisis microbiológicos (aerobios totales). ➤ Comprobaciones estadísticas (Excel y Statgraphics).
¿Con qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mediante pruebas de laboratorio (experimentación). ➤ Normas nacionales e internacionales. ➤ Referencias bibliográficas.

Elaboración: Isaác Molina.

Bibliografía

- Academia del Área de Plantas Piloto de Alimentos. 2004. Introducción a la tecnología de alimentos. 2 ed. México: Limusa.
- Altamirano, M. 2010. Estudio de la cadena productiva de uvilla (*Physalis peruviana* L.) en la sierra norte del Ecuador. Tesis de Grado. Universidad San Francisco. Quito. Disponible en:
<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/950/1/95220.pdf>.
- Álvarez, G., Campoverde, G. y Espinoza, M. 2012. Manual técnico para el cultivo de uvilla (*Physalis peruviana* L.) en Loja. Loja.
- Andrade, R. y Sernaqué, E. 2005. Proyecto de desarrollo de vino elaborado a base de uvilla y su comercialización en el mercado ecuatoriano. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. Disponible en:
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3679/1/6206.pdf>.
- AOAC Official Methods of Analysis. 2006. Hydrocyanic Acid in Beans: Alkaline Titration Method. Chapter 49, p. 96.
- Arroyo, C. 2009. Escaldado de alimentos. Disponible en:
http://www.catedu.es/ctamagazine/index.php?option=com_contentyview=articleyid=952ycatid=79%3Amayo-2009yItemid=41.
- Aranda, B. 2004. Difusión en estado sólido. Disponible en:
<http://www.uhu.es/beatriz.aranda/apuntesciemat/DIFUSION.pdf>.
- Asamblea Nacional Constituyente. 2008. Constitución del Ecuador. Montecristi.
- Astudillo, A. 2012. Análisis de humedad y cenizas en alimentos. Disponible en:

<http://www.buenastareas.com/ensayos/An%C3%A1lisis-De-Humedad-y-Cenizas-En/4868270.html>.

- Betancourt, M., Mendoza, A. y Navarrete, M. 2013. Coeficientes de difusión en celdas Arnold. Instituto Tecnológico de Veracruz.
- Bizama, A. 2010. Tipos de operaciones unitarias. San Miguel.
- Bonilla, M. 2009. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la uchuva en fresco para exportación en Colombia. Bogotá.
- Bourdoux, P., Mfuta, H., Hanson, A. y Ermans A. 1980. Cassava toxicity: the role of linamarin. In: The role of cassava in the etiology of endemic goiter and cretinism, pp. 15-27. Ottawa: Ermans, A., Mbulamoko, N., Delange, F. y Ahluwalia, R. International Development Research Centre.
- Boxler, M. 2008. Infusiones de plantas aromáticas y medicinales. Concepción: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Brito, D. 2002. Agroexportación de productos no tradicionales. Quito.
- Buena salud. 2011. Secado de plantas medicinales. Disponible en: <http://www.buenasalud.net/2011/04/22/secado-de-plantas-medicinales.html#>.
- Caicedo, E. y Otavalo, S. 2007. Determinación de temperatura y tiempo de deshidratación para la elaboración de té de sunfo, *Clinopodium nubigenum* (Kunth) Kuntze. Tesis de Grado. Universidad Técnica del Norte. Ibarra. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/242/1/03%20AGI%20197%20TESIS.pdf>.

- Camean, A. y Repetto, M. 2010. Toxicología alimentaria. Madrid: Díaz de Santos.
- Cárdenas, A. 2012. Diseño de un deshidratador a base de energía solar para el aprovechamiento de plantas medicinales y aromáticas como parte del Proyecto “Sendero del Buen Vivir” de la Unidad Educativa Particular Técnico Industrial Hermano Miguel. Monografía. Latacunga.
- Cárdenas, M. 1989. Manual de plantas económicas de Bolivia. 2 ed. Cochabamba: Los Amigos del Libro.
- Cardoso, A., Mirione, E., Ernesto, M., Massaza F., Cliff J., Haque MR. y Bradbury J. 2005. Processing of cassava roots to remove cyanogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18 (5), pp. 451-460.
- Castro C., Paredes, C., Pazmiño, S. y Vaca, G. 2013. Cadena productiva de la uvilla. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ambato. Disponible en:
<http://prezi.com/ilnnmt6yzxd/copy-of-cadena-productiva-de-la-uvilla/>.
- Cengel, Y. 2011. Transferencia de calor y masa. 4 ed. México: Mc Graw Hill.
- Chassagne, D., Crouzet, J., Bayonove, C. y Baumes, R. 1996. Identification and quantification of Passion Fruit cyanogenic glycosides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44 (12), pp. 3817-3820.
- Comisión del Códex Alimentarius. 2013. Anteproyecto de código de prácticas para reducir la presencia de ácido cianhídrico en la yuca y los productos de yuca. FAO y OMS. Rusia.
- Contreras, T. 2009. División Ingeniería Química y Bioquímica. Ecatepec.

- Corbino, G. 2011. El valor terapéutico de las plantas aromáticas y medicinales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires. Disponible en:
http://anterior.inta.gov.ar/sanpedro/info/Baromaticas/n05/ip_0108_a.htm.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). 2008. Desarrollo tecnológico para el fortalecimiento del manejo postcosecha de frutales exóticos exportables de interés para los países andinos: uchuva (*Physalis peruviana* L.), granadilla (*Passiflora Ligularis* L.) y tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). Informe Final. Disponible en:
http://www.fontagro.org/sites/default/files/stecnico/final_infotec_03_14.pdf.
- Corporación Colombia Internacional (CCI). 2005. Uchuva. Perfil de producto. Publicación # 13. Disponible en:
http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/200511316613_UCHUVA-13.pdf.
- Corporación Colombia Internacional (CCI). 2006. Uchuva. Perfil de producto. Publicación # 34. Disponible en:
http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2006327162612_uchuva_CCI_actualizaci%C3%B3n.pdf.
- Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones (CORPEI). 2009. Perfil de Uvilla. Disponible en:
<http://www.pucesi.edu.ec/pdf/uvilla.pdf>.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). 2008. Desarrollo tecnológico para el fortalecimiento del manejo postcosecha de frutales exóticos exportables de interés para los países andinos: uchuva (*Physalis peruviana* L.), granadilla (*Passiflora Ligularis* L.) y tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). Informe Final. Disponible en:
http://www.fontagro.org/sites/default/files/stecnico/final_infotec_03_14.pdf.

- Coursey, D. 1973. Cassava as food: toxicity and technology. In “Chronic Cassava Toxicity”, p. 27. Ottawa: Nestel, B. y Mac Intyre, R. International Development Research Centre.
- Criollo, H., Lagos, T., Ruiz, H. y Mosquera, C. 2001. Evaluación de cultivares de uvilla (*Physalis peruviana*) con base en su capacidad productiva. Revista de Ciencias Agrícolas. Nariño.
- Dahler, J., Mcconchie, C. y Turnbull, C. 1995. Australian Journal of Botany, 43(6), pp. 619-628.
- De Bruijn, G. 1973. The cyanogenic character of cassava. In: Chronic cassava toxicity, p. 43. Ottawa: Nestel, B. y Mac Intyre, R. International Development Research Centre.
- Ermans, A., Bourdoux, P., Kinthaert, J., Lagasse, R., Luvivila, K., Mafufa, M., Thilly, C. y Delange, F. 1983. Role of cassava in the etiology of endemic goiter and cretinism. In: Cassava toxicity and thyroid, pp. 9-16. Ottawa: Delange, F. y Ahluwalia, R. International Development Research Centre.
- De Nicola, G., Leoni, O., Malaguti, L., Bernardi, R y Lazzeri, L. 2011. A simple analytical method for dhurrin content evaluation in cyanogenic plants for their utilization in fodder and biofumigation. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59 (15). Bologna.
- Díaz, G. 2010. Plantas tóxicas de importancia en salud y producción animal en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Esturau, N. 2011. Medidas de coeficiente de difusión por RMN, metodología, aspectos generales y fundamentos. Tesis de Grado. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona. Disponible en: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/79094/nee1de1.pdf.txt;jsessionid=860D7CE2D89E375603C88A0C506AC083.tdx2?sequence=2>.

- Franco, L., Matiz, G., Calle, J., Pinzón, R. y Ospina, L. (2007). Actividad antibacteriana *in vitro* de extractos y fracciones obtenidas *Physalis peruviana* L. y *Caesalpinia pulcherrima* L. Swartz. Cartagena: Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas.
- Gisbert, J. y Villanueva, E. 2004. Tóxicos volátiles, ácido cianhídrico y fósforo. Medicina legal y toxicología. Barcelona: Masson.
- Gleadow, R., Møldrup, M., O'Donnell, N. y Stuart, P. 2012. Drying and processing protocols affect the quantification of cyanogenic glucosides in forage sorghum. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (11), pp. 2234-2238.
- Gondwe, A. 1974. Studies on the hydrocyanic acid contents of some local varieties of cassava and some cassava food products. *East African Agric. Ftry. J.* 40:161.
- Ácido cianhídrico y cianuros alcalinos. Disponible en:
http://www.biol.unlp.edu.ar/toxicologia/seminarios/parte_1/toxicos_metalicos/acidos.html.
- González, M. 2009. Determinación de ácido cianhídrico en vísceras. *Ciencia Forense*. Disponible en:
<http://cienciaforense.com/pages/toxicologia/hcn.htm>.
- Herrera, C., Bolaños, N. y Lutz, G. 2003. *Química de los alimentos*. 1 ed. San José: Universidad de Costa Rica.
- Jin, P. y Colato, A. 2006. *Análisis de materiales biológicos*. Universidad Estatal de Campinas. Campinas.
- Jones, D. 1998. Why are so many food plants cyogenic? *Phytochemistry*, 48, pp. 155-162.

- Ley Orgánica de Educación Superior (LOES). 2010. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Quito.
- López, J., Gutiérrez, D. y Corral, J. 2007. Análisis de alimentos I. Sonora: Colegio de Bachilleres del Estado de Sonora.
- Machado, J. 2001. Características físico mecánicas y análisis de calidad de granos. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- McGorum, B., Pirie, R. y Fry, S. 2012. Quantification of cyanogenic glycosides in white clover (*Trifolium repens* L.) from horse pastures in relation to equine grass sickness. *Grass and Forage Science*, 67 (2), pp. 274-279.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 2001. Convenio MAG – IICA. Disponible en:
http://www.sica.gob.ec/agronegocios/biblioteca/Convenio%20MAG%20IICA/productos/uvilla_mag.pdf.
- Mlingi, N., Poulter, N. y Rosling, H. 1992. An outbreak of acute intoxications from consumption of insufficiently processed cassava in Tanzania. *Nutr Res*, 12, pp. 677-687.
- Montgomery, R. 1969. Cyanogens In: Toxic Constituents of Plant Food Stuffs, p. 143. New York: Liener, A. Academic Press.
- Morato, N. 2012. Escaldado de alimentos para mayor inocuidad. Disponible en:
<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2009/05/25/185488.php>.
- Narthey, F. 1973. Biosynthesis of cyanogenic glucoside in cassava. In “Chronic Cassava Toxicity”, p. 73. Ottawa: Nestel, B. and Mac Intyre, R. International Development Research Centre.

- Nestel, B. 1973. Current utilization and future potential for cassava In “Chronic Cassava Toxicity”, p. 11. Ottawa: Nestel, B. and Mac Intyre, R. International Development Research Centre.
- National Research Council (NRC). 1989. Lost crops of the Incas. Little known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy Press, Washington, DC.407 p. Disponible en: <http://arnoldia.arboretum.harvard.edu/pdf/articles/1990-50-4-lost-crops-of-the-incas.pdf>.
- O’Brien, G., Mbome, L., Taylor, A. y Poulter, N. H. (1992). Variation in cyanogens content of cassava during village processing in Cameroon. *Food Chemistry*, 44, pp. 131-136.
- Osuntokun, B. 1981. Cassava diet, chronic cyanide intoxication and neuropathy in the Nigerian Africans. *World Rev Nutr Diet*, 36, pp. 141-173.
- Park, K., Bin, A. y Brod, F. 2003. Drying of pear d’Anjou with and without osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 56, pp. 97–103.
- Roldán, M. 2013. Una bebida ancestral. Disponible en: <http://elrinconcitodetahi.blogspot.com/2013/03/una-bebida-ancestral.html>.
- Rodríguez, M., García, M., López M. y Gándara, S. 2001. Bebidas enriquecidas con vitaminas antioxidantes: aspectos legales y estudio de su etiquetado. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, vol. 3, No. 003. México. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/724/72430308.pdf>.
- Saltos, A. 1993. Diseño experimental. Aplicación de procesos tecnológicos Ambato: Pío XII.
- Saltos, A. 2010. Sensometría. Análisis en el desarrollo de alimentos procesados. Riobamba: Pedagógica Freire.

- Sánchez, R. 2007. Determinación del coeficiente convectivo de materia en el secado de sólidos. *Ciencia y Tecnología*, 9(3), págs. 245-258.
- Schmidt, H. 1986. Tóxicos químicos en alimentos: Avances en su identificación, previsión y desintoxicación. Santiago: Universitaria.
- Sharapin, N. 2000. Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos. Convenio Andrés Bello. Bogotá: Corporación Iberoamericana.
- Suárez, C. 2013. Escaldar. Disponible en: <http://prezi.com/sh5v7wgiowhk/>.
- Tylleskar, T., Banea, M., Bikangi, N., Cooke, R., Poulter, N. y Rosling, H. 1992. Cassava cyanogens and konzo, an upper motoneuron disease found in Africa. *Lance*, 339, pp. 208-211.
- Universidad Federal de Bahía, 1974. Proyecto de Mandioca. Bahía.
- Vargas, A. 2008. Plantas medicinales. Valparaíso. Disponible en: <http://quiron-plantasmedicinales.blogspot.com/>.
- Wanasundara, P. y Shahidi, F. 1998. Process-induced compositional changes of flaxseed. *Chemical Changes in Food*, pp. 307-325. New York: Plenum Press.
- Wu, S., Ng, L., Huang, Y., Lin, D., Wang, S., Huang, S. and Lin, C. 2005. Antioxidant activities of *Physalis peruviana*. *Biological y Pharmaceutical Bulletin*, 28, pp. 963-966.
- Zitnak, A., Hill, D. y Alexander, J. 1977. Determination of linamarin in biological tissues. *Analytical Biochemistry*, 77, p. 310.

ANEXOS

ANEXOS A:
DATOS OBTENIDOS Y CÁLCULOS Y RESULTADOS

Tabla A-1. Variación de peso en hojas de uvilla secadas a 40 °C en función del tiempo (R = réplica).

Tiempo (min)	R ₁	R ₂
	Peso (g)	Peso (g)
0	100,00	100,00
20	95,21	95,47
40	89,42	90,65
60	84,36	85,17
80	79,48	79,93
100	75,62	75,14
120	70,43	70,00
140	65,57	64,96
160	60,09	59,32
180	54,14	54,05
200	47,80	48,71
220	43,65	42,32
240	39,61	39,70
260	35,33	34,99
280	31,33	31,48
300	28,09	28,34
320	25,64	25,55
340	24,49	24,31
360	23,28	23,19

Fuente: Lab. de Procesamiento Industrial de Alimentos.

Tabla A-2. Variación de peso en hojas de uvilla secadas a 50 °C en función del tiempo (R = réplica).

Tiempo (min)	R ₁	R ₂
	Peso (g)	Peso (g)
0	100,00	100,00
20	92,05	92,36
40	84,79	84,68
60	76,53	76,61
80	68,27	68,42
100	60,18	60,21
120	52,09	52,95
140	45,00	44,43
160	39,39	39,60
180	35,86	35,77
200	32,44	32,12
220	28,19	28,38

Continuación de la Tabla A-2

Tiempo (min)	R ₁	R ₂
	Peso (g)	Peso (g)
240	26,38	26,60
260	24,91	24,78
280	24,06	23,01
300	23,14	22,84

Fuente: Lab. de Procesamiento Industrial de Alimentos.

Tabla A-3. Variación de peso en hojas de uvilla secadas a 60 °C en función del tiempo (R = réplica).

Tiempo (min)	R ₁	R ₂
	Peso (g)	Peso (g)
0	100,00	100,00
20	88,08	87,56
40	77,26	78,34
60	70,01	69,01
80	62,70	62,36
100	56,05	56,45
120	51,32	50,87
140	45,81	45,92
160	41,76	41,87
180	38,35	38,62
200	35,11	35,80
220	32,32	32,14
240	29,44	29,95

Fuente: Lab. de Procesamiento Industrial de Alimentos.

Tabla A-4. Variación de peso promedio (P_p) y desviación estándar (D_e) en hojas de uvilla secadas a 40, 50 y 60 °C en función del tiempo.

Tiempo (min)	40 °C	50 °C	60 °C
	P _p ± D _e (g)	P _p ± D _e (g)	P _p ± D _e (g)
0	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
20	95,34 ± 0,18	92,21 ± 0,22	87,82 ± 0,37
40	90,04 ± 0,87	84,74 ± 0,08	77,80 ± 0,76
60	84,77 ± 0,57	76,57 ± 0,06	69,51 ± 0,71
80	79,71 ± 0,32	68,35 ± 0,11	62,53 ± 0,24

Continuación de la Tabla A-4

Tiempo (min)	40 °C	50 °C	60 °C
	$P_p \pm D_e$ (g)	$P_p \pm D_e$ (g)	$P_p \pm D_e$ (g)
100	75,38 ± 0,34	60,20 ± 0,02	56,25 ± 0,28
120	70,22 ± 0,30	52,52 ± 0,61	51,10 ± 0,32
140	65,27 ± 0,43	44,72 ± 0,40	45,87 ± 0,08
160	59,71 ± 0,54	39,50 ± 0,15	41,82 ± 0,08
180	54,10 ± 0,06	35,82 ± 0,06	38,49 ± 0,19
200	48,26 ± 0,64	32,28 ± 0,23	35,46 ± 0,49
220	42,99 ± 0,94	28,29 ± 0,13	32,23 ± 0,13
240	39,66 ± 0,06	26,49 ± 0,16	29,70 ± 0,36
260	35,16 ± 0,24	24,85 ± 0,09	
280	31,41 ± 0,11	23,54 ± 0,74	
300	28,22 ± 0,18	22,99 ± 0,21	
320	25,60 ± 0,06		
340	24,40 ± 0,13		
360	23,24 ± 0,06		

Fuente: Lab. de Procesamiento Industrial de Alimentos.

Los pesos promedio se calcularon con los datos de las Tablas B A-1–A-3.

Tabla A-5. Variación de peso en capuchones de uquilla secados a 40 °C en función del tiempo (R = réplica).

Tiempo (min)	R ₁	R ₂
	Peso (g)	Peso (g)
0	100,00	100,00
20	97,15	96,32
40	94,29	92,04
60	90,73	88,17
80	87,14	83,69
100	82,61	80,61
120	79,04	76,55
140	76,25	72,47
160	72,96	68,00
180	68,48	64,12
200	65,28	60,96
220	62,65	57,41
240	58,22	54,30
260	55,67	50,68
280	52,00	47,87
300	48,01	45,76

Continuación de la Tabla A-5

Tiempo (min)	R₁	R₂
	Peso (g)	Peso (g)
320	44,78	44,45
340	43,12	42,99
360	42,69	42,03

Fuente: Lab. de Procesamiento Industrial de Alimentos.

Tabla A-6. Variación de peso en capuchones de uvilla secados a 50 °C en función del tiempo (R = réplica).

Tiempo (min)	R₁	R₂
	Peso (g)	Peso (g)
0	100,00	100,00
20	96,42	96,45
40	92,19	92,00
60	87,64	87,12
80	83,35	82,67
100	79,11	78,34
120	73,58	72,93
140	69,00	68,16
160	65,32	64,71
180	61,66	61,58
200	58,41	58,66
220	55,92	55,91
240	53,87	53,84
260	52,13	52,75
280	50,24	51,02
300	48,88	49,33

Fuente: Lab. de Procesamiento Industrial de Alimentos.

Tabla A-7 Variación de peso en capuchones de uvilla secados a 60 °C en función del tiempo (R = réplica).

Tiempo (min)	R₁	R₂
	Peso (g)	Peso (g)
0	100,00	100
20	94,19	94,16
40	88,28	88,12
60	84,24	84,49
80	80,70	80,87

Continuación de la Tabla A-7

Tiempo (min)	R ₁	R ₂
	Peso (g)	Peso (g)
100	76,16	76,64
120	73,19	73,55
140	70,04	70,32
160	67,87	68,00
180	64,42	64,75
200	61,08	61,01
220	58,86	58,84
240	56,63	56,38

Fuente: Lab. de Procesamiento Industrial de Alimentos.

Tabla A-8. Variación de peso promedio (P_p) y desviación estándar (D_e) en capuchones de uvilla secados a 40, 50 y 60 °C en función del tiempo.

Tiempo (min)	40 °C	50 °C	60 °C
	$P_p \pm D_e$ (g)	$P_p \pm D_e$ (g)	$P_p \pm D_e$ (g)
0	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
20	96,74 ± 0,59	96,44 ± 0,02	94,18 ± 0,02
40	93,17 ± 1,59	92,10 ± 0,13	88,20 ± 0,11
60	89,45 ± 1,81	87,38 ± 0,37	84,37 ± 0,18
80	85,42 ± 2,44	83,01 ± 0,48	80,79 ± 0,12
100	81,61 ± 1,41	78,73 ± 0,54	76,40 ± 0,34
120	77,30 ± 1,05	73,26 ± 0,46	73,37 ± 0,25
140	73,36 ± 1,26	68,58 ± 0,59	70,18 ± 0,20
160	69,58 ± 2,23	65,02 ± 0,43	67,94 ± 0,09
180	66,12 ± 2,83	61,62 ± 0,06	64,59 ± 0,23
200	62,62 ± 2,35	58,54 ± 0,18	61,05 ± 0,05
220	59,03 ± 2,29	55,92 ± 0,01	58,85 ± 0,01
240	55,26 ± 1,36	53,86 ± 0,02	56,51 ± 0,18
260	52,18 ± 2,11	52,44 ± 0,44	
280	49,44 ± 2,11	50,63 ± 0,55	
300	46,89 ± 1,59	49,11 ± 0,32	
320	44,97 ± 1,15		
340	43,06 ± 0,09		
360	42,36 ± 0,47		

Fuente: Lab. de Procesamiento Industrial de Alimentos.

Los pesos promedio se calcularon con los datos de las Tablas B A-5–A-7.

Tabla A-9. Variación de peso promedio (P_p), desviación estándar (D_e) y contenido de humedad promedio (H_p) en hojas y capuchones de uvilla (control) (R = réplica).

Hojas						
R_1	R_2	$P_p \pm D_e$ (g)	R_1	R_2	$P_p \pm D_e$ (g)	$H_p \pm D_e$ (%)
P_i (g)	P_i (g)		P_f	P_f		
3,01	3,02	$3,02 \pm 0,01$	0,52	0,53	$0,53 \pm 0,01$	$82,59 \pm 0,19$
Capuchones						
R_1	R_2	$P_p \pm D_e$ (g)	R_1	R_2	$P_p \pm D_e$ (g)	$H_p \pm D_e$ (%)
P_i (g)	P_i (g)		P_f	P_f		
3,00	3,02	$3,01 \pm 0,01$	0,54	0,54	$0,54 \pm 0,00$	$82,06 \pm 0,08$

Fuente: UOITA.

Control: El control hace referencia a hojas y capuchones de uvillas que no han recibido ningún tipo de tratamiento, es decir material vegetal sin escaldar ni secar.

Tabla A-10. Contenido de humedad en hojas de uvilla secadas a 40 °C en función del tiempo.

Tiempo (min)	R_1	R_2
	Humedad (%)	Humedad (%)
0	83,17	85,42
20	75,45	77,00
40	68,93	69,74
60	61,27	60,65
80	54,82	53,19
100	48,16	47,30
120	42,54	40,84
140	37,09	35,09
160	32,64	30,64
180	28,62	26,62
200	25,21	23,01
220	22,00	19,53
240	18,36	15,92
260	15,97	12,69
280	12,02	10,14
300	9,82	7,00
320	7,25	5,87
340	5,98	4,91
360	4,30	4,16

Fuente: Lab. de Ingeniería de Procesos.

Tabla A-11. Contenido de humedad en hojas de uvilla secadas a 50 °C en función del tiempo (R = réplica).

Tiempo (min)	R ₁	R ₂
	Humedad (%)	Humedad (%)
0	82,15	83,24
20	72,19	73,69
40	62,87	63,14
60	53,40	53,86
80	45,36	44,20
100	37,67	35,61
120	28,83	27,33
140	22,47	20,58
160	17,28	15,00
180	12,81	11,23
200	8,42	7,55
220	6,24	6,79
240	5,65	5,70
260	4,88	4,82
280	4,46	4,66
300	4,22	4,37

Fuente: Lab. de Ingeniería de Procesos.

Tabla A-12. Contenido de humedad en hojas de uvilla secadas a 60 °C en función del tiempo (R = réplica).

Tiempo (min)	R ₁	R ₂
	Humedad (%)	Humedad (%)
0	81,53	81,22
20	67,77	67,52
40	54,24	54,42
60	43,49	43,00
80	33,82	33,84
100	25,62	25,06
120	19,97	19,14
140	15,31	15,84
160	12,53	12,65
180	9,67	9,97
200	7,09	6,43
220	5,23	5,61
240	4,41	4,24

Fuente: Lab. de Ingeniería de Procesos.

Tabla A-13. Contenido de humedad promedio (H_p) y desviación estándar (D_e) en hojas de uvilla secadas a 40, 50 y 60 °C en función del tiempo.

Tiempo (min)	40 °C	50 °C	60 °C
	$H_p \pm D_e$ (%)	$H_p \pm D_e$ (%)	$H_p \pm D_e$ (%)
0	84,30 ± 1,59	82,70 ± 0,77	81,38 ± 0,22
20	76,23 ± 1,10	72,94 ± 1,06	67,65 ± 0,18
40	69,34 ± 0,57	63,01 ± 0,19	54,33 ± 0,13
60	60,96 ± 0,44	53,63 ± 0,33	43,25 ± 0,35
80	54,01 ± 1,15	44,78 ± 0,82	33,83 ± 0,01
100	47,73 ± 0,61	36,64 ± 1,46	25,34 ± 0,40
120	41,69 ± 1,20	28,08 ± 1,06	19,56 ± 0,58
140	36,09 ± 1,41	21,53 ± 1,34	15,57 ± 0,37
160	31,64 ± 1,41	16,14 ± 1,61	12,59 ± 0,08
180	27,62 ± 1,41	12,02 ± 1,12	9,82 ± 0,21
200	24,11 ± 1,56	7,99 ± 0,62	6,76 ± 0,47
220	20,77 ± 1,75	6,52 ± 0,39	5,42 ± 0,27
240	17,14 ± 1,73	5,68 ± 0,04	4,33 ± 0,12
260	14,33 ± 2,32	4,85 ± 0,04	
280	11,08 ± 1,33	4,56 ± 0,14	
300	8,41 ± 1,99	4,30 ± 0,11	
320	6,56 ± 0,98		
340	5,45 ± 0,76		
360	4,23 ± 1,10		

Fuente: Lab. de Ingeniería de Procesos.

Las humedades promedio se calcularon con los datos de las Tablas B A-10–A-12.

Tabla A-14. Contenido de humedad en capuchones de uvilla secados a 40 °C en función del tiempo (R = réplica).

Tiempo (min)	R ₁	R ₂
	Humedad (%)	Humedad (%)
0	82,20	82,49
20	72,63	76,50
40	66,14	70,13
60	60,79	63,61
80	54,36	57,24
100	48,45	51,06
120	42,17	44,98
140	35,42	37,32
160	30,21	32,75

Continuación de la Tabla A-14

Tiempo (min)	R ₁	R ₂
	Humedad (%)	Humedad (%)
180	26,50	28,57
200	22,73	24,03
220	19,00	19,96
240	15,48	16,55
260	11,64	13,41
280	8,96	10,06
300	6,17	7,94
320	5,00	5,68
340	4,35	4,77
360	4,02	4,13

Fuente: Lab. de Ingeniería de Procesos.

Tabla A-15. Contenido de humedad en capuchones de uvilla secados a 50 °C en función del tiempo (R = réplica).

Tiempo (min)	R ₁	R ₂
	Humedad (%)	Humedad (%)
0	83,61	82,90
20	74,03	73,26
40	65,19	64,84
60	56,80	55,72
80	48,42	47,01
100	40,76	39,13
120	32,12	32,47
140	25,61	25,59
160	18,86	20,17
180	13,34	16,41
200	9,68	13,23
220	7,02	9,18
240	5,91	6,36
260	4,78	5,05
280	4,53	4,68
300	4,20	4,22

Fuente: Lab. de Ingeniería de Procesos.

Tabla A-16. Contenido de humedad en capuchones de uvilla secados a 60 °C en función del tiempo (R = réplica).

Tiempo (min)	R ₁	R ₂
	Humedad (%)	Humedad (%)
0	80,77	80,15
20	59,24	59,61
40	44,65	44,50
60	34,84	34,27
80	27,97	27,03
100	21,52	21,82
120	16,37	16,65
140	12,45	12,75
160	9,69	10,00
180	7,89	7,94
200	5,92	5,78
220	5,15	5,26
240	4,39	4,53

Fuente: Lab. de Ingeniería de Procesos.

Tabla A-17. Contenido de humedad promedio (H_p) y desviación estándar (D_e) en capuchones de uvilla secados a 40, 50 y 60 °C en función del tiempo.

Tiempo (min)	40 °C	50 °C	60 °C
	H _p ± D _e (%)	H _p ± D _e (%)	H _p ± D _e (%)
0	82,35 ± 0,21	83,26 ± 0,50	80,46 ± 0,44
20	74,57 ± 2,74	73,65 ± 0,54	59,43 ± 0,26
40	68,14 ± 2,82	65,02 ± 0,25	44,57 ± 0,11
60	62,20 ± 1,99	56,26 ± 0,76	34,55 ± 0,40
80	55,80 ± 2,04	47,72 ± 1,00	27,50 ± 0,66
100	49,76 ± 1,85	39,95 ± 1,15	21,67 ± 0,21
120	43,58 ± 1,99	32,30 ± 0,25	16,51 ± 0,20
140	36,37 ± 1,34	25,60 ± 0,01	12,60 ± 0,21
160	31,48 ± 1,80	19,52 ± 0,93	9,85 ± 0,22
180	27,54 ± 1,46	14,88 ± 2,17	7,92 ± 0,04
200	23,38 ± 0,92	11,46 ± 2,51	5,85 ± 0,10
220	19,48 ± 0,68	8,10 ± 1,53	5,20 ± 0,08
240	16,02 ± 0,76	6,14 ± 0,32	4,46 ± 0,10
260	12,53 ± 1,25	4,92 ± 0,19	
280	9,51 ± 0,78	4,61 ± 0,10	
300	7,06 ± 1,25	4,21 ± 0,01	
320	5,34 ± 0,48		

Continuación de la Tabla A-17

Tiempo (min)	40 °C
	$H_p \pm D_e$ (%)
340	$4,56 \pm 0,30$
360	$4,08 \pm 0,08$

Fuente: Lab. de Ingeniería de Procesos.

Las humedades promedio se calcularon con los datos de las Tablas B A-14–A-16.

Tabla A-18. Contenido de agua (C_a), materia seca (M_s), humedad en base seca (H_{bs}) y razón de contenidos de humedad (X^*) en hojas de uvilla secadas a 40 °C en función del tiempo (t).

t (min)	P_p (g)	D_e	H_p (%)	D_e	P_p (kg)	C_a (kg)	M_s (kg)	H_{bs} (kg_a/kg_{ms})	X^*	$\ln X^*$
0	100,00	0,00	84,30	1,59	0,10	0,08	0,016	5,367	1,000	0,000
20	95,34	0,18	76,23	1,10	0,10	0,080	0,016	5,071	0,945	-0,057
40	90,04	0,87	69,34	0,57	0,09	0,074	0,016	4,733	0,882	-0,126
60	84,77	0,57	60,96	0,44	0,09	0,069	0,016	4,397	0,819	-0,199
80	79,71	0,32	54,01	1,15	0,08	0,064	0,016	4,075	0,759	-0,275
100	75,38	0,34	47,73	0,61	0,08	0,060	0,016	3,800	0,708	-0,345
120	70,22	0,30	41,69	1,20	0,07	0,055	0,016	3,471	0,647	-0,436
140	65,27	0,43	36,09	1,41	0,07	0,050	0,016	3,156	0,588	-0,531
160	59,71	0,54	31,64	1,41	0,06	0,044	0,016	2,802	0,522	-0,650
180	54,10	0,06	27,62	1,41	0,05	0,038	0,016	2,444	0,455	-0,787
200	48,26	0,64	24,11	1,56	0,05	0,033	0,016	2,073	0,386	-0,952
220	42,99	0,94	20,77	1,75	0,04	0,027	0,016	1,737	0,324	-1,128
240	39,66	0,06	17,14	1,73	0,04	0,024	0,016	1,525	0,284	-1,258
260	35,16	0,24	14,33	2,32	0,04	0,019	0,016	1,239	0,231	-1,466
280	31,41	0,11	11,08	1,33	0,03	0,016	0,016	1,000	0,186	-1,681
300	28,22	0,18	8,41	1,99	0,03	0,013	0,016	0,797	0,148	-1,908
320	25,60	0,06	6,56	0,98	0,03	0,010	0,016	0,630	0,117	-2,143
340	24,40	0,13	5,45	0,76	0,02	0,009	0,016	0,554	0,103	-2,272
360	23,24	0,06	4,23	0,10	0,02	0,008	0,016	0,479	0,089	-2,415

Elaboración: Isaác Molina.

Tabla A-19. Contenido de agua (C_a), materia seca (M_s), humedad en base seca (H_{bs}) y razón de contenidos de humedad (X^*) en hojas de uvilla secadas a 50 °C en función del tiempo (t).

t (min)	P_p (g)	D_e	H_p (%)	D_e	P_p (kg)	C_a (kg)	M_s (kg)	H_{bs} (kg_a/kg_{ms})	X^*	$\ln X^*$
0	100,00	0,00	82,70	0,77	0,10	0,083	0,017	4,779	1,000	0,000
20	92,21	0,22	72,94	1,06	0,09	0,075	0,017	4,328	0,906	-0,099

Continuación de la Tabla A-19

t (min)	P _p (g)	D _e	H _p (%)	D _e	P _p (kg)	C _a (kg)	M _s (kg)	H _{bs} (kg _a /kg _{ms})	X*	Ln X*
40	84,74	0,08	63,01	0,19	0,09	0,067	0,017	3,897	0,815	-0,204
60	76,57	0,06	53,63	0,33	0,08	0,059	0,017	3,425	0,717	-0,333
80	68,35	0,11	44,78	0,82	0,07	0,051	0,017	2,949	0,617	-0,483
100	60,20	0,02	36,64	1,46	0,06	0,043	0,017	2,478	0,519	-0,657
120	52,52	0,61	28,08	1,06	0,05	0,035	0,017	2,035	0,426	-0,854
140	44,72	0,40	21,53	1,34	0,05	0,027	0,017	1,584	0,331	-1,104
160	39,50	0,15	16,14	1,61	0,04	0,022	0,017	1,282	0,268	-1,316
180	35,82	0,06	12,02	1,12	0,04	0,019	0,017	1,070	0,224	-1,497
200	32,28	0,23	7,99	0,62	0,03	0,015	0,017	0,865	0,181	-1,709
220	28,29	0,13	6,52	0,39	0,03	0,011	0,017	0,634	0,133	-2,019
240	26,49	0,16	5,68	0,04	0,03	0,009	0,017	0,531	0,111	-2,198
260	24,85	0,09	4,85	0,04	0,03	0,008	0,017	0,436	0,091	-2,395
280	23,54	0,74	4,56	0,14	0,02	0,006	0,017	0,360	0,075	-2,586
300	22,99	0,21	4,30	0,11	0,02	0,006	0,017	0,329	0,069	-2,677

Elaboración: Isaác Molina.

Tabla A-20. Contenido de agua (C_a), materia seca (M_s), humedad en base seca (H_{bs}) y razón de contenidos de humedad (X*) en hojas de uvilla secadas a 60 °C en función del tiempo (t).

t (min)	P _p (g)	D _e	H _p (%)	D _e	P _p (kg)	C _a (kg)	M _s (kg)	H _{bs} (kg _a /kg _{ms})	X*	Ln X*
0	100,00	0	81,38	0,22	0,10	0,081	0,019	4,369	1,000	0,000
20	87,82	0,37	67,65	0,18	0,09	0,069	0,019	3,715	0,850	-0,162
40	77,80	0,76	54,33	0,13	0,08	0,059	0,019	3,177	0,727	-0,319
60	69,51	0,71	43,25	0,35	0,07	0,051	0,019	2,732	0,625	-0,469
80	62,53	0,24	33,83	0,01	0,06	0,044	0,019	2,357	0,540	-0,617
100	56,25	0,28	25,34	0,40	0,06	0,038	0,019	2,020	0,462	-0,771
120	51,10	0,32	19,56	0,58	0,05	0,032	0,019	1,743	0,399	-0,919
140	45,87	0,08	15,57	0,37	0,05	0,027	0,019	1,463	0,335	-1,094
160	41,82	0,08	12,59	0,08	0,04	0,023	0,019	1,245	0,285	-1,255
180	38,49	0,19	9,82	0,21	0,04	0,020	0,019	1,066	0,244	-1,410
200	35,46	0,49	6,76	0,47	0,04	0,017	0,019	0,904	0,207	-1,576
220	32,23	0,13	5,42	0,27	0,03	0,014	0,019	0,730	0,167	-1,789
240	29,70	0,36	4,33	0,12	0,03	0,011	0,019	0,594	0,136	-1,995

Elaboración: Isaác Molina.

Tabla A-21. Contenido de agua (C_a), materia seca (M_s), humedad en base seca (H_{bs}) y razón de contenidos de humedad (X^*) en capuchones de uvilla secados a 40 °C en función del tiempo (t).

t (min)	P _p (g)	D _e	H _p (%)	D _e	P _p (kg)	C _a (kg)	M _s (kg)	H _{bs} (kg _a /kg _{ms})	X*	Ln X*
0	100,00	0,00	82,35	0,21	0,10	0,082	0,018	4,664	1,000	0,000
20	97,24	0,12	74,57	2,74	0,10	0,080	0,018	4,508	0,966	-0,034
40	93,97	0,46	68,14	2,82	0,09	0,076	0,018	4,322	0,927	-0,076
60	90,45	0,40	62,20	1,99	0,09	0,073	0,018	4,123	0,884	-0,123
80	87,42	0,39	55,80	2,04	0,09	0,070	0,018	3,951	0,847	-0,166
100	82,81	0,28	49,76	1,85	0,08	0,065	0,018	3,690	0,791	-0,234
120	79,30	0,36	43,58	1,99	0,08	0,062	0,018	3,491	0,749	-0,290
140	75,86	0,55	36,37	1,34	0,08	0,058	0,018	3,297	0,707	-0,347
160	72,55	0,58	31,48	1,80	0,07	0,055	0,018	3,109	0,667	-0,405
180	68,30	0,26	27,54	1,46	0,07	0,051	0,018	2,869	0,615	-0,486
200	65,12	0,23	23,38	0,92	0,07	0,047	0,018	2,688	0,576	-0,551
220	62,03	0,88	19,48	0,68	0,06	0,044	0,018	2,513	0,539	-0,618
240	58,26	0,06	16,02	0,76	0,06	0,041	0,018	2,300	0,493	-0,707
260	55,58	0,13	12,53	1,25	0,06	0,038	0,018	2,148	0,461	-0,775
280	52,02	0,02	9,51	0,78	0,05	0,034	0,018	1,946	0,417	-0,874
300	48,39	0,53	7,06	1,25	0,05	0,031	0,018	1,741	0,373	-0,986
320	44,62	0,23	5,34	0,48	0,05	0,027	0,018	1,527	0,327	-1,117
340	43,16	0,05	4,56	0,30	0,04	0,026	0,018	1,444	0,310	-1,172
360	42,36	0,47	4,08	0,08	0,04	0,025	0,018	1,399	0,300	-1,204

Elaboración: Isaác Molina.

Tabla A-22. Contenido de agua (C_a), materia seca (M_s), humedad en base seca (H_{bs}) y razón de contenidos de humedad (X^*) en capuchones de uvilla secados a 50 °C en función del tiempo (t).

t (min)	P _p (g)	D _e	H _p (%)	D _e	P _p (kg)	C _a (kg)	M _s (kg)	H _{bs} (kg _a /kg _{ms})	X*	Ln X*
0	100,00	0,00	83,26	0,50	0,10	0,083	0,017	4,972	1,000	0,000
20	96,44	0,02	73,65	0,54	0,10	0,080	0,017	4,759	0,957	-0,044
40	92,10	0,13	65,02	0,25	0,09	0,075	0,017	4,500	0,905	-0,100
60	87,38	0,37	56,26	0,76	0,09	0,071	0,017	4,218	0,848	-0,164
80	83,01	0,48	47,72	1,00	0,08	0,066	0,017	3,957	0,796	-0,228
100	78,73	0,54	39,95	1,15	0,08	0,062	0,017	3,701	0,744	-0,295
120	73,26	0,46	32,30	0,25	0,07	0,057	0,017	3,375	0,679	-0,387
140	68,58	0,59	25,60	0,01	0,07	0,052	0,017	3,096	0,623	-0,474
160	65,02	0,43	19,52	0,93	0,07	0,048	0,017	2,883	0,580	-0,545
180	61,62	0,06	14,88	2,17	0,06	0,045	0,017	2,680	0,539	-0,618
200	58,54	0,18	11,46	2,51	0,06	0,042	0,017	2,496	0,502	-0,689
220	55,92	0,01	8,10	1,53	0,06	0,039	0,017	2,339	0,470	-0,754

Continuación de la Tabla A-22

t (min)	P _p (g)	D _e	H _p (%)	D _e	P _p (kg)	C _a (kg)	M _s (kg)	H _{bs} (kg _a /kg _{ms})	X*	Ln X*
240	53,86	0,02	6,14	0,32	0,05	0,037	0,017	2,216	0,446	-0,808
260	52,44	0,44	4,92	0,19	0,05	0,036	0,017	2,132	0,429	-0,847
280	50,63	0,55	4,61	0,11	0,05	0,034	0,017	2,024	0,407	-0,899
300	49,11	0,32	4,21	0,01	0,05	0,032	0,017	1,933	0,389	-0,945

Elaboración: Isaác Molina.

Tabla A-23. Contenido de agua (C_a), materia seca (M_s), humedad en base seca (H_{bs}) y razón de contenidos de humedad (X*) en capuchones de uvilla secados a 60 °C en función del tiempo (t).

t (min)	P _p (g)	D _e	H _p (%)	D _e	P _p (kg)	C _a (kg)	M _s (kg)	H _{bs} (kg _a /kg _{ms})	X*	Ln X*
0	100,00	0,00	80,46	0,22	0,100	0,080	0,020	4,119	1,000	0,000
20	94,18	0,02	59,43	0,18	0,094	0,075	0,020	3,821	0,928	-0,075
40	88,20	0,11	44,57	0,13	0,088	0,069	0,020	3,515	0,853	-0,159
60	84,37	0,18	34,55	0,35	0,084	0,065	0,020	3,318	0,806	-0,216
80	80,79	0,12	27,50	0,01	0,081	0,061	0,020	3,135	0,761	-0,273
100	76,40	0,34	21,67	0,40	0,076	0,057	0,020	2,911	0,707	-0,347
120	73,37	0,26	16,51	0,59	0,073	0,054	0,020	2,756	0,669	-0,402
140	70,18	0,20	12,60	0,37	0,070	0,051	0,020	2,592	0,629	-0,463
160	67,94	0,09	9,85	0,08	0,068	0,048	0,020	2,477	0,601	-0,508
180	64,59	0,23	7,92	0,21	0,065	0,045	0,020	2,306	0,560	-0,580
200	61,05	0,049	5,85	0,47	0,061	0,042	0,020	2,125	0,516	-0,662
220	58,85	0,014	5,20	0,27	0,059	0,039	0,020	2,012	0,489	-0,716
240	56,51	0,177	4,46	0,12	0,057	0,037	0,020	1,892	0,459	-0,778

Elaboración: Isaác Molina.

Tabla A-24. Coeficiente de difusión para hojas y capuchones de uvilla tratados con vapor por 5 minutos y secados a 40, 50 y 60 °C.

Muestra	Temperatura (°C)	Coefficiente de difusión D 10 ⁹ (cm ² /s)
Hojas	40	3,62
	50	4,19
	60	5,02
Capuchones	40	1,66
	50	1,76
	60	1,81

Elaboración: Isaác Molina.

Tabla A-25. Volumen total (V_t) de destilado, alícuota (A) utilizada para titular y volumen de AgNO_3 (V_1 y V_2) consumido en la titulación de ácido cianhídrico (HCN) para hojas de uvilla control y tratadas con vapor por 5 minutos y secadas a 40, 50 y 60 °C (R = réplica).

Control									
R ₁					R ₂				
V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)	V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)
200,00	100,00	100,00	1,40	1,40	200,00	100,00	100,00	1,40	1,40
40 °C									
R ₁					R ₂				
V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)	V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)
200,00	100,00	100,00	0,80	0,80	200,00	100,00	100,00	0,80	0,80
50 °C									
R ₁					R ₂				
V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)	V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)
200,00	100,00	100,00	0,40	0,40	200,00	100,00	100,00	0,40	0,40
60 °C									
R ₁					R ₂				
V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)	V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)
200,00	100,00	100,00	0,05	0,05	200,00	100,00	100,00	0,05	0,05

Fuente: Lab. de Físico Química y Análisis Instrumental.

Tabla A-26. Volumen total (V_t) de destilado, alícuota (A) utilizada para titular y volumen de AgNO_3 (V_1 y V_2) consumido en la titulación de ácido cianhídrico (HCN) para capuchones de uvilla control y tratados con vapor por 5 minutos y secados a 40, 50 y 60 °C (R = réplica).

Control									
R ₁					R ₂				
V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)	V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)
200,00	100,00	100,00	1,50	1,50	200,00	100,00	100,00	1,50	1,50
40 °C									
R ₁					R ₂				
V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)	V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)
200,00	100,00	100,00	0,85	0,85	200,00	100,00	100,00	0,85	0,85
50 °C									
R ₁					R ₂				
V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)	V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)
200,00	100,00	100,00	0,50	0,50	200,00	100,00	100,00	0,50	0,50
60 °C									
R ₁					R ₂				
V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)	V _t (ml)	A ₁ (ml)	A ₂ (ml)	V ₁ AgNO ₃ (ml)	V ₂ AgNO ₃ (ml)
200,00	100,00	100,00	0,10	0,10	200,00	100,00	100,00	0,10	0,10

Fuente: Lab. de Físico Química y Análisis Instrumental.

Tabla A-27. Peso (P), humedad (H), materia seca (M_s), ácido cianhídrico (HCN₁ y HCN₂), ácido cianhídrico promedio (HCN_p), ácido cianhídrico total (HCN_{Tmts}) y ácido cianhídrico (HCN mg/kg_{mts}) en hojas de uvilla control y tratadas con vapor por 5 minutos y secadas a 40, 50 y 60 °C (R = réplica).

Control																			
R ₁										R ₂									
P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})	P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})
10,01	0,01	82,72	1,73	1,73	1,51	1,51	1,51	3,02	1745,66	10,00	0,01	82,45	1,76	1,76	1,51	1,51	1,51	3,02	1715,91
40 °C																			
R ₁										R ₂									
P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})	P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})
10,01	0,01	4,30	9,58	9,58	0,86	0,86	0,86	1,73	180,77	10,00	0,01	4,16	9,58	9,58	0,86	0,86	0,86	1,73	180,58
50 °C																			
R ₁										R ₂									
P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})	P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})
10,01	0,01	4,22	9,59	9,59	0,43	0,43	0,43	0,86	89,68	10,00	0,01	4,37	9,56	9,56	0,43	0,43	0,43	0,86	89,96
60 °C																			
R ₁										R ₂									
P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})	P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})
10,01	0,01	4,41	9,57	9,57	0,05	0,054	0,054	0,11	11,49	10,00	0,01	4,24	9,58	9,58	0,054	0,054	0,054	0,11	11,48

Elaboración: Isaác Molina.

Tabla A-28. Peso (P), humedad (H), materia seca (M_s), ácido cianhídrico (HCN₁ y HCN₂), ácido cianhídrico promedio (HCN_p), ácido cianhídrico total (HCN_{Tmts}) y ácido cianhídrico (HCN mg/kg_{mts}) en capuchones de uvilla control y tratados con vapor por 5 minutos y secados a 40, 50 y 60 °C (R = réplica).

Control																			
R ₁										R ₂									
P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})	P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})
10,02	0,01	82,00	1,80	1,80	1,62	1,62	1,62	3,24	1800,00	10,00	0,01	82,12	1,79	1,79	1,62	1,62	1,62	3,24	1810,66
40 °C																			
R ₁										R ₂									
P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})	P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})
10,01	0,01	4,02	9,61	9,61	0,92	0,92	0,92	1,84	191,47	10,00	0,01	4,13	9,59	9,59	0,92	0,92	0,92	1,84	191,87
50 °C																			
R ₁										R ₂									
P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})	P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})
10,00	0,01	4,20	9,58	9,58	0,54	0,54	0,54	1,08	112,73	10,01	0,01	4,22	9,59	9,59	0,54	0,54	0,54	1,08	112,68
60 °C																			
R ₁										R ₂									
P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})	P (g)	P (kg)	H (%)	M _s (g)	M _s 10 ³ (kg)	HCN ₁ (mg)	HCN ₂ (mg)	HCN _p (mg)	HCN _{Tmts} (mg)	HCN (mg/kg _{mts})
10,00	0,01	4,39	9,56	9,56	0,11	0,11	0,11	0,22	23,01	10,00	0,01	4,53	9,55	9,55	0,11	0,11	0,11	0,22	23,04

Elaboración: Isaác Molina

Tabla A-29. Contenido de ácido cianhídrico (HCN), ácido cianhídrico promedio (HCN_p) y desviación estándar (D_e) en el control y en hojas y capuchones de uvilla tratados 5 minutos con vapor y secados a 40, 50 y 60° C (R = réplica).

Hojas											
Control			40 °C			50 °C			60 °C		
R₁	R₂	R₁-R₂	R₁	R₂	R₁-R₂	R₁	R₂	R₁-R₂	R₁	R₂	R₁-R₂
HCN (mg/kg_{mts})	HCN (mg/kg_{mts})	HCN_p ± D_e (mg/kg_{mts})	HCN (mg/kg_{mts})	HCN (mg/kg_{mts})	HCN_p ± D_e (mg/kg_{mts})	HCN (mg/kg_{mts})	HCN (mg/kg_{mts})	HCN_p ± D_e (mg/kg_{mts})	HCN (mg/kg_{mts})	HCN (mg/kg_{mts})	HCN_p ± D_e (mg/kg_{mts})
1745,66	1715,91	1730,79 ± 21,04	180,77	180,58	180,68 ± 0,13	89,68	89,96	89,82 ± 0,20	11,49	11,48	11,49 ± 0,01
Capuchones											
Control			40 °C			50 °C			60 °C		
R₁	R₂	R₁-R₂	R₁	R₂	R₁-R₂	R₁	R₂	R₁-R₂	R₁	R₂	R₁-R₂
HCN (mg/kg_{mts})	HCN (mg/kg_{mts})	HCN_p ± D_e (mg/kg_{mts})	HCN (mg/kg_{mts})	HCN (mg/kg_{mts})	HCN_p ± D_e (mg/kg_{mts})	HCN_m (mg/kg_{mts})	HCN_m (mg/kg_{mts})	HCN_p ± D_e (mg/kg_{mts})	HCN (mg/kg_{mts})	HCN (mg/kg_{mts})	HCN_p ± D_e (mg/kg_{mts})
1800,00	1810,66	1805,33 ± 7,54	191,47	191,87	191,67 ± 0,28	112,73	112,68	112,71 ± 0,04	23,01	23,04	23,03 ± 0,02

Elaboración: Isaác Molina.

**ANEXOS B:
ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

Tabla B-1. Cantidad de HCN (mg HCN/kg de producto seco) en hojas y capuchones de uvilla escaldados por 5 minutos y secados a 40, 50 y 60 °C.

Tratamiento	R ₁	R ₂	Y _{ii}	
a ₀ b ₀	180,77	180,58	361,35	
a ₀ b ₁	191,47	191,87	383,34	
a ₁ b ₀	89,68	89,96	179,64	
a ₁ b ₁	112,73	112,68	225,41	
a ₂ b ₀	11,49	11,48	22,97	
a ₂ b ₁	23,01	23,04	46,05	
Y _{..k}	609,15	609,61	1218,76	Y...

Elaboración: Isaác Molina

Tabla B-2. Análisis de Varianza para HCN (mg HCN/kg de producto seco).

FV	GL	SC	CM	RV	F crítico
Réplica	1	0,02	0,02	0,73	6,61
A	2	57066,79	28533,39	1175503,71	5,79
B	1	687,66	687,66	28329,80	6,61
(AB)	2	90,13	45,06	1856,48	5,79
Error	5	0,12	0,02		
Total	11	57844,71			

Elaboración: Isaác Molina

Tabla B-3. Análisis de Varianza para HCN (mg HCN/kg de producto seco).

RESUMEN	b ₀	b ₁	Total
a₀			
Cuenta	2	2	4
Suma	361,35	383,34	744,69
Promedio	180,68	191,67	186,17
Varianza	0,02	0,08	40,33
a₁			
Cuenta	2	2	4
Suma	179,64	225,41	405,05
Promedio	89,82	112,71	101,26
Varianza	0,04	0,00	174,59
a₂			
Cuenta	2	2	4
Suma	22,97	46,05	69,02
Promedio	11,485	23,03	17,26
Varianza	5E-05	0,00	44,39

<i>Total</i>						
Cuenta		6		6		
Suma		563,96		654,8		
Promedio		93,99		109,13		
Varianza		5735,51		5695,90		
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>PC</i>	<i>F</i>	<i>Prob.</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	57066,79	2	28533,39	1231657,27	1,45E-17	5,14
Columnas	687,66	1	687,66	29683,11	2,58E-12	5,99
Interacción	90,13	2	45,06	1945,17	3,65E-09	5,14
Dentro del grupo	0,12	6	0,02			
Total	57844,71	11				

Fuente: Excel.

Tabla B-4. Análisis de Varianza para HCN (mg HCN/kg de producto seco) – Suma de Cuadrados Tipo III.

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados Medios	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A	57066,79	2	28533,39	1175503,71	0,00
B:Factor B	687,66	1	687,66	28329,80	0,00
C:Réplica	0,02	1	0,02	0,73	0,43
INTERACCIONES					
AB	90,13	2	45,063	1856,48	0,00
RESIDUOS	0,12	5	0,02		
TOTAL (CORREGIDO)	57844,71	11			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

Fuente: Statgraphics Centurión XIV.

Tabla B-5. Medias por mínimos cuadrados para HCN (mg HCN/kg de producto seco) con intervalos de confianza del 95,0 %.

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
MEDIA GLOBAL	12	101,56			
Factor A					
0	4	186,17	0,08	185,97	186,37
1	4	101,26	0,08	101,06	101,46
2	4	17,26	0,08	17,05	17,46
Factor B					
0	6	93,99	0,06	93,83	94,16
1	6	109,13	0,06	108,97	109,30

Continuación de la Tabla B-5

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
Réplica					
1	6	101,53	0,06	101,36	101,69
2	6	101,60	0,06	101,44	101,77
Factor A por Factor B					
0,0	2	180,68	0,11	180,39	180,96
0,1	2	191,67	0,11	191,39	191,95
1,0	2	89,82	0,11	89,54	90,10
1,1	2	112,71	0,11	112,42	112,99
2,0	2	11,49	0,11	11,20	11,77
2,1	2	23,03	0,11	22,74	23,31

Fuente: Statgraphics Centurión XIV.

Tabla B-6. Prueba de Tukey para HCN (mg HCN/kg de producto seco) por temperatura de secado, con un intervalo de confianza del 95,0 %.

Factor A	
a₀	186,17
a₁	101,26
a₂	17,26

		a₂	a₁	a₀	Tukey
		17,26	101,26	186,17	
a₂	17,26	0	84,00	168,91	0,33
a₁	101,26		0	84,91	
a₀	186,17			0	

a

b

c

Elaboración: Isaác Molina.

Tabla B-7. Prueba de Tukey para HCN (mg HCN/kg de producto seco) por temperatura de secado, con un intervalo de confianza del 95,0 %.

Factor A	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	4	17,26	0,08	c
1	4	101,26	0,08	b
0	4	186,17	0,077	a

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	84,91	0,36
0 - 2	*	168,91	0,36
1 - 2	*	84,00	0,36

Fuente: Statgraphics Centurión XIV.

Tabla B-8. Prueba de Tukey para HCN (mg HCN/kg de producto seco) por materia prima, con un intervalo de confianza del 95,0 %.

		Factor B		
		b ₀	b ₁	
		93,99	109,13	
				Tukey
		93,99	109,13	
b ₀	93,99	0	15,14	0,21
b ₁	109,13		0	

a

b

Elaboración: Isaác Molina.

Tabla B-9. Prueba de Tukey para HCN (mg HCN/kg de producto seco) por materia prima, con un intervalo de confianza del 95,0 %.

Factor B	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
0	6	93,99	0,06	b
1	6	109,13	0,06	a

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	15,14	0,23

* indica una diferencia significativa.

Fuente: Statgraphics Centurión XIV.

Tabla B-10. Prueba de Tukey para HCN (mg HCN/kg de producto seco) por interacción (temperatura de secado–materia prima), con un intervalo de confianza del 95,0 %.

Interacción (AB)	
a ₀ b ₀	180,68
a ₀ b ₁	191,67

Continuación de la Tabla B-10

Interacción (AB)	
a₁b₀	89,82
a₁b₁	112,71
a₂b₀	11,49
a₂b₁	23,03

		a₂b₀	a₂b₁	a₁b₀	a₁b₁	a₀b₀	a₀b₁	Tukey
		11,49	23,03	89,82	112,71	180,68	191,67	
a₂b₀	11,49	0	11,54	78,33	101,22	169,19	180,18	0,66
a₂b₁	23,03		0	66,79	89,68	157,65	168,64	
a₁b₀	89,82			0	22,89	90,86	101,85	
a₁b₁	112,71				0	67,97	78,96	
a₀b₀	180,68					0	10,99	
a₀b₁	191,67						0	

a

b

c

d

e

f

Elaboración: Isaác Molina.

Tabla B-11. Prueba de Tukey para HCN (mg HCN/kg de producto seco) por interacción (temperatura de secado–materia prima), con un intervalo de confianza del 95,0 %.

Temperatura de secado	Materia prima	Medias	n	E.E.
2	1	11,49	2	0,11
2	2	23,03	2	0,11
1	1	89,82	2	0,11
1	2	112,71	2	0,11
0	1	180,68	2	0,11
0	2	191,67	2	0,11

f

e

d

c

b

a

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

Fuente: InfoStat 2013.

ANEXOS C:
FIGURAS

Variación de peso

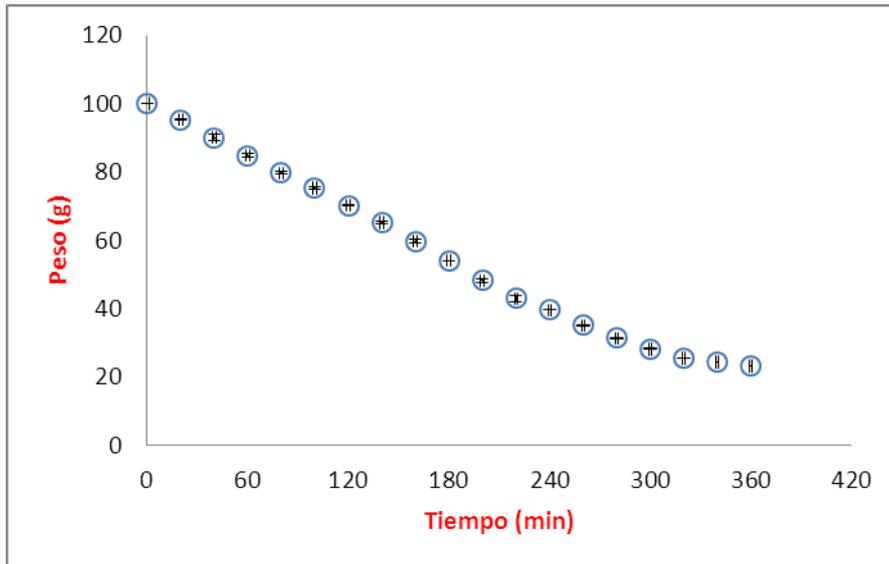


Figura C-1. Variación de peso promedio en hojas de uvilla secadas a 40 °C durante 360 minutos.

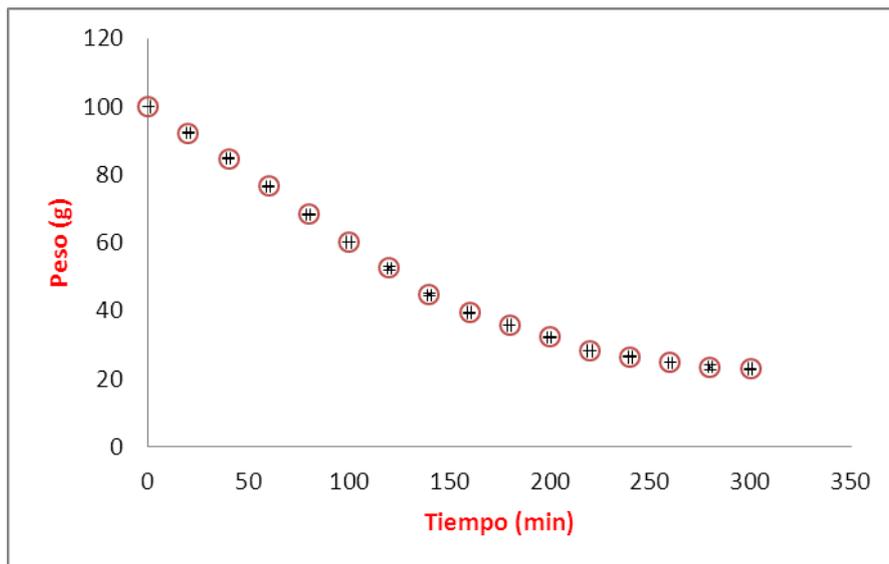


Figura C-2. Variación de peso promedio en hojas de uvilla secadas a 50 °C durante 300 minutos.

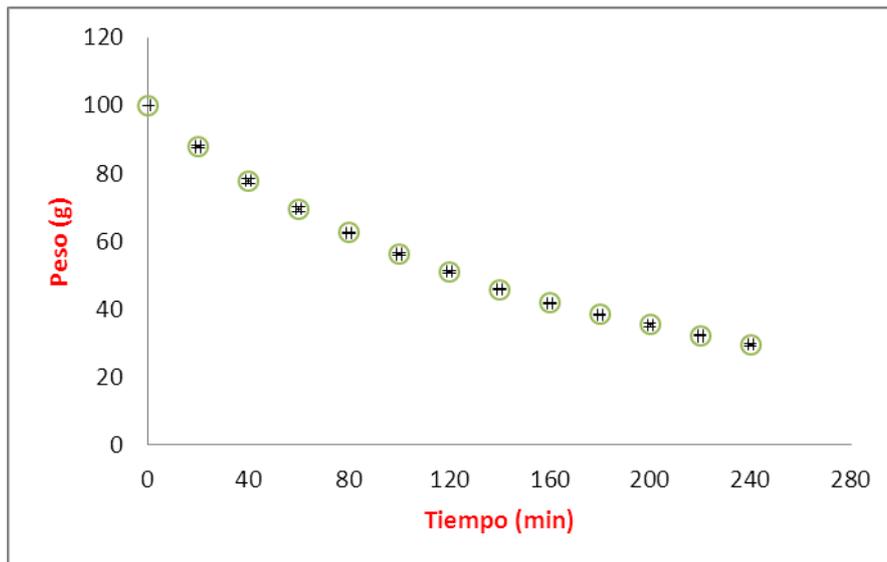


Figura C-3. Variación de peso promedio en hojas de uvilla secadas a 60 °C durante 240 minutos.

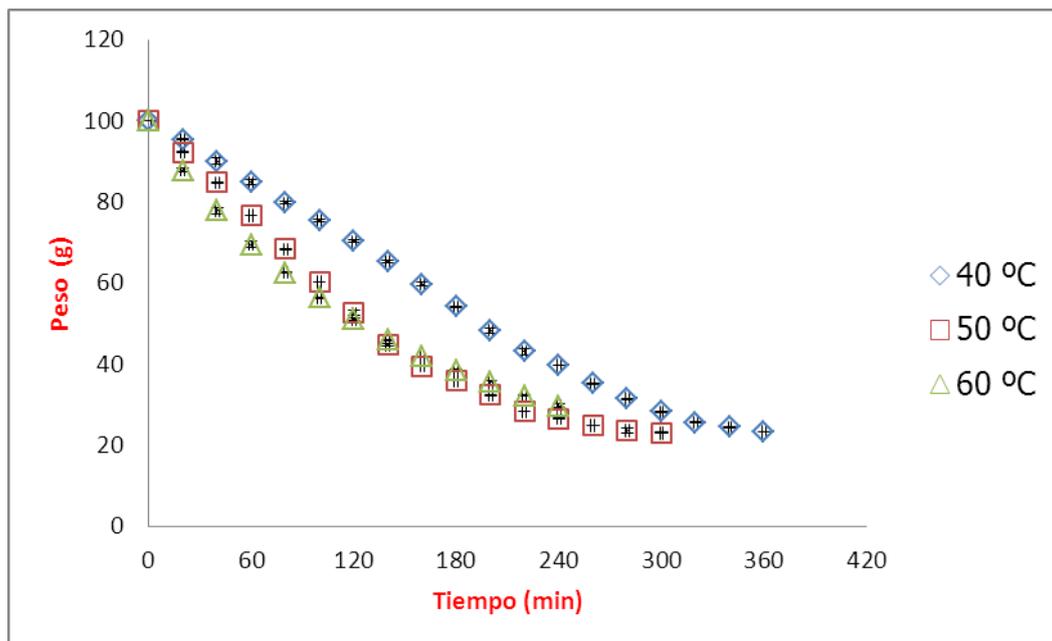


Figura C-4. Variación de peso promedio en hojas de uvilla secadas a 40, 50 y 60 °C.

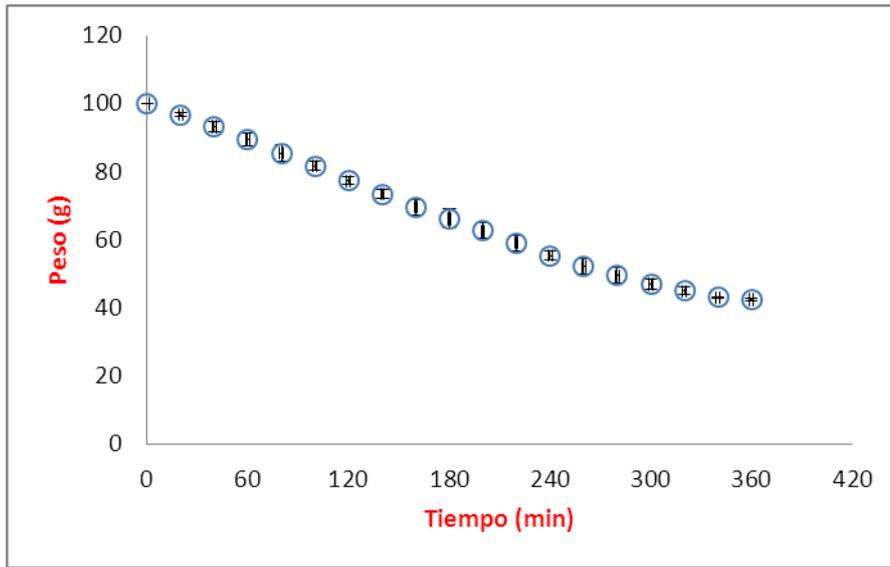


Figura C-5. Variación de peso promedio en capuchones de uvilla secados a 40 °C durante 360 minutos.

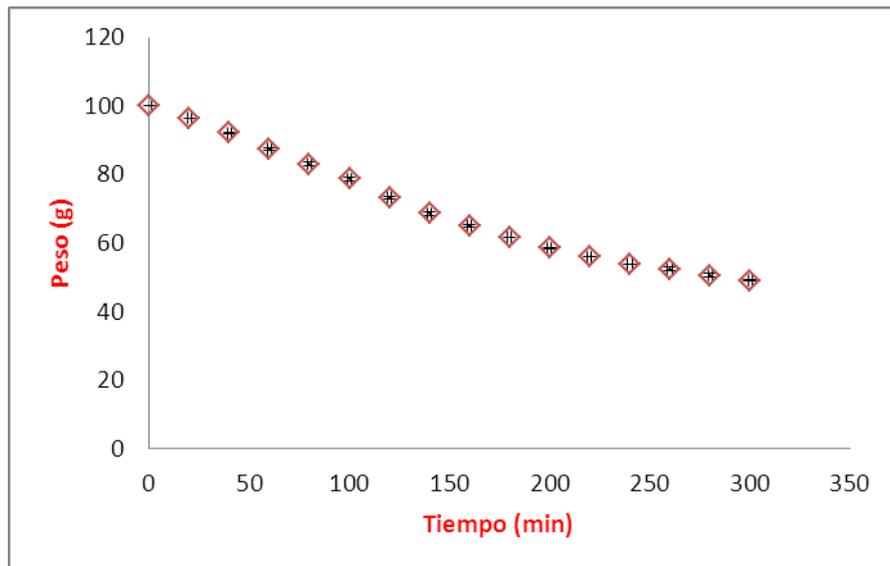


Figura C-6. Variación de peso promedio en capuchones de uvilla secados a 50 °C durante 300 minutos.

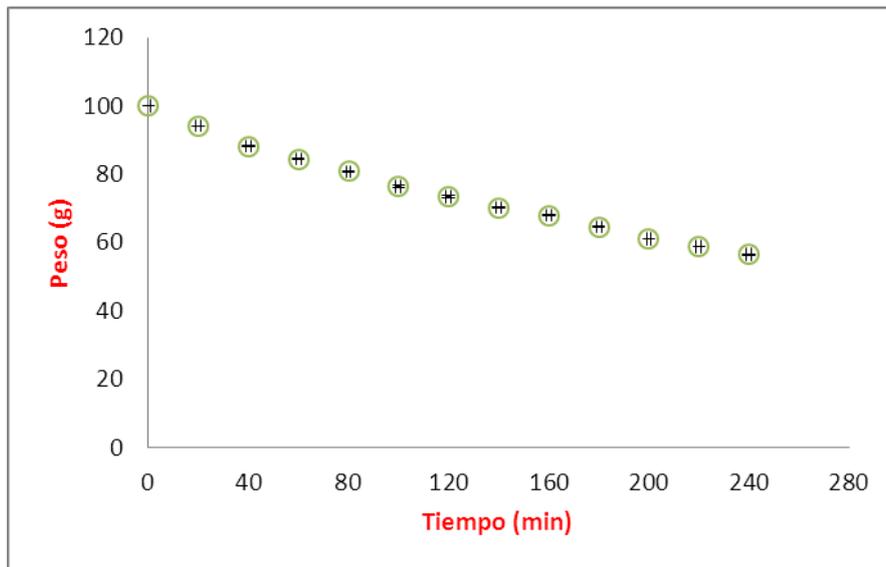


Figura C-7. Variación de peso promedio en capuchones de uvilla secados a 60 °C durante 240 minutos.

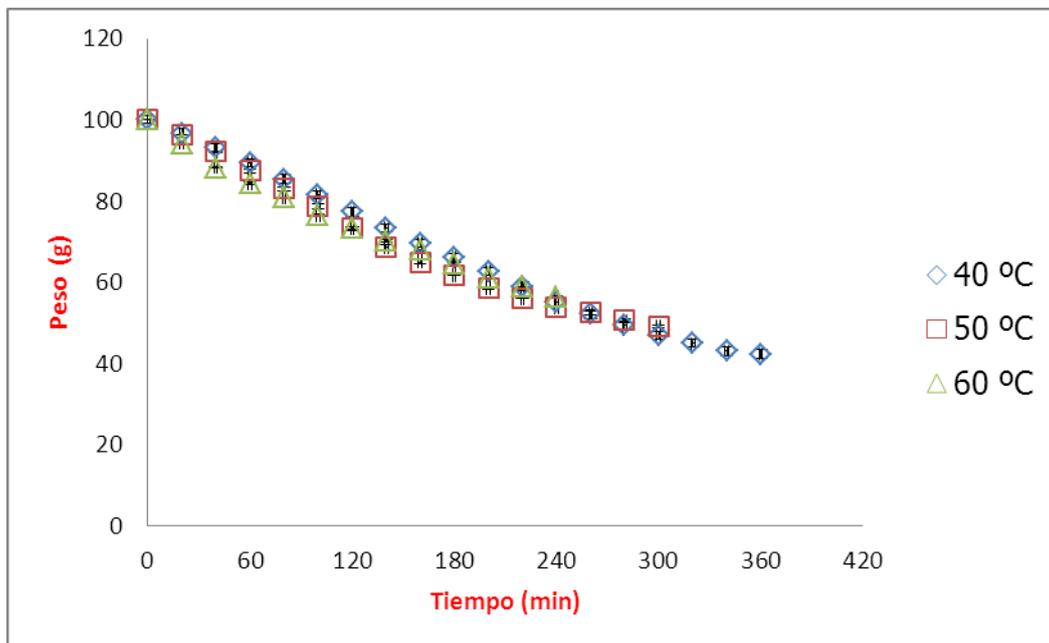


Figura C-8. Variación de peso promedio en capuchones de uvilla secados a 40, 50 y 60 °C.

Contenido de humedad

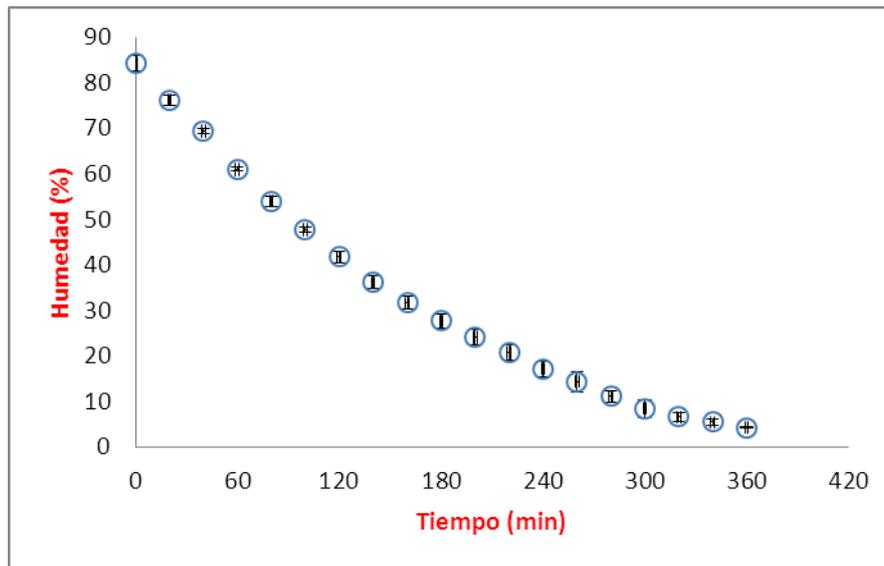


Figura C-9. Contenido de humedad promedio en hojas de uvilla secadas a 40 °C durante 360 minutos.

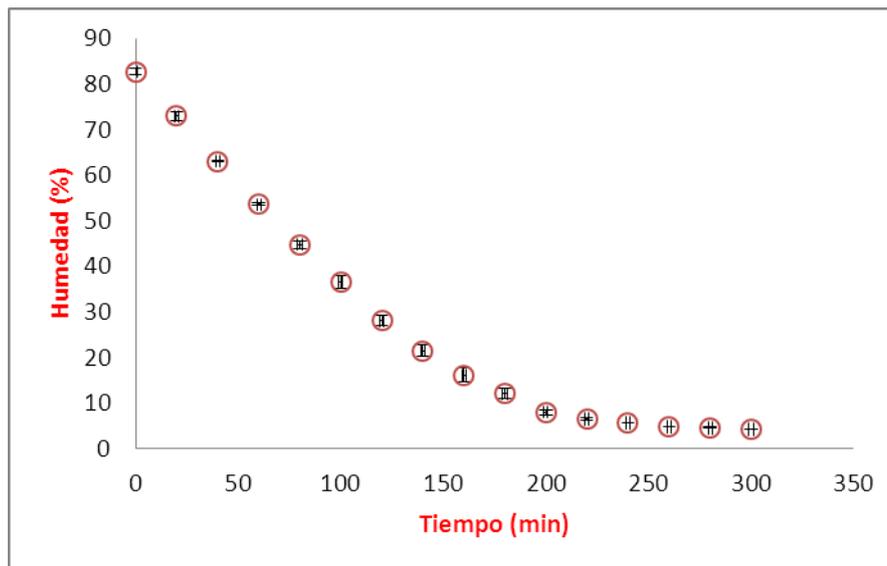


Figura C-10. Contenido de humedad promedio en hojas de uvilla secadas a 50 °C durante 300 minutos.

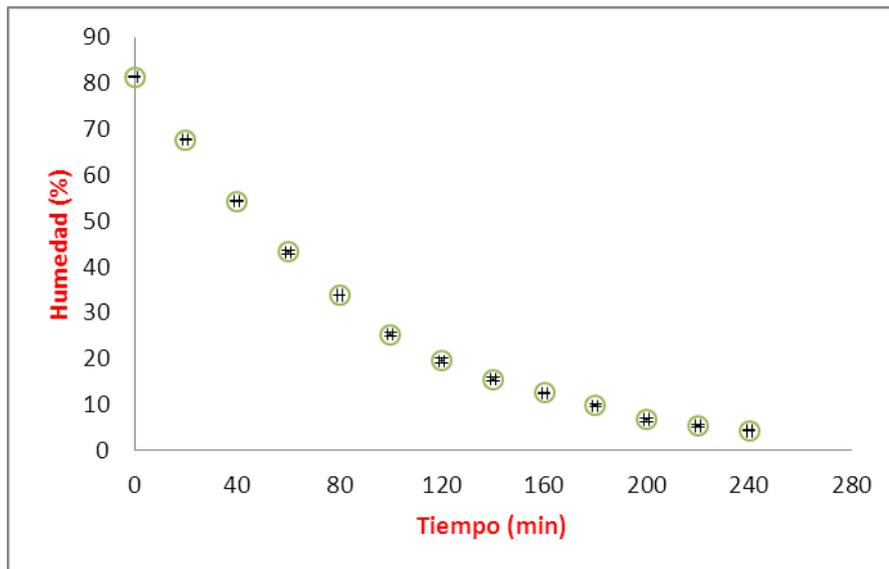


Figura C-11. Contenido de humedad promedio en hojas de uvilla secadas a 60 °C durante 240 minutos.

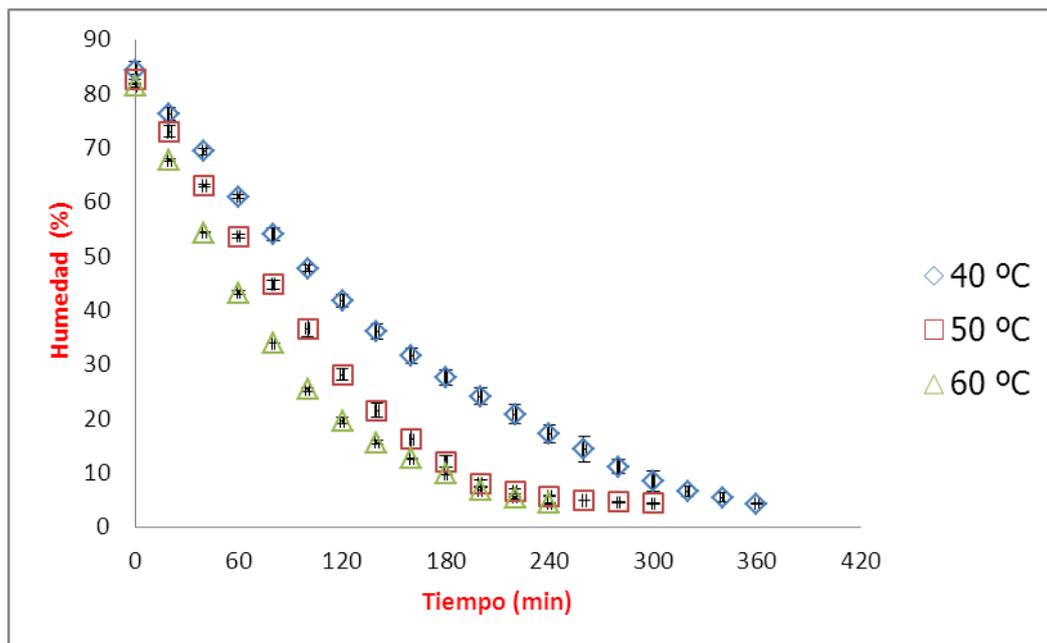


Figura C-12. Contenido de humedad promedio en hojas de uvilla secadas a 40, 50 y 60 °C.

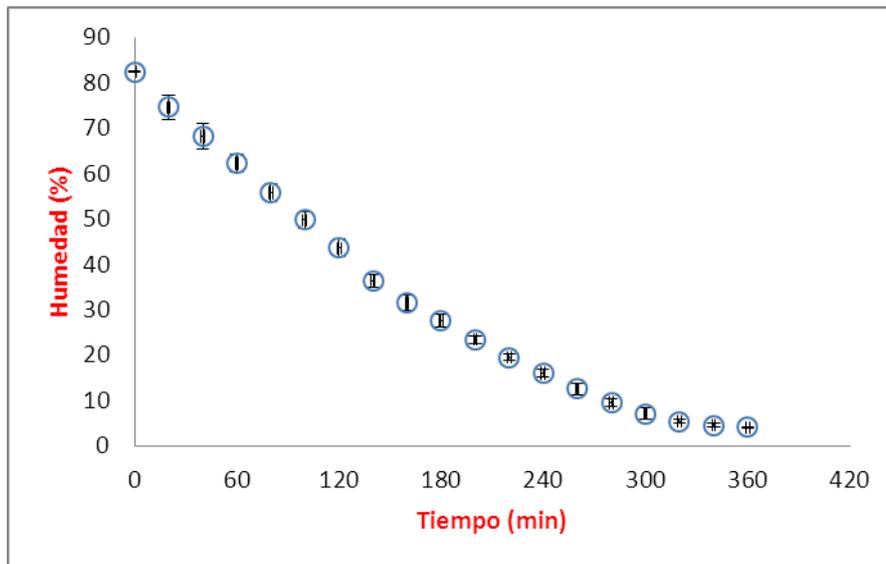


Figura C-13. Contenido de humedad promedio en capuchones de uvilla secados a 40 °C durante 360 minutos.

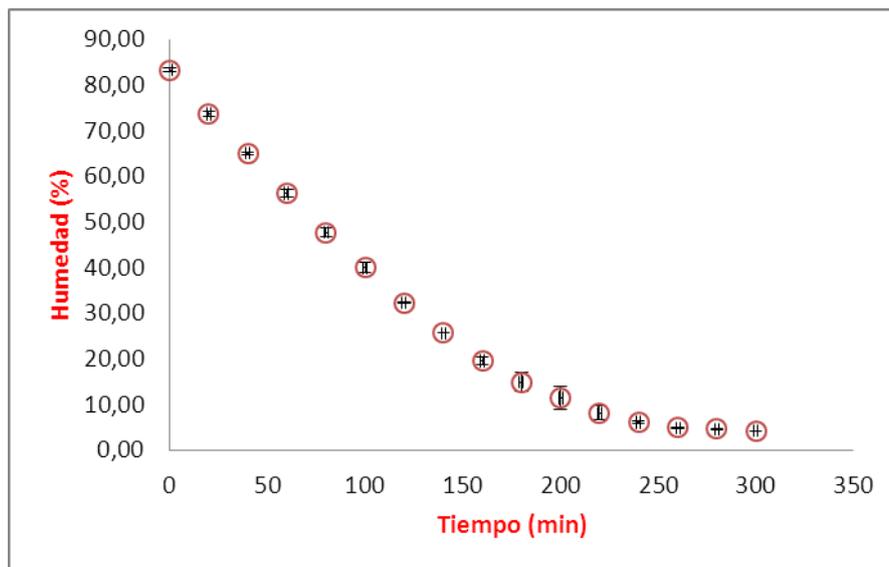


Figura C-14. Contenido de humedad promedio en capuchones de uvilla secados a 50 °C durante 300 minutos.

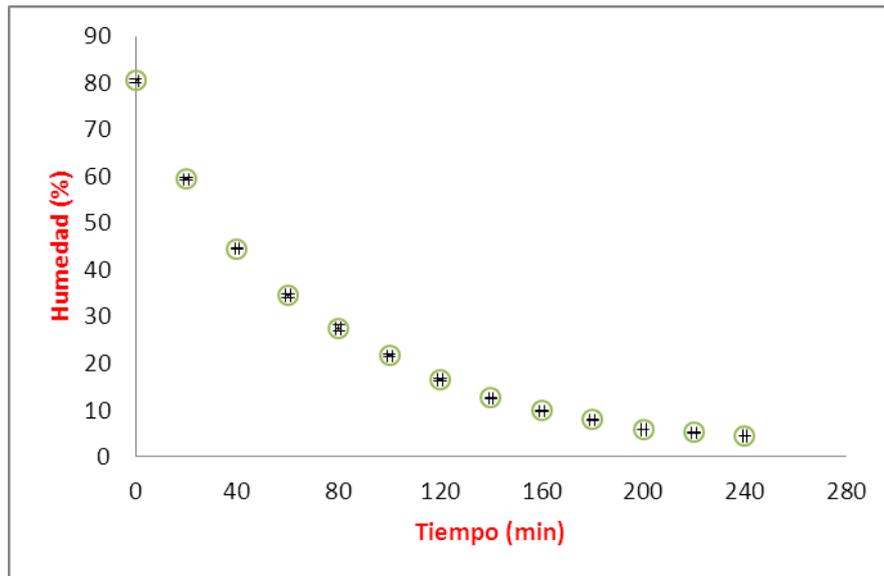


Figura C-15. Contenido de humedad promedio en capuchones de uvilla secados a 60 °C durante 240 minutos.

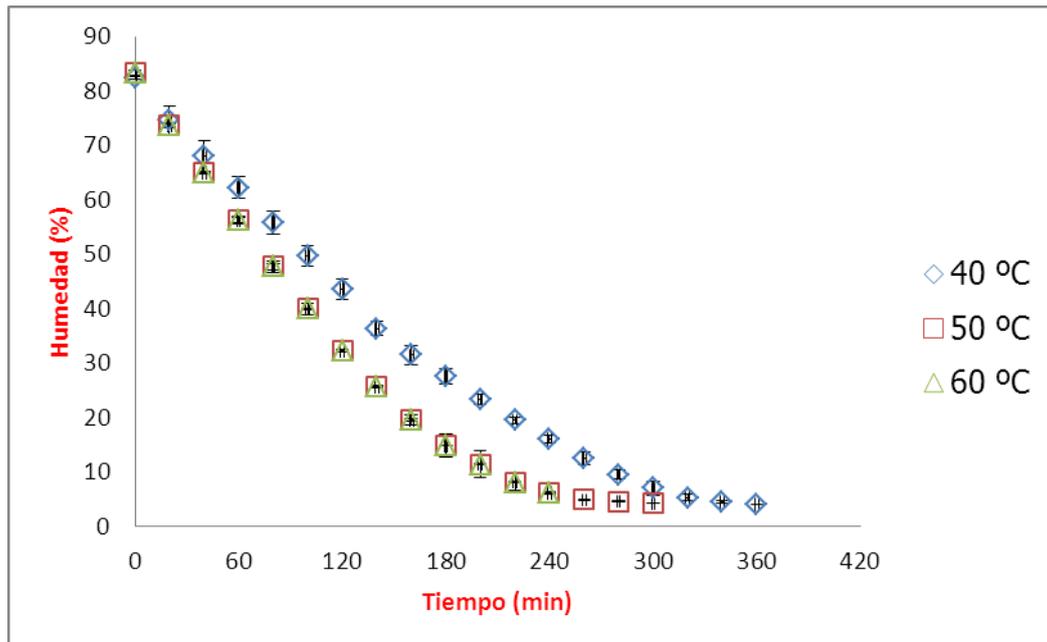


Figura C-16. Contenido de humedad promedio en capuchones de uvilla secados a 40, 50 y 60 °C.

Coefficiente de difusión

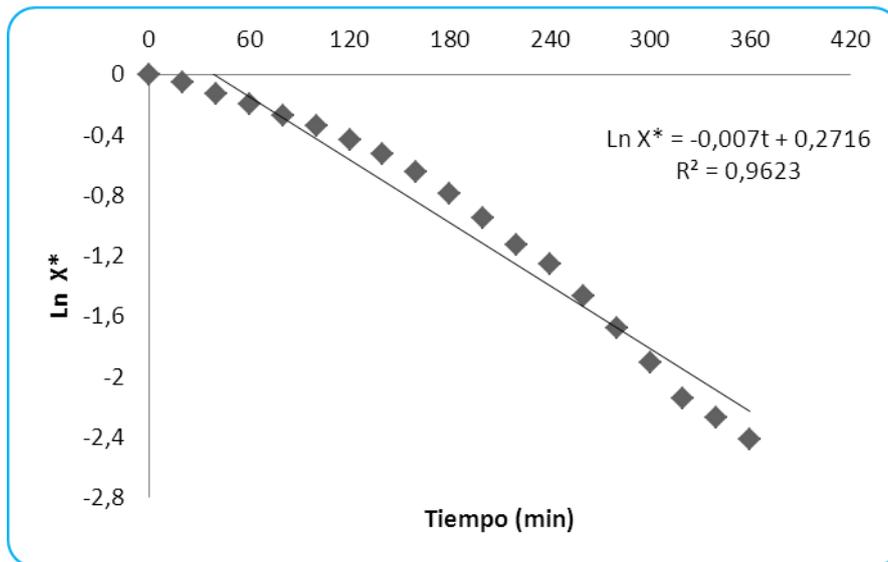


Figura C-17. Ln de la razón de contenidos de humedad (X^*) para hojas de uvilla secadas a 40 °C durante 360 minutos.

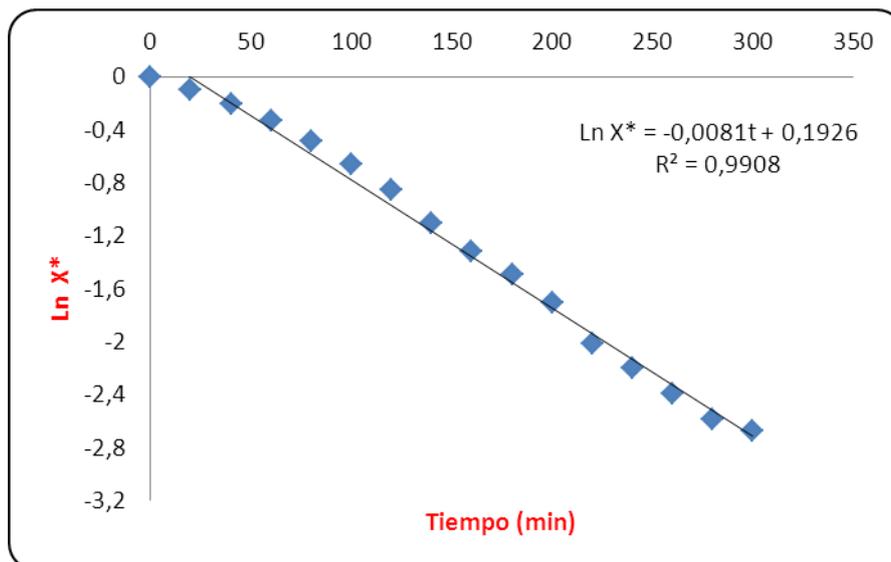


Figura C-18. Ln de la razón de contenidos de humedad (X^*) para hojas de uvilla secadas a 50 °C durante 300 minutos.

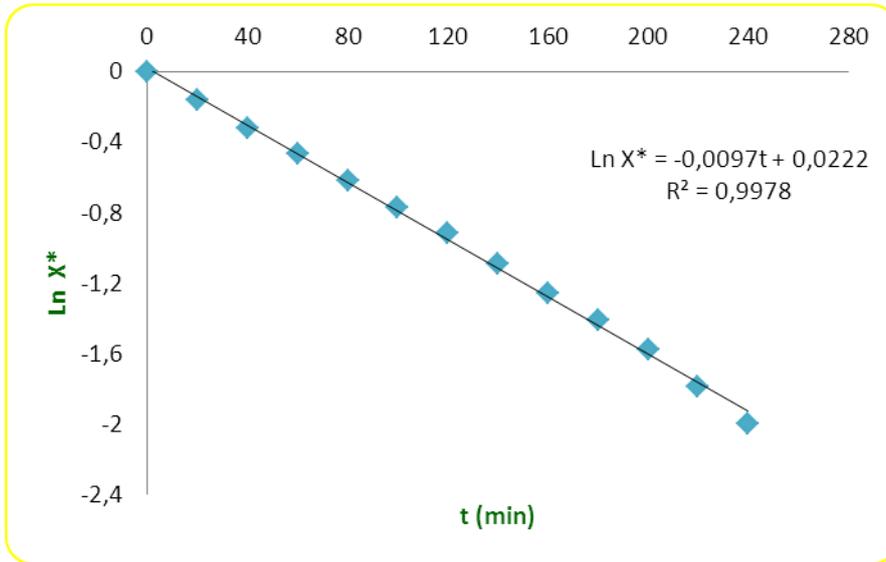


Figura C-19. Ln de la razón de contenidos de humedad (X^*) para hojas de uvilla secadas a 60 °C durante 240 minutos.

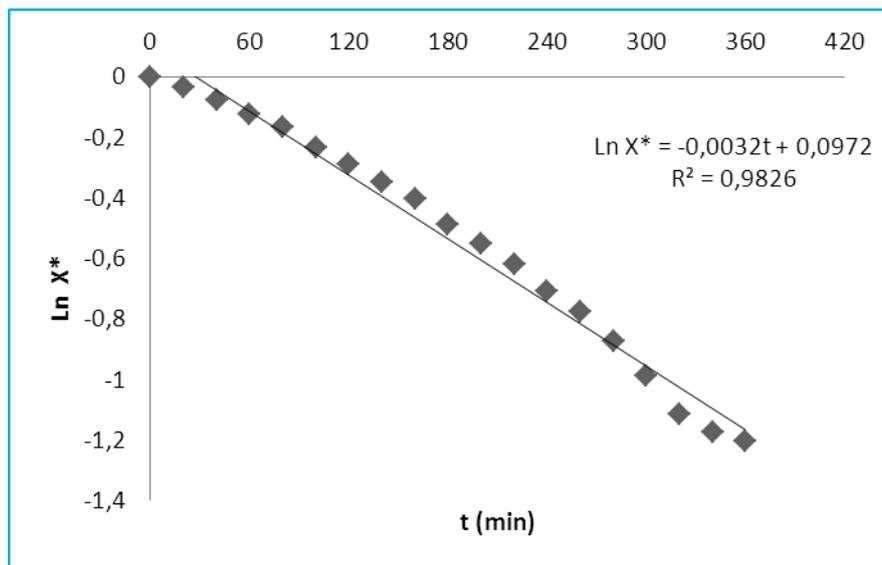


Figura C-20. Ln de la razón de contenidos de humedad (X^*) para capuchones de uvilla secados a 40 °C durante 360 minutos.

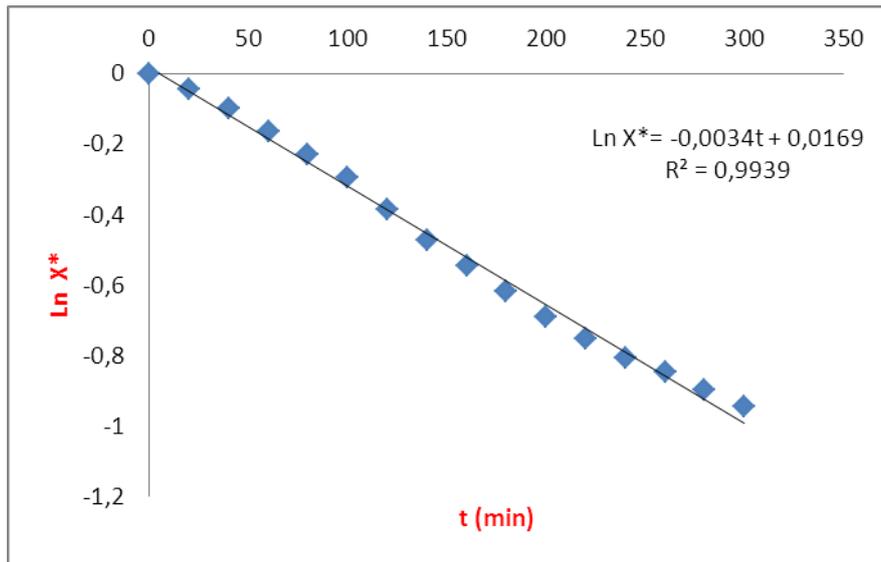


Figura C-21. Ln de la razón de contenidos de humedad (X*) para capuchones de uvilla secados a 50 °C durante 300 minutos.

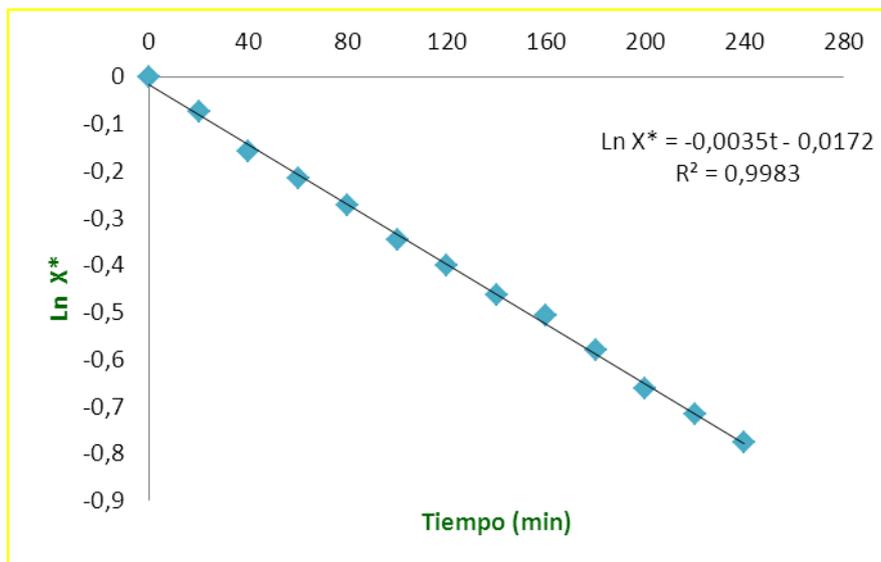


Figura C-22. Ln de la razón de contenidos de humedad (X*) para hojas de uvilla secadas a 60 °C durante 240 minutos.

Ácido cianhídrico

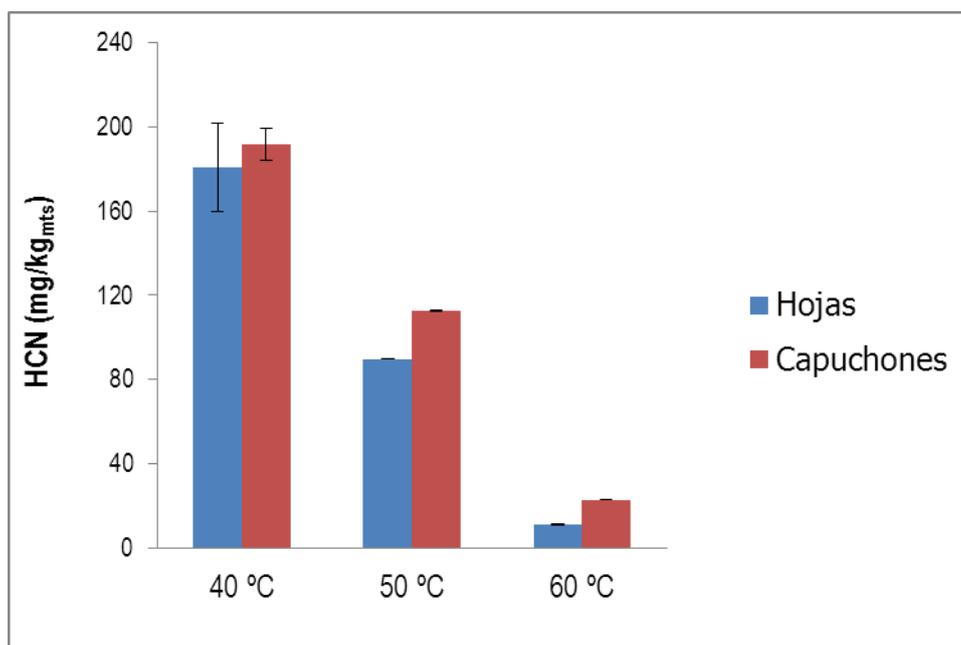


Figura C-23. Ácido cianhídrico (HCN) promedio presente en hojas y capuchones de uvilla escaldados por 5 minutos y secados a 40, 50 y 60 °C.

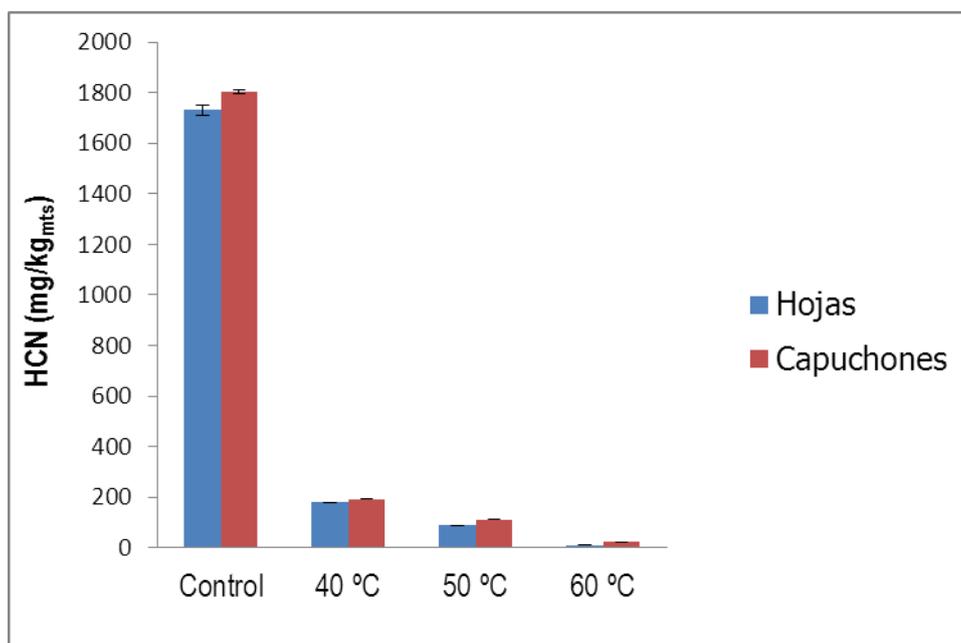


Figura C-24. Ácido cianhídrico (HCN) promedio presente en hojas y capuchones de uvilla sin tratamiento (control) y tratados.

ANEXOS D:
BALANCE DE MATERIALES

Diagrama H-1. Balance de materiales para la elaboración de té a partir de hojas y capuchones de uvilla (mejor tratamiento).

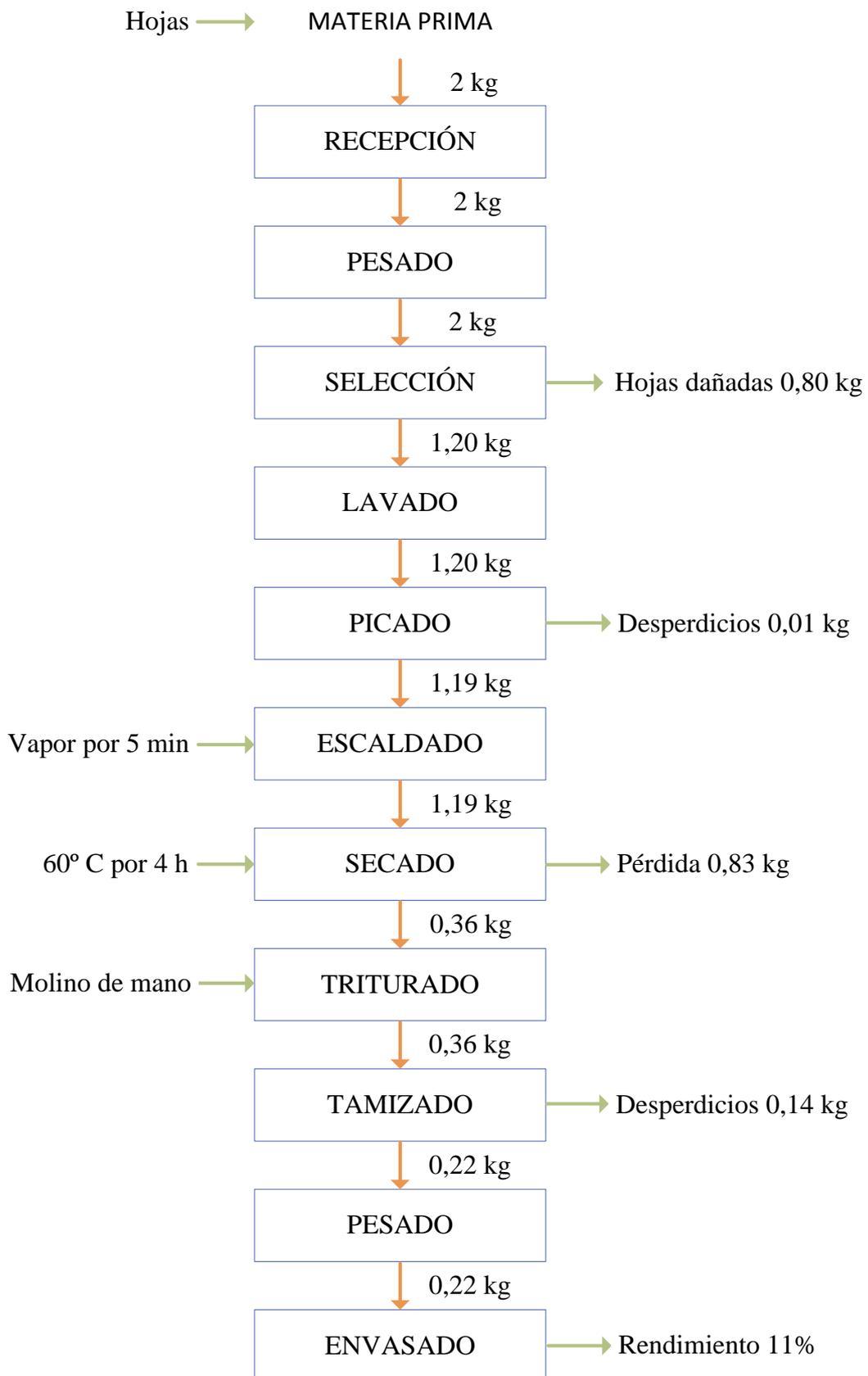
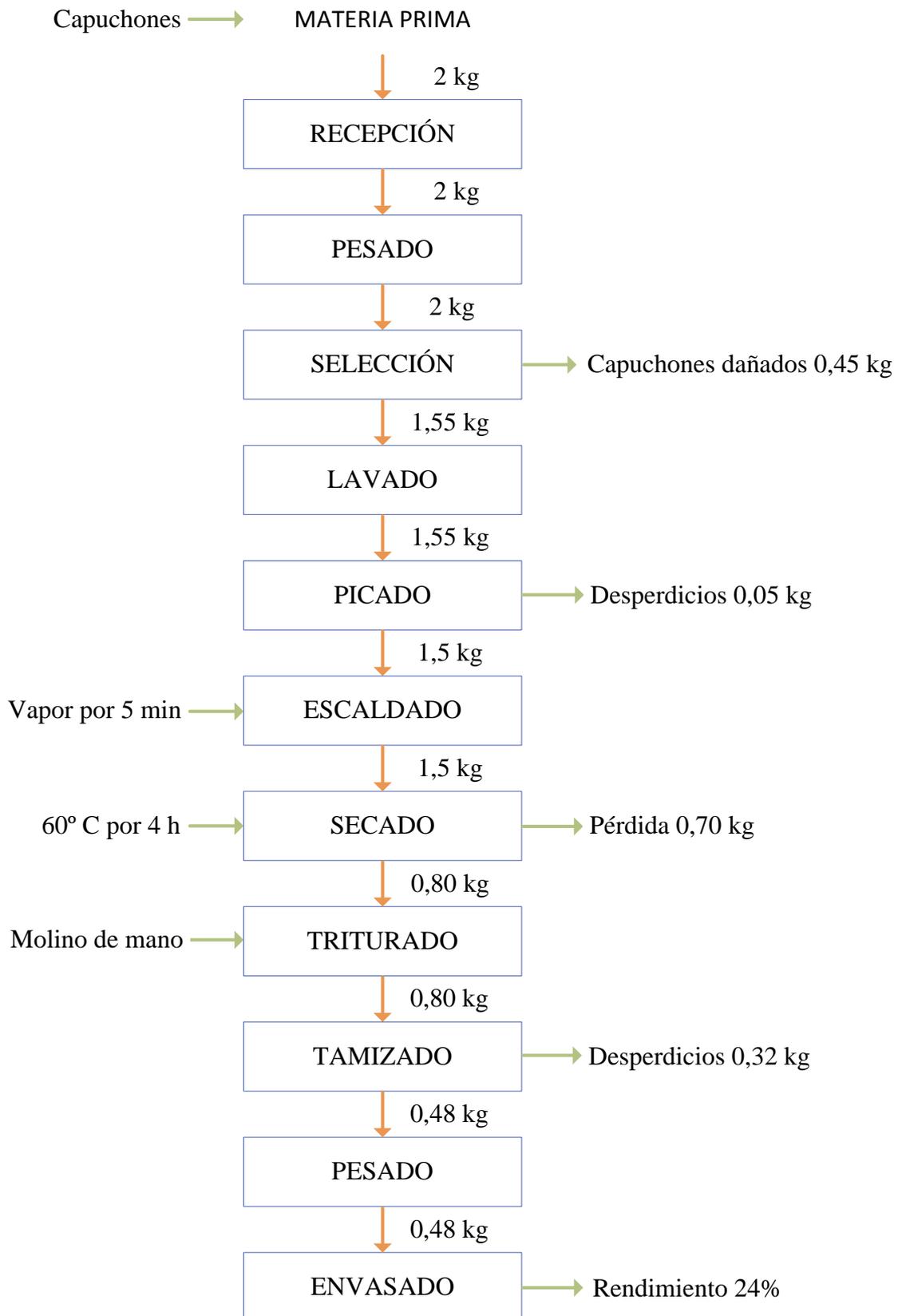


Diagrama H-2. Balance de materiales para la elaboración de té a partir de capuchones de uvilla (mejor tratamiento).



**ANEXOS E:
FOTOGRAFÍAS**



Fotografía E-1. Escaldado con vapor por 5 minutos.



Fotografía E-2. Secado a 60° C por 4 horas.



Fotografía E-3. Muestra seca.



Fotografía E-4. Molino acoplado para el triturado.



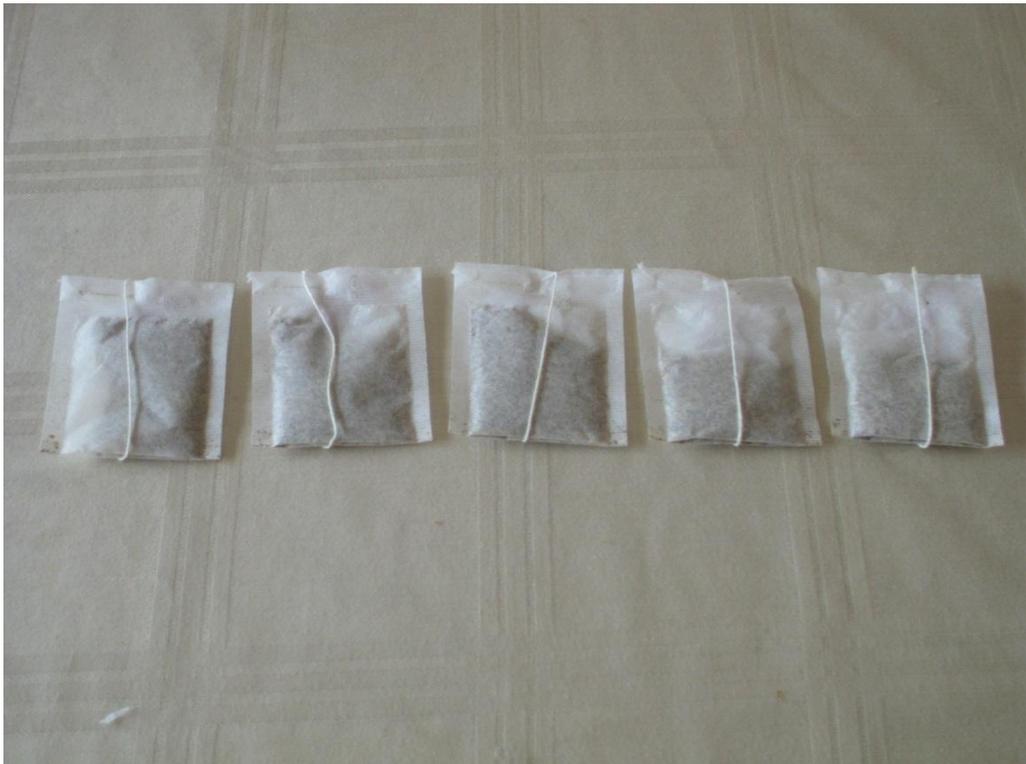
Fotografía E-5. Triturado de la muestra seca.



Fotografía E-6. Tamizado del triturado obtenido.



Fotografía E-7. Desechos provenientes del tamizado.



Fotografía E-8. Té envasado.



Fotografía E-9. Taza con agua caliente para la infusión del té.



Fotografía E-10. Comienzo de la infusión.



Fotografía E-11. Infusión terminada.