



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Campus Arturo Ruíz Mora

Santo Domingo

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL Y SISTEMAS DE GESTIÓN

**Tesis previa a la obtención del título de
INGENIERA AGROINDUSTRIAL, MENCIÓN EN ALIMENTOS**

**ESTUDIO DE LA TEMPERATURA, TIEMPO DE DESHIDRATADO DE
LA HOJA DE GUAYUSA “ILEX GUAYUSA”, MEDIANTE DOS
MÉTODOS, PARA OBTENER UNA INFUSIÓN BEBIBLE, EN EL
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR “CRECERMÁS”,
PROVINCIA DE SUCUMBÍOS, 2010.**

Estudiante:

CHUQUIRIMA SARANGO GLADYS NOEMÍ

Directora de tesis

ING. ELSA BURBANO.

Santo Domingo – Ecuador

Noviembre, 2011

ESTUDIO DE LA TEMPERATURA, TIEMPO DE DESHIDRATADO DE LA HOJA DE GUAYUSA “ILEX GUAYUSA”, MEDIANTE DOS MÉTODOS, PARA OBTENER UNA INFUSIÓN BEBIBLE, EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR “CRECERMÁS”, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS, 2010.

Ing. Elsa Burbano

DIRECTORA DE TESIS

APROBADO

Ing. Daniel Anzules

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Juan Crespín

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. María Gutiérrez

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo.....de.....del 2011.

Autora:	Chuquirima Sarango, Gladys Noemí
Institución:	Universidad Tecnológica Equinoccial
Título de tesis:	“ESTUDIO DE LA TEMPERATURA, TIEMPO DE DESHIDRATADO DE LA HOJA DE GUAYUSA “ILEX GUAYUSA”, MEDIANTE DOS MÉTODOS, PARA OBTENER UNA INFUSIÓN BEBIBLE, EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR “CRECERMÁS” PROVINCIA DE SUCUMBÍOS, 2010”
Fecha de inicio y finalización:	Febrero del 2011 – Septiembre del 2011.

“Del contenido de este documento, se responsabiliza la autora”

.....
Egresada. Chuquirima Sarango, Gladys Noemí.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Campus Arturo Ruíz Mora
Santo Domingo

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL.

INFORME DEL DIRECTOR DE TESIS.

Yo, Elsa Burbano en calidad de directora de tesis, mediante el presente, informo a usted que la señorita **GLADYS NOEMÍ CHUQUIRIMA SARANGO** egresada de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial; ha cumplido con los requisitos pertinentes para la elaboración de la tesis de grado que lleva de título **“ESTUDIO DE LA TEMPERATURA, TIEMPO DE DESHIDRATADO DE LA HOJA DE GUAYUSA “ILEX GUAYUSA”, MEDIANTE DOS MÉTODOS, PARA OBTENER UNA INFUSIÓN BEBIBLE, EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR “CRECERMÁS”, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS, 2010”**.realizado en la Universidad Tecnológica Equinoccial, Campus Arturo Ruíz Mora; por lo tanto, la tesis esta lista para ser entregada y publicada.

Por la atención que se digne a la presente anticipo mi sincero agradecimiento.

Santo Domingo,....de.....del 2011

Atentamente,

Ing. Elsa Burbano
DIRECTORA DE TESIS

AGRADECIMIENTO.

Agradezco a Dios y a la Virgen del Carmen, porque han sido mi fortaleza, me han proporcionado la sabiduría necesaria para luchar y seguir en adelante, me han permitido culminar una importante etapa en mi vida.

A mis padres y hermanos, que siempre me dieron su apoyo incondicional para cumplir con este gran sueño de ser una gran profesional. Mil gracias por guiarme por el buen camino y ser un gran ejemplo de esfuerzo y trabajo, por enseñarme valores que me ayudan a crecer como persona.

A Pedro Luis Rodríguez Alíste, mi gran amigo, que ha estado en los momentos más difíciles acompañándome y sobre todo me apoyó para cumplir con esta meta de poder ser alguien en la vida, mil gracias por la oportunidad que tuve para seguir estudiando, sobre todo por aquella oportunidad de volver a vivir tras una enfermedad complicada.

A mi directora de tesis Ing. Elsa Burbano, que con sus conocimientos, paciencia y dedicación me guió durante todo el desarrollo de mi trabajo de tesis, muchas gracias por ayudarme y abrir su corazón para compartir y sentirme acogida en un lugar extraño.

A mis amigos, compañeros y profesores de la Godina, mil gracias por todo su apoyo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a la Virgen del Carmen porque me han acompañado durante toda la etapa de mi vida, ellos han sido mi inspiración para tener las fuerzas necesarias y poder lograr este objetivo.

A mis padres y hermanos porque siempre recibí su apoyo y por guiarme por el buen camino, ustedes han sido un gran ejemplo de esfuerzo, trabajo y sobre todo por brindarme su amor incondicional.

De manera especial dedico este trabajo a Pedro Luis Rodríguez Aliste, quien me ha acompañado en todos los momentos y sobre todo me ha fortalecido con sus consejos y en los tiempos más difíciles ha estado siempre apoyándome, mil gracias por ser un buen amigo.

También dedico este logro a Julio por su apoyo, cariño, paciencia y sobre todo por su forma de animarme, que Dios siempre nos bendiga y nos dé el don del entendimiento para poder emprender una nueva etapa en nuestras vidas.

A Carolina y Ángel Villalba, mil gracias por todo su apoyo y por ser mis dos grandes amigos.

ÍNDICE

Portada	i
Hoja de sustentación	ii
Hoja de responsabilidad del autor	iii
Informe de aprobación del director del plan de titulación	iv
Agradecimiento	v
Dedicatoria	vi
Índice	vii
Resumen ejecutivo	xvi
Executivesummary	xviii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	1
1.1.1	Antecedentes históricos	1
1.1.2	Antecedentes científicos	2
1.1.3	Antecedentes prácticos	2
1.1.4	Importancia del estudio	3
1.1.5	Situación actual del tema de investigación	4
1.2	Limitaciones del estudios	4
1.3	Alcance del trabajo	4
1.4	Objetivos del estudio	5
1.4.1	Objetivo general.	5
1.4.2	Objetivos específicos	5
1.5	Justificación	5
15.1	Impacto teórico	5
1.5.2	Impacto metodológico	6
15.3	Impacto práctico	6
1.6	Hipótesis	6

1.6.1	Hipótesis alternativa	6
1.6.2	Hipótesis nula	6
1.7	Aspectos metodológicos del estudio	7
1.8	Población y muestra	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Guayusa	8
2.1.1	Generalidades de la guayusa	8
2.1.2	Taxonomía	8
2.1.3	Características de la planta	9
2.1.4	Datos ambientales	9
2.1.5	Cultivo	9
2.1.6	Datos ecológicos de la guayusa	10
2.2	Estudios de la composición química de la guayusa	11
2.2.1	Componentes químicos de la guayusa	11
2.2.2	Estudio fotoquímico de la guayusa	11
2.3	Usos de la guayusa desde la cultura indígena de la Amazonía.	13
2.3.1	Propiedades medicinales	13
2.4	Bebidas	14
2.4.1	Generalidades.	14
2.4.2	Métodos para la elaboración de bebidas	15
2.4.2.1	Extractos	15
2.4.2.2	Infusiones	15
2.5	Parámetros de control para la elaboración de infusiones bebibles	17
2.5.1	Propiedades físicas y químicas	17
2.5.2	Parámetros organolépticos	17
2.6	Teoría del secado de las plantas medicinales y aromáticas.	18
2.6.1	Generalidades	18
2.6.2	Tipos de secado	20

2.6.2.1	Secado natural	20
2.6.2.2	Secado artificial mecánico	22
2.6.3	Estática del secado	22
2.6.4	Humedad	23
2.6.4.1	Humedad de equilibrio	23
2.6.5	Cinética del secado	23
2.6.5.1	Periodo de secado	23
2.6.5.2	Mecanismo de secado	24
2.7	Plantas medicinales	24
2.7.1	Generalidades	24
2.8	Balance de materia y energía	26
2.9	Transmisión de calor	26
2.10	Secado	27
2.10.1	Velocidad de secado	27
2.11	Métodos de secado de las hojas de guayusa.	28
2.12	Diseño experimental	28

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1	Aspectos metodológicos del estudio.	29
3.1.1	Ubicación	29
3.1.2	Diseño o tipo de investigación	29
3.1.2. 1	Descriptiva	29
3.1.2.2	Experimental	29
3.1.2.3	No observacional	29
3.2	Métodos de investigación	30
3.2.1	Observación científica	30
3.2.2	Método de análisis	30
3.2.3	método estadístico	30
3.2.4	Método de síntesis	30
3.3	Fuentes y técnicas de investigación	31

3.3.1	Fuentes primarias	31
3.3.2	Fuentes secundarias	31
3.4	Condiciones de prueba. Variables	31
3.4.1	Variables independientes (laboratorio, secado mecánico)	31
3.4.2	Variables dependientes (laboratorio)	31
3.5	Factores de estudio	32
3.5.1	Factores de estudio del secado	32
3.6	Materiales y equipos utilizados en los procesos de secado de la hoja de guayusa, análisis bromatológicos y obtención de la infusión bebible	32
3.6.1	Materiales	32
3.6.2	Equipos	33
3.6.3	Materia Prima	33
3.6.4	Reactivos	33
3.7	Obtención del té de Guayusa a nivel de laboratorio.	34
3.7.1	Proceso de deshidratación de la guayusa.	34
3.7.2	Diagrama de flujo cualitativo para la elaboración de té de guayusa	34
3.7.3	Descripción del diagrama de flujo	35
3.7.3.1	Recepción	35
3.7.3.2	Pesado	35
3.7.3.3	Secado	35
3.7.3.4	Molido	35
3.7.3.5	Tamizado	35
3.7.3.6	Llenado	36
3.7.3.7	Producto final	36
3.8	Diseño experimental del secado de la hoja de guayusa para determinar la mejor temperatura y tiempo de deshidratación	36
3.8.1	Contenido de ceniza de acuerdo al tiempo y temperatura de secado con tres repeticiones	36
3.8.1.1	Adeva para la evaluación de ceniza en el secado de la hoja de guayusa	36
3.8.1.2	Promedios y pruebas de significación para los tratamientos en la	

	Evaluación de ceniza en el secado de la hoja de guayusa.	37
3.8.2	Contenido de proteína de acuerdo al tiempo y temperatura de secado	37
3.8.2.1	Adeva para la evaluación de proteína en el secado de la hoja de guayusa	38
3.8.2.2	Promedios y pruebas de significación para los tratamientos en la Evaluación de proteína en el secado de la hoja de guayusa	38
3.8.3	Contenido de grasa de acuerdo al tiempo y temperatura de secado.	39
3.8.3.1	Adeva para la evaluación de grasa en el secado de la hoja de guayusa	39
3.8.3.2	Promedios y pruebas de significación para los tratamientos en la Evaluación de grasa en el secado de la hoja de guayusa	40
3.8.4	Contenido de fibra de acuerdo al tiempo y temperatura de secado.	40
3.8.4.1	Adeva para la evaluación de fibra en el secado de la hoja de guayusa	41
3.8.4.2	Promedios y pruebas de significación para los tratamientos en la Evaluación de fibra en el secado de la hoja de guayusa	41
3.8.5	Contenido de carbohidratos de acuerdo al tiempo y temperatura desecado	42
3.8.5.1	Adeva para la evaluación de carbohidratos en el secado de la hoja de guayusa	42
3.8.5.2	Promedios y pruebas de significación para los tratamientos en la Evaluación de carbohidratos en el secado de la hoja de guayusa	43
3.9	Evaluación de la mejor temperatura y tiempo de secado de la hoja de guayusa.	43
3.10	Análisis organoléptico	43
3.10.1	Variable: Color.	44
3.10.2	Variable: Aroma.	46
3.10.3	Variable: Sabor.	47
3.10.4	Variable: Aceptabilidad.	49
3.11	Proceso de elaboración de infusiones bebibles de guayusa.	50

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1	Diagrama de flujo cuantitativo para la obtención del té de guayusa A nivel de laboratorio.	51
4.2	Diagrama de flujo cuantitativo para la obtención del té de guayusa A nivel piloto.	52
4.3	Balance de materia a nivel piloto del proceso en el secado de las Hojas de guayusa	53
4.4	Balance de energía a nivel de Laboratorio para la obtención del té De guayusa a 60 ° C.	58
4.4.1	Balance de energía del secado en la estufa a 60 °C	59
4.4.1.1	Calor de las paredes verticales frontal posterior	60
4.4.1.2	Cálculo del calor de las paredes verticales laterales	62
4.4.1.3	Cálculo del calor de las paredes horizontales	65
4.4.1.4	Cálculo del calor de la fuente de energía	68
4.4.1.5	Calor Práctico del producto	68
4.4.1.6	Cálculo teórico del producto	68
4.4.1.7	Porcentaje de eficiencia del secador	70
4.4.1.8	Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor	70
4.4.1.9	Determinación del área de transferencia del equipo a nivel piloto	71
4.5	Curva de secado	73
4.5.1	Perdida de humedad	75
4.5.2	Contenido de humedad	75
4.5.3	Velocidad de secado	76
4.5.4	Tiempo teórico de secado	77
4.6	Rendimiento	78
4.6.1	Rendimiento del té de guayusa.	78
4.7	Dimensionamiento del equipo.	79
4.7.1	Dimensionamiento del secador de guayusa.	79
4.7.2	Dimensionamiento de las bandejas	80
4.8	Costos	83

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	84
5.2	Recomendaciones	86
BIBLIOGRAFÍA		87
ANEXOS		90

ÍNDICE DEL DISEÑO DE EQUIPOS

1	Diseño del secador a nivel piloto vista frontal	81
2	Diseño de la estructura y funcionamiento del secador	82

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico N° 1	Hojas de guayusa	8
Gráfico N° 2	Secado natural.	20
Gráfico N° 3	Diagrama de flujo del secado de la guayusa.	34
Gráfico N° 4	Media de rangos del atributo color	45
Gráfico N° 5	Media de rangos del atributo aroma	47
Gráfico N° 6	Media de rangos del atributo sabor	48
Gráfico N° 7	Media de rangos de aceptabilidad	50
Gráfico N° 8	Secador	58
Gráfico N° 9	Secador del laboratorio	59
Gráfico N° 10	Curva de secado de las hojas de guayusa.	77
Gráfico N° 11	Curva de secado de las hojas de guayusa.	78

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. Temperaturas y tiempos de secado de las hojas de guayusa	35
Cuadro N° 2. Contenido de ceniza de acuerdo al tiempo y °T de secado	36
Cuadro N° 3. Adeva para la evaluación de ceniza en el secado de la guayusa	36
Cuadro N° 4. Promedios y pruebas de significación para los tratamientos	
En la evaluación de ceniza en el secado de la hoja de guayusa	37
Cuadro N° 5. Contenido de proteína de acuerdo al tiempo y °T de secado	37
Cuadro N° 6. Adeva para la evaluación de proteína en el secado de la guayusa	38
Cuadro N° 7. Promedios y pruebas de significación para los tratamientos	
En la evaluación de proteína en el secado de la hoja de guayusa	38
Cuadro N° 8. Contenido de grasa de acuerdo al tiempo y °T de secado	39
Cuadro N° 9. Adeva para la evaluación de grasa en el secado de la guayusa	39
Cuadro N° 10. Promedios y pruebas de significación para los tratamientos	
En la evaluación de grasa en el secado de la hoja de guayusa	40
Cuadro N° 11. Contenido de fibra de acuerdo al tiempo y °T de secado	40
Cuadro N° 12. Adeva para la evaluación de fibra en el secado de la guayusa	41
Cuadro N° 13. Promedios y pruebas de significación para los tratamientos	
En la evaluación de fibra en el secado de la hoja de guayusa	41
Cuadro N° 14. Contenido de carbohidratos de acuerdo al tiempo y °T de secado	42
Cuadro N° 15. Adeva para la evaluación de carbohidratos en el secado	42
Cuadro N° 16. Promedios y pruebas de significación para los tratamientos	
En la evaluación de carbohidratos en el secado de la guayusa	43
Cuadro N° 17. Especificación de de tratamientos. Variable color.	44
Cuadro N° 18. Calificación de infusión de guayusa de la característica color.	44
Cuadro N° 19. Rangos de infusión de guayusa de la característica color.	45
Cuadro N° 20. Calificación de infusión de guayusa de la característica aroma.	46
Cuadro N° 21. Rangos de infusión de guayusa de la característica aroma.	46
Cuadro N° 22. Calificación de infusión de guayusa de la característica sabor.	47
Cuadro N° 23. Rangos de infusión de guayusa de la característica sabor.	48
Cuadro N° 24. Calificación de infusión de guayusa sobre la aceptabilidad.	49
Cuadro N° 25. Rangos de cinco muestras de guayusa sobre la aceptabilidad.	49

Cuadro N° 26 Datos técnicos de la estufa para el secado	58
Cuadro N° 27 Datos experimentales para la curva de secado (60° C)	73
Cuadro N° 28 Perdida de humedad (XT)	75
Cuadro N° 29 Velocidad de secado	76
Cuadro N° 30 Rendimiento del té de guayusa.	78
Cuadro N° 31 Costos de producción del té de guayusa.	83

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	Determinación de humedad.	91
ANEXO 2	Determinación de proteína.	92
ANEXO 3	Determinación de fibra.	94
ANEXO 4	Determinación de cenizas.	95
ANEXO 5	Hoja de evaluación sensorial	96
ANEXO 6	Proceso de elaboración del té de guayusa	98
ANEXO 7	Análisis bromatológicos de la hoja de guayusa	102
ANEXO 8	Análisis sensorial	107

RESUMEN EJECUTIVO

Actualmente se debe tomar en cuenta el potencial que tiene las plantas medicinales de la amazonia ecuatoriana, las mismas que son llevadas a países extranjeros para ser procesadas y luego vendidas a nuestro país. La provincia de Sucumbíos es gran productora y exportadora de materias primas que salen de su territorio sin que se les pueda dar un valor agregado. Por lo tanto, esta investigación quiere poner las bases para que se dé el aprovechamiento y la industrialización de la hoja de guayusa, mediante procesos de deshidratación determinando las mejores condiciones de temperatura, tiempo y método de secado, y así obtener una infusión bebible con características bromatológicas y organolépticas aceptables. La hoja de guayusa, es consumida habitualmente en los hogares de la población indígena, por medio de infusiones bebibles, utilizando las hojas frescas recién recolectadas, son ingeridas en horas de la mañana, antes de comenzar las labores cotidianas de trabajo porque según las creencias de los indígenas esta planta da fuerzas, ahuyenta a los animales de la montaña que atacan al hombre, es utilizada de forma medicinal para curar diversas enfermedades y es considerada como una planta sagrada.

Esta investigación empezó con la adquisición de la materia prima en las comunidades indígenas de la provincia de Sucumbíos porque son los que consumen esta planta. Se utilizó el diseño completo al azar (D.C.A), con tres repeticiones por tratamiento, cada tratamiento estuvo constituido por Temperaturas de secado: T1 60°C; T2 70°C; T3 80°C; T4 secado al ambiente y T5 Secado solar.

Los tratamientos fueron cinco con tres repeticiones, dando un total de quince tratamientos. Las variables evaluadas fueron: grasa, cenizas, humedad, carbohidratos, proteína y fibra.

La parte experimental de esta investigación fue desarrollada en el laboratorio de química de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Campus Arturo Ruíz Mora, en el experimento se emplearon dos métodos de secado: secado en estufa a 60 °C, 70°C y

80°C; y secado tradicional usando el secado solar y secado a temperatura ambiente, cada temperatura de secado tiene su respectivo tiempo de secado. Para determinar si estos parámetros afectan en la conservación de las características organolépticas en el producto final.

La segunda fase de la investigación fue el análisis organoléptico para determinar la aceptabilidad de la infusión de guayusa, ésta se realizó en el Instituto Crecermás de la provincia de Sucumbíos, usando 6 gramos de guayusa en polvo por litro de agua, los parámetros analizados con diez catadores fueron: color, olor, sabor y aceptabilidad.

Se determinó que el mejor tratamiento para la obtención del té de guayusa de calidad es secar las hojas a 60°C por el tiempo de 5 horas, y para no alterar las características organolépticas de la guayusa, el mejor método de secado de las hojas, es la deshidratación a temperatura ambiente bajo sombra, es decir, a 27°C en un rango de tiempo de 10 días.

EXECUTIVE SUMMARY

Currently must take into account the potential medicinal plants of the Ecuadorian Amazon, they are taken to foreign countries to be processed and then sold to our country. Sucumbíos province is a major producer and exporter of raw materials coming out of its territory without being able to add value. Therefore, this research wants to lay the groundwork for there to be the exploitation and industrialization of guayusa sheet by dehydration processes determining the best conditions of temperature, time and drying method, and get an infusion beverage with characteristics bromatological and organoleptic acceptable. Guayusa leaf is consumed regularly in the homes of the indigenous population, by infusions drinkable, using freshly harvested leaves are eaten in the morning before starting work every day operations because according to the beliefs of Indians this plant gives strength, repels the mountain animals attack humans, is used medicinally to cure so many diseases and is considered a holy plant.

This research began with the acquisition of raw materials in indigenous communities in the province of Sucumbíos because they are consuming this plant. We used the completely randomized design (CRD) with three replicates per treatment, each treatment consisted of drying temperatures: 60 ° C T1, T2 70 ° C 80 ° C T3 and T4 and T5 drying Solar drying environment.

The treatments were five with three replicates, giving a total of fifteen treatments. The variables evaluated were: fat, ash, moisture, carbohydrate, protein and fiber.

The experimental part of this research was developed in the laboratory of chemistry at the University of Technology Equator, Campus Arturo Ruiz Mora, in the experiment used two drying methods: drying in an oven at 60 ° C, 70 ° C and 80 ° C, and traditional drying using solar drying and drying at room temperature, each drying temperature has its respective drying time. To determine whether these parameters affect the conservation of the organoleptic characteristics in the final product.

The second phase of the investigation was the organoleptic analysis to determine the

acceptability of guayusa infusion; it was held at the Institute Crecermás Sucumbíos province, guayusa using 6 grams of powder per liter of water, the parameters analyzed ten tasters were: color, smell, taste and acceptability.

It was determined that the best treatment for obtaining quality guayusa tea leaves are dried at 60 ° C for 5 hours time, and not to alter the organoleptic characteristics of guayusa, the best method of drying the leaves, is dehydration at room temperature in the shade, ie at 27 ° C in a time range of 10 days.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.

1.1.1 Antecedentes históricos.

Las plantas medicinales, pueden llegar a ser procesadas y almacenadas de diversas formas como: extractos líquidos, bebidas, y últimamente como cápsulas concentradas. Dichas plantas, deben pasar por un proceso eficaz de secado, para poder alcanzar el porcentaje de humedad requerido, tanto para el almacenamiento, como para el transporte. Por lo tanto, si se realiza una adecuada deshidratación, se mantienen tanto el aroma como el sabor de la hoja de guayusa.

Mezclas de plantas aromáticas, producen bebidas refrescantes (infusiones), que se pueden beber calientes o frías. Para su elaboración se puede hacer uso de las hojas, flores y frutos. Las infusiones se han empleado a lo largo de los siglos por sus propiedades medicinales, se les atribuyen propiedades diuréticas, energizantes, anti-estrés, tónicas cerebrales, digestivas, etc., dependiendo de la(s) especie(s) vegetal(es) o tejido que sea utilizado para la elaboración de la infusión.

Se estima que en Ecuador son conocidas aproximadamente 500 especies de plantas medicinales¹, las cuales son comercializadas como producto fresco, seco, extracto pulverizado o como aceites esenciales.

La Amazonía Ecuatoriana, es una de las áreas con mayor biodiversidad del planeta, y por su enorme variedad de plantas, se convierte en una fuente de investigación y de interés permanente, especialmente para el desarrollo de materias primas del mercado farmacéutico, cosmético y alimentario. Al interés comercial, se unen también el

¹ GUEVARA, A., Bebidas Carbonatadas, Departamento Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios. 2002, Universidad Nacional Agraria La Molina. : Lima Perú.

científico y el antropológico, sobre todo, cuando se trata de recuperar una de las plantas sagradas de las nacionalidades indígenas que habitan en la región amazónica ecuatoriana, conocida con el nombre vernáculo de guayusa (*Ilex guayusa*), y que es utilizada tradicionalmente por los indígenas en forma de infusión.²

En Ecuador, la guayusa está presente en las provincias de Sucumbíos, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. A nivel mundial, el género *Ilex* está presente en las regiones tropicales y subtropicales del continente americano e incluso en Oceanía, y se calcula que posee más de 500 especies.

1.1.2 Antecedentes científicos.

Es fundamental aclarar que el conocimiento fotoquímico de la guayusa es limitado³, y la literatura científica escasa, razón por la cual, es necesaria una profunda investigación científica, con el fin de evaluar su actividad biológica o farmacéutica y los posibles usos comerciales.

Actualmente, los pocos informes fotoquímicos de esta planta, solo nos revelan datos de su contenido en cafeína, así como la presencia de triterpenos y ácidos clorogénicos; por lo que aún no se pueden explicar todas las propiedades curativas que la tradición popular le atribuye.

1.1.3 Antecedentes prácticos.

La presente investigación consiste en secar las hojas de guayusa, usando dos tipos diferentes de secado: el secado mecánico en una estufa a diferentes temperaturas y el

² Acosta-Solís, M. 1972. Guayusa, planta medicinal del Oriente ecuatoriano. Publicación Miscelánea (Quito) 302: 1-8.

³ Rosero Gordón, A.L. 2006-2007. Desarrollo y validación de un método analítico por cromatografía líquida de alta resolución para la cuantificación de cafeína de un extracto hidro-alcohólico de *Ilex guayusa*. Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador.

secado tradicional mediante la acción de una marquesina solar y a temperatura ambiente, para determinar los parámetros de tiempo y temperatura óptima de secado en el que se conservan los componentes bromatológicos de la guayusa. Además se elabora una infusión bebible con las hojas secas de los diferentes tratamientos, con el fin de evaluar las características organolépticas de la bebida.

1.1.4 Importancia del Estudio.

El estudio se desarrolla en la provincia de Sucumbíos, gran productora y exportadora de materias primas que salen de su territorio sin que se les pueda dar un valor agregado. La importancia de esta investigación, es poner las bases para que se dé el aprovechamiento y la industrialización de la hoja de guayusa, mediante dos procesos de deshidratación (secado mecánico y secado tradicional) determinando las mejores condiciones de temperatura, tiempo y método de secado, y así obtener una infusión bebible con características bromatológicas y organolépticas aceptables.

Esta investigación ofrece una gran alternativa de estudio para la industrialización de grandes cantidades y variedades de plantas medicinales existentes en la provincia, pudiendo ser una fuente sustancial de generación de recursos económicos y empleo, debido a la gran producción existente en el campo, y favoreciendo así el crecimiento y desarrollo de la provincia. Por lo tanto este proyecto no hay que considerarlo como una simple investigación, sino como un manual que serviría de guía y empuje para todos los y las estudiantes de escuelas afines a la agroindustria.

Además de todo lo expuesto, y teniendo en cuenta la importancia y el significado que esta planta tiene en la cultura indígena, las formas de consumirla, y los ritos espirituales que se dan a partir de ella, se pretende, con este trabajo, colaborar en el rescate de costumbres e incentivar a las nuevas generaciones, a mantener aquellos valores culturales y tradicionales que día a día con las nuevas innovaciones, se van perdiendo.

1.1.5 Situación actual del tema de investigación.

En la provincia de Sucumbíos, las hojas de esta apreciada planta, son consumidas habitualmente en los hogares de la población indígenas, por medio de infusiones bebibles, utilizando las hojas frescas, recién recolectadas, que son ingeridas en horas de la mañana, alrededor de las cuatro, antes de comenzar las labores cotidianas de trabajo. La guayusa, además de ser utilizada de forma medicinal para curar diversas enfermedades, es considerada como una planta sagrada por las familias indígenas.

A nivel industrial, en Sucumbíos, esta planta "*Ilex guayusa*", no ha sido sometida a procesos de transformación y conservación, debido a la falta de recursos técnicos y de estudios especializados, a pesar de eso, científicamente, la guayusa forma parte de los grandes grupos de plantas medicinales, utilizadas a nivel mundial⁴. Posee características medicinales bien definidas, ofrece un valor nutritivo y un elevado suplemento energético natural, razones que han hecho de ella una sustancia tan apreciada. A pesar de ello, no es mucha la literatura científica que existe al respecto de esta planta amazónica.

1.2 limitaciones del estudio.

Una de las limitaciones al realizar este estudio, es la escasa información bibliográfica de la guayusa, sin embargo, esta investigación se desarrolló sin mayor dificultad, debido a la disponibilidad de la materia prima y los medios adecuados para su ejecución.

1.3 Alcance del trabajo.

El objetivo general de esta investigación es determinar la temperatura, tiempo y método óptimo de secado de la hoja de guayusa, para elaborar una infusión bebible con características bromatológicas y organolépticas aceptables.

⁴ www.corpei.org

1.4 Objetivos del estudio.

1.4.1 Objetivo general.

Determinar la temperatura y tiempo de secado de la hoja de guayusa “*Ilex guayusa*”, mediante dos métodos, para obtener una infusión bebible con características bromatológicas y organolépticas aceptables.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Determinar la temperatura y tiempo óptimo de deshidratación de la hoja de guayusa.
- Determinar el mejor método de deshidratación de la hoja de guayusa para elaborar una infusión bebible con características bromatológicas y organolépticas aceptables.
- Comprobar la aceptabilidad de la infusión bebible, mediante pruebas de degustación.
- Evaluar las características organolépticas de la infusión bebible.
- Realizar un balance de materia, para conocer el rendimiento del producto.

1.5 Justificación.

1.5.1 Impacto Teórico.

La presente investigación, está fundamentada bajo la ciencia de los alimentos, y se caracteriza por emplear procesos de deshidratación controlando los parámetros de temperatura y tiempo de secado, en función de la conservación de los componentes bromatológicos de la hoja de guayusa, obteniendo así una infusión bebible de calidad que se comercialice a través de la industria alimentaria.

1.5.2 Impacto metodológico.

Con la finalidad de lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos, se debió recurrir a las técnicas de laboratorio, para el análisis de las propiedades bromatológicas de las hojas de guayusa secas, y mediante la ayuda de la estadística y diseño experimental, se pudieron determinar los mejores resultados en cuanto a condiciones de deshidratado y características bromatológicas y organolépticas se refiere.

1.5.3 Impacto práctico.

La elaboración de infusión bebible a partir de hojas de guayusa, expondrá una nueva alternativa en cuanto a su uso, además, la aplicación o control en procesos como la deshidratación, crea una nueva opción para mejorar y conservar las características bromatológicas y organolépticas, y lanzar al mercado un producto innovador y de calidad.

1.6 Hipótesis.

1.6.1 Hipótesis alternativa.

La temperatura y el tiempo de secado, estará influenciando en las características bromatológicas y organolépticas de la hoja de guayusa.

1.6.2 Hipótesis nula.

La temperatura y tiempo de secado, no estará influyendo en las características bromatológicas y organolépticas de la hoja de guayusa.

1.7 Aspectos metodológicos del estudio.

La presente investigación es de tipo experimental, no observacional-relacional, porque probará la relación causa-efecto entre las variables en juego, y donde dichas variables expuestas se modifican, con el fin de llegar a ver resultados.

1.8 Población y muestra.

La población elegida para realizar el análisis sensorial de la infusión bebible de guayusa, está compuesta por un grupo de diez personas entre estudiantes y profesores de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Campus Arturo Ruiz Mora Santo Domingo, paralelo "L" en Lago Agrio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.

Gráfico N° 1. Hojas de Guayusa



Fuente: www.cosmovisionandina.org

Elaborado por: Chuquirima Gladys/2011

2.1 Guayusa.

2.1.1 Generalidades de la guayusa.

Nombre científico: *Ilex guayusa*.

Nombre común: Guayusa.

2.1.2 Taxonomía.

- **Reino:** Plantae.
- **Familia:** Aquifoliaceae.
- **División:** Magnoliophyta.
- **Género:** *Ilex*.
- **Clase:** Magnoliopsida.
- **Orden:** Aquifoliales.
- **Especie:** *Ilex guayusa*.

- **Originaria:**Cuenca Amazónica.
- **Hábitat:**Se encuentra en bosques y cerca de ríos de la Cuenca Amazónica.
- **Parte medicinal utilizada:**Sus hojas.

2.1.3 Características de la planta.

- **Tipo de planta:** Árbol de gran tamaño y muy ramificado cuyo tronco llega a medir hasta un metro de diámetro.
- **Hojas:**Miden hasta 15 cm. de longitud por 7 cm de ancho y son: coriáceas, dentadas, glabras, enteras, elípticas.
- **Flores:** Sus peciolos son cortos, hasta un centímetro de largo. Cáliz persistente, hasta cinco lóbulos y una corola de pétalos obtusos.
- **Fruto:** Es globuloso y presenta de 4 a 6 celdillas.

2.1.4 Datos ambientales.

- **Clima:** Zonas tropicales, con temperatura media anual de 23 a 26,5°C, mínima media anual entre 20 y 26°C; humedad relativa de 80 a 90%; y precipitación pluvial media anual de 2.500 mm.
- **Suelo:** Se desarrolla generalmente en suelos areno-arcillosos bien drenados, y arcillosos con abundante materia orgánica.
- **Biotopo de poblaciones naturales:** Crece en suelos de altura e inundables anualmente, bosque primario, cerca de cuerpos de agua y a campo abierto, en chacras nuevas y áreas de pastoreo.
- Es susceptible a inundaciones. Las especies con las que comparte su hábitat son: guayaba, poma rosa, gramalote, uvilla, maíz, yuca.

2.1.5 Cultivo.

Época de siembra: Durante todo el año.

Espaciamiento: Se recomienda un distanciamiento de un metro por un metro y 0,5 metros por un metro.

Labores de cultivo: Se deben realizar limpiezas esporádicas, así como abonar la planta con materia orgánica.

Enemigos naturales: Hormigas, pulgones, coleópteros y hongos.

Propuesta de asociación de cultivos: La guayusa puede ocupar el estrato bajo de un sistema de producción de palmeras o frutales como caimito, arazá.

En sistema no intensivo, puede compartir el estrato bajo con especies alimenticias temporales, como arroz, yuca, plátano, etc., o con plantas medicinales, tales como orégano, albahaca y hierba luisa.

Propagación: Por semilla botánica, estacas y esquejes.

2.1.6 Datos ecológicos de la guayusa.

El género *Ilex* está presente en las regiones tropicales y subtropicales del continente americano e incluso en Oceanía, se calcula que posee más de 500 especies. La guayusa no está relacionada con la planta *Camelliasinensis*, el padre de té blanco, verde, bolongo y negro. La guayusa es endémica de las regiones del Alto Amazonas de Ecuador, Perú y Colombia⁵, se estima que más del 90% de los árboles de guayusa en el mundo se encuentran en el Ecuador.

De acuerdo a los registros del Herbario de Loja, la guayusa está presente en las provincias de Sucumbíos, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe; sin embargo también registran individuos en las provincias de Pichincha y Tungurahua. La distribución de la especie en cuanto a la altura, va desde el nivel del mar hasta los 1.500 msnm.

⁵Jorgensen, P.M. y S. León-Yáñez (Eds.) 1999. Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador. Monographs in Systematic Botany from The Missouri Botanical Garden 75: 1-1181.

2.2 Estudios de la composición química de la guayusa.

2.2.1 Componentes químicos de la guayusa⁶.

A nivel de laboratorio, en la Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química, se determinaron los principales constituyentes de la "*Ilex guayusa*", como una actividad contemplada en la elaboración de guayusa soluble.

Se determinó que los principales componentes son:

- Agua.
- Tanino.
- Cafeína.
- Carbohidratos.
- Fibra.
- Cenizas.
- Aceites esenciales.
- Proteína.

2.2.2 Estudio fotoquímico de la guayusa.⁷

La Guayusa contiene un 50% más de antioxidantes que el té verde, contiene también polifenoles, flavonoides y saponinas. Estos compuestos en la guayusa ofrecen una gama de beneficios para la salud integral, tanto del sistema nervioso como para la salud cardiovascular.

Polifenoles: Estudios recientes realizados en los laboratorios de Estados Unidos, han confirmado que una taza de guayusa tiene 30% polifenoles más que una taza de té verde. Los estudios científicos han confirmado la capacidad de los polifenoles para estimular el sistema inmunológico, promover la salud del corazón, y son anti-inflamatorios y anti-tumorales.

⁶Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

⁷<http://prosperoyance.blogspot.com/2008/09/ficha-tecnica-de-la-guayusa.html>

Saponinas: Estudios han demostrado sus efectos beneficiosos sobre los niveles de colesterol en la sangre, cáncer, salud de los huesos y la estimulación del sistema inmune.

L-teanina: Compuesto de aminoácidos que ha sido estudiado por sus efectos calmantes sobre el sistema nervioso, y por su capacidad para proteger y restaurar el cerebro
Identificación de metabolitos fitoconstituyentes presentes en la planta de guayusa.

- Taninos derivados del catenol.
- Esteroides.
- Quinonas.
- Alcaloides tipo cafeína.
- Saponinas.
- Flavonoides.
- Aceites esenciales.
- Triterpenos.

Taninos: La temperatura de extracción, debe estar siempre por debajo del punto de ebullición (normalmente a 60 ó 82°C), para evitar que los taninos se precipiten y se oscurezcan.

- Piperitina.
- Chavicina.
- Jamborandina.
- Pirrolina.
- Mirceno.
- Safrole.
- Citral.
- Meticina.

2.3 Usos de la guayusa desde la cultura indígena de la Amazonía⁸.

Planta cuyas hojas son consideradas estimulantes y medicinales, usadas por los shuaras, mal llamados Jíbaros de la Alta Amazonia desde tiempos inmemoriales. Estos indígenas toman diariamente la tisana de guayusa como emético (vomitivo) para la limpieza del estómago, en un ritual de profundo significado. Numerosas tribus de la Amazonia peruano-ecuatoriana practican este ritual diariamente.

2.3.1 Propiedades medicinales.

La planta de la guayusa, tiene las siguientes propiedades medicinales:

- Estimulante nervioso y muscular.
- Digestivo.
- Expectorante.
- Hipoglucémico.
- Energizante.

En la cosmovisión indígena, el ritual tiene un significado de purificación, inducción de “pequeños sueños”, para adivinar si la expedición de caza será exitosa y también se consume como bebida de “buen presagio”. Es por esta razón, por la que en los rituales es consumida en concentraciones altas, para soñar y poder ver el futuro, destacándose que el empleo tradicional de la guayusa entre las nacionalidades indígenas de la Amazonía ecuatoriana es muy antiguo.

Las nacionalidades achuar, shuar y kichwas en la región Amazónica, se han acostumbrado, y aún lo practican, a tomar infusión de guayusa antes de salir a sus expediciones de cacería o de pesca.

⁸ Correa y Bernal (1989) “Datos etnobotánica y etnomédica de la guayusa”

La bebida hecha a partir de hojas verdes o frescas de forma concentrada, tiene un color verde y produce vómito si se toma en grandes cantidades, esta cualidad de la planta permite limpiar el estómago y las toxinas que produce la ingestión de la carne.

También se usa en las mujeres que tuvieron un alumbramiento. A los tres días del parto se las baña con agua de guayusa y se les ofrece como bebida para evitar infecciones en su sistema reproductivo.

Uno de los mayores méritos de esta planta, es la ayuda que presta para solucionar problemas de fertilidad en las mujeres.

2.4 Bebidas.

2.4.1 Generalidades.

Las bebidas son alimentos que se distinguen de otros, por dos características principales: primero, son líquidas o son consumidas en estado líquido y segundo, son generalmente usadas para calmar la sed.

Los mayores grupos de bebidas que tienen estas características son los jugos de frutas, néctares y bebidas refrescantes, que se pueden clasificar a su vez en:

- Bebidas refrescantes de zumos de frutas: además de jugo de fruta, en mayor o menor proporción, pueden contener aromas naturales y ácidos orgánicos; también suelen contener aditivos autorizados como colorantes y conservantes.
- Bebidas refrescantes de extractos: se obtienen a base de agua con extractos y aromas naturales.
- Bebidas refrescantes aromatizadas: obtenidas básicamente con agua, agentes edulcorantes calóricos o no, agentes aromatizantes y ácidos.
- Bebidas refrescantes gaseosas: formuladas básicamente por agua, edulcorantes, colorantes autorizados y CO₂.

2.4.2 Métodos para la elaboración de bebidas.

2.4.2.1 Extractos.

Los extractos, son preparaciones concentradas de consistencia líquida, sólida o intermedia, obtenidos por agotamiento en frío o caliente, de productos de origen animal o vegetal, con disolventes permitidos, los cuales, posteriormente, podrían ser eliminados o no. Para algunas preparaciones, la materia a extraer, puede requerir un tratamiento previo, por ejemplo trituración. Los extractos son preparados por maceración o percolación.

2.4.2.2 Infusiones.

Las infusiones, son preparaciones líquidas que se elaboran por medio de la extracción de sustancias vegetales con agua fría o caliente. Para su obtención, se vierte sobre las especies vegetales agua hirviendo y se deja asentar la mixtura en un recipiente cerrado hasta que se enfría, luego se filtra.

El té, es conocido actualmente como la segunda bebida más consumida del mundo después del agua, esto no solo debido a sus deliciosos sabores y presentaciones, sino también, por la gran cantidad de propiedades saludables que esta bebida posee; cabe mencionar, que gran parte de este apogeo, también se debe a los diversos tipos de té desarrollados, los cuales se muestran hoy en día, no solo como una muy buena manera de mantener nuestra salud, sino a su vez, como un excelente complemento para cualquier tipo de dieta. Existen más de 200 variedades de té, pero podemos clasificarlas en cuatro grandes grupos:⁹

1º. Té rojo: Es denominado hoy en día como el “quemador de grasas”, su procedencia es de la ciudad de Kunming, en Yemem. Dentro de sus principales propiedades, posee la capacidad de aumentar el proceso de combustión de grasas, lo cual le ha abierto un

⁹<http://www.alimentosargentinos.gov.ar>

campo importante en las dietas de las personas, especialmente entre aquellas que poseen problemas de sobrepeso. Por otra parte, éste, también posee otras cualidades como la de ser un excelente desintoxicante, favorecer el proceso metabólico y disminuir los niveles de colesterol maligno, contribuyendo así a evitar la aparición de problemas circulatorios y cardiovasculares.

2°. Té blanco: Es considerado como el segundo té más saludable existente, esto debido en gran parte a su enorme cantidad de antioxidantes, lo cual es una muy buena propiedad para todas aquellas personas que se preocupan tanto por su buen desarrollo fisiológico, como estético, pues este elemento contribuye a mantener una piel limpia, sana y principalmente joven. También tiene la capacidad de disminuir la fatiga mental, así como el colesterol maligno, mostrándose como un buen aliado contra las enfermedades cardiovasculares; previene el cáncer, aporta vitaminas C y E, fortalece el cabello, estimula las defensas, es bueno para la menopausia y disminuye niveles de azúcar en la sangre.

3°. Té verde: Este tipo de té, aunque no posee un muy buen sabor, es considerado como el más saludable entre los cuatro tipos existentes, pues a pesar de ser un poco amargo, esconde dentro de este sabor, impresionantes propiedades diuréticas y antioxidantes. Dentro de sus principales acciones fisiológicas, se destacan algunas como favorecer la circulación, estimular el sistema inmunológico y sobretodo, ser un fuerte aliado para evitar la aparición de algunos tipos de cáncer como el de páncreas, estómago y colon.

4°. Té negro: Es el más utilizado en Occidente, posee mayores propiedades aromáticas que el resto de los tipos de té, también posee antioxidantes y flúor, lo cual lo convierte en una excelente opción para cualquier tipo de dieta, la principal acción que posee este té, es la de aumentar la capacidad para eliminar el líquido retenido o el exceso del mismo.

2.5 Parámetros de control para la elaboración de infusiones bebibles.

2.5.1 Propiedades físicas y químicas.

- **Humedad, a 100-105°C: Máximo: 6,0%.** Método de ensayo. Norma IRAM 20603.
- **Cenizas totales (m/m): máximo 8% y mínimo 4%.** Método de ensayo. Norma IRAM 20605 a 500-550°C. Método AOAC producto seco. Cenizas solubles en agua de las cenizas totales: mínimo 45% (m/m). Método de ensayo. Norma IRAM 20606.
- **Fibra cruda: máximo: 16,5% (m/m).** Método de ensayo. Norma ISO 5498 ó Norma IRAM 20611. Alcalinidad de las cenizas solubles en agua (como KOH): máximo 3,0% (m/m), mínimo 1,0% (m/m). Método de ensayo. Norma IRAM 20608.
- **Polifenoles** totales: mínimo 12% (m/m). Método de ensayo. Norma ISO 14502
- **Extracto acuoso.** Método AOAC s/producto seco, Mín: 28%.
- **Cafeína.** Método de Cortés s/producto seco, Mín: 1,6%.
- **Tanino.** Método AOAC s/producto seco, Mín: 7,5%

2.5.2 Parámetros organolépticos.

Como requisito general, las infusiones bebibles deben poseer sabor, color y aroma característico, éstos, varían según los distintos orígenes y regiones productoras, condiciones climáticas, edáficas, variedades, métodos de elaboración, y también de acuerdo a las particularidades propias de cada elaborador y de los distintos blends que se comercializan.

Para lograr la calidad diferenciada, es fundamental monitorear temperatura, tiempo, humedad y nivel de oxidación según corresponda, con el fin de desarrollar el proceso bajo condiciones controladas.

La calidad de las infusiones, se evalúa según el aspecto de la hoja seca, el brillo de la infusión, su astringencia, aroma y sabor. Todo esto se determina mediante la cata de expertos, tarea que nunca ha podido realizarse químicamente. Hasta hoy, la tecnología no logró reemplazar el paladar del experto, elemento insustituible en el comercio del té y que, en definitiva, representa al consumidor.

2.6 Teoría del secado de las plantas medicinales y aromáticas.

2.6.1 Generalidades.

Entendemos por secado de un sólido, la separación parcial o total del líquido que le acompaña, por medios térmicos. El secado, difiere de la evaporación, (que también puede definirse así), en los aspectos esenciales que son: los aparatos, los métodos y los productos.

El secado, es importante en la industria, ya que:

- Facilita el manejo posterior del producto.
- Permite el empleo satisfactorio del mismo.
- Reduce el costo de embarque.
- Aumenta la capacidad de los aparatos.
- Preserva los productos durante el almacenamiento y transporte.
- Aumenta el valor o la utilidad de productos residuales.

La teoría del secado, comprende dos aspectos esenciales: Las relaciones estáticas y las cinéticas o de velocidad de operación física. La deshidratación o secado, es uno de los procesos de conservación más utilizados en el mundo. Son sometidos a una operación de secado muchos productos, entre ellos las plantas medicinales. Las condiciones que se requieren para la deshidratación de un alimento, tienen una influencia definitiva sobre la eficiencia del proceso y la calidad de los productos. Por esta razón, resulta imprescindible el diseño de tecnologías de secado adaptadas para cada alimento en particular. El secado, es el proceso más importante para lograr un producto de óptima

calidad, ya que, de éste depende que el producto esté en condiciones de comercializarse, consumirse o conservarse por periodos prolongados (1-2 años las hojas y flores; 2-3 años las cortezas y rizomas). Lo óptimo es secar el material a un 10% de humedad.

El secado, debe hacerse en condiciones especiales, ya que la humedad, el sol directo y el polvo pueden deteriorar el material y destruir sus propiedades medicinales. La experiencia demuestra que el secado puede hacerse a cuatro niveles, dependiendo del volumen, las condiciones y recursos disponibles: casero, familiar, micro-industrial e industrial. El secado, es una técnica de conservación de los alimentos naturales. Se utiliza para eliminar parcial o totalmente el agua contenida en los alimentos. Este proceso tiene dos intereses principales:

- Reducir la actividad de agua del producto, lo suficientemente baja para inhibir la proliferación de microorganismos y detener la reacción enzimática.
- La reducción de peso y de volumen, es un importante ahorro para el envasado, transporte y almacenamiento.

La razón más importante desde el punto de vista técnico, por la que secamos las hierbas es su conservación; por este método se promueve el mantenimiento de los componentes del vegetal fresco y se evita la proliferación de microorganismos.

Los productos que se deben secar, o los órganos de los vegetales que se someten a un proceso de desecado, pueden ser: hojas, flores, frutos, semillas, raíces, cortezas, o plantas enteras, que a menudo se hallan en estado herbáceo. Cada uno de estos órganos, puede estar completamente aislado de los otros o tener adherida una parte, como las hojas, con una parte de las ramas, la raíz completa o descortezada o bien con el rizoma. Pero la cantidad de agua a extraer, no debe superar ciertos valores, la planta no debe presentarse al comercio reseca y quebradiza, tal que al manipularla se convierta en polvo.

2.6.2 Tipos de secado.

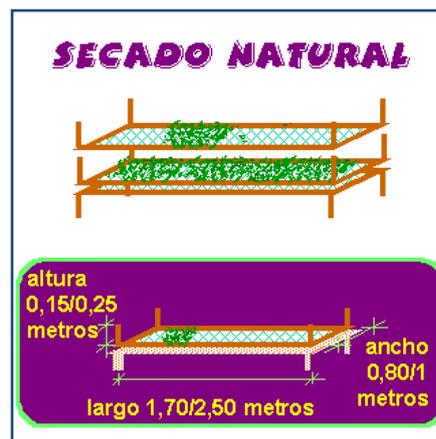
Existen varios tipos de operación de secado, que se diferencian entre sí por la metodología seguida; puede ser por eliminación de agua de una solución mediante un proceso de ebullición en ausencia de aire, también puede ser por eliminación de agua mediante adsorción de un sólido, y por reducción del contenido líquido en un sólido, hasta un valor determinado mediante evaporación en presencia de un gas.

Los sólidos que se secan pueden tener formas diferentes, escamas, gránulos, cristales, polvo, tablas o láminas continuas y poseer propiedades muy diferentes. El producto que se seca, puede soportar temperaturas elevadas o bien requiere un tratamiento suave a temperaturas bajas o moderadas. Esto da lugar a que en el mercado exista un gran número de tipos de secadores comerciales. Las diferencias residen fundamentalmente en la forma en que se mueven los sólidos a través de la zona de secado y en la forma en la que se transmite.

2.6.2.1 Secado natural.

Gráfico N° 2.

Secador solar natural



Fuente: <http://ocw.upm.es>

Elaborado por: Chuquirima Gladys/2011

Si se cuenta con condiciones climáticas adecuadas, baja humedad relativa y temperaturas elevadas, el secado natural requiere poco gasto y es sencillo de realizar. Se puede realizar colocando el material sobre el suelo, al sol, pero así se obtendrá un producto de mala calidad, contaminado y de bajo valor comercial. Es conveniente disponer las hierbas, en capas delgadas, sobre catres que se exponen al aire libre durante algunos días, teniendo la precaución de removerlos frecuentemente y de cubrirlos o guardarlos bajo techo durante la noche, para evitar que el rocío ennegrezca el producto.

En la producción casera, de pequeña cantidad, las hierbas pueden ser colgadas en manojos con los extremos de los tallos hacia abajo. El tiempo de secado, dependerá de las condiciones climáticas y de la naturaleza del material a secar. Una hierba, compuesta por hojas y delgados tallos leñosos, en condiciones apropiadas, demorará alrededor de 3 ó 4 días en alcanzar condiciones de humedad tales que pueda ser almacenada.

El principal inconveniente del secado natural es, que no se pueden controlar las condiciones climáticas, y así, al momento de cosechar, nos pueden tocar días de alta humedad, lluvia, baja temperatura, etc., que no permitirán un buen secado y por ende, una buena conservación.

Prácticas recomendadas para disminuir al mínimo la contaminación:

- Secar bajo techo, o utilizar cubiertas protectoras que permitan la ventilación.
- No secar sobre el suelo, ni exponer el alimento a la lluvia u otras condiciones de alta humedad, tierra, arena, insectos, etc.
- Usar para su separación del suelo, materiales (cañas, lonas, etc.) que sean porosos y permitan el paso del aire.
- Utilizar bastidores con malla, para el acondicionamiento del alimento a secar.
- Ubicar el alimento en capas de espesor adecuado.
- Remover frecuentemente, para asegurar el secado uniforme y evitar el apelmazado.
- Proteger el alimento de la acción de animales, insectos, contaminación cruzada, etc.

2.6.2.2 Secado artificial mecánico.

Permite un control de variables, es rápido y facilita la obtención de un producto homogéneo y de calidad. El problema es su alto costo, por el consumo de energía y las instalaciones y equipos requeridos.

En el secado artificial, según la forma de producir la transferencia de calor, se han diseñado equipos deshidratadores que se pueden clasificar en:

- **Secadores directos o por convección**, que son los más usados para deshidratar plantas medicinales. La transferencia de calor se produce por contacto directo entre los sólidos húmedos y los gases calientes, y la humedad evaporada se arrastra con el medio de secado (normalmente aire). Entre estos, se encuentran:
 - **Los secadores discontinuos de bandejas o compartimentos**: Son relativamente económicos en construcción y mantenimiento, y en los que el tiempo de secado es relativamente largo.
 - **Los secadores de túnel**: De costo operacional mayor, pero dan más uniformidad al producto secado, con un menor tiempo y mayor volumen de producto.
 - **Secadores de cinta transportadora perforada**: con los que se consigue también un secado muy uniforme.
- **Secadores indirectos**, en los que la transferencia de calor es a través de una pared de retención.
- Secadores por radiación infrarroja o microondas.

2.6.3 Estática del secado.

En presencia del líquido volátil, los sólidos insolubles pueden comportarse como húmedos o como higroscópicos.

2.6.4 Humedad.

Para estudiar el secado de sólidos, es necesario definir las proporciones relativas de agua y sólido seco contenidos en el mismo. Dado que la cantidad de sólido seco no se altera en el proceso, la concentración más útil para los cálculos es la referida al peso del sólido seco: la humedad se puede definir como, el peso de agua que acompaña a la unidad de peso del sólido seco.

2.6.4.1 Humedad de equilibrio.

La tensión de vapor de agua sobre un cuerpo higroscópico, depende de estos factores: temperatura, naturaleza del cuerpo, estado de su superficie y proporción de agua (humedad). A temperatura constante, la tensión de vapor de agua aumenta continuamente con la humedad, hasta alcanzar el valor de agua pura a la misma temperatura. En este punto, el cuerpo comienza a comportarse como húmedo: cualquiera que sea la humedad, la tensión de vapor se mantendrá constante.

2.6.5 Cinética del secado.

2.6.5.1 Periodo de secado.

Cualquiera que sea el tipo de instalación a emplear, para determinar la capacidad del aparato o bien el tiempo de secado, es necesario efectuar ensayos de velocidad de secado del material. Estos ensayos se realizan en condiciones constantes de secado: las condiciones de aire (presión, temperatura, humedad y velocidad), permanecen constantes con el tiempo y varían muy poco desde la entrada hasta la salida. A intervalos regulares, se determina por peso la humedad del cuerpo: de los datos de humedad y tiempo, se deduce la curva de velocidad de secado.

La velocidad de secado, se calcula por la pérdida de humedad en la unidad de tiempo, y más exactamente por el coeficiente diferencial ($-dx/d\theta$)

2.6.5.2 Mecanismo de secado.

Durante el secado, es necesario separar tanto la humedad que existe sobre la superficie, como la del interior del sólido. Cuando la humedad es suficientemente grande, la evaporación transcurre sobre la superficie totalmente mojada, y el líquido se renueva continuamente por difusión rápida desde el interior; tenemos así un periodo en que la velocidad de secado es rápida desde el interior, la velocidad de secado es constante. Si el sólido no recibe calor por otros medios, la temperatura de la superficie permanecerá constante en un valor sensiblemente igual al de la temperatura y humedad del aire.

2.7 Plantas medicinales.

2.7.1 Generalidades.

Las plantas medicinales, han servido a la humanidad durante miles de años para curar sus enfermedades. Sus secretos curativos, fueron descubiertos por los hombres que se encargaron de transmitir estos conocimientos de generación en generación. El interés por el uso de plantas medicinales, resurgió con el naturalismo en los años 70, realzando lo que la naturaleza nos brinda, tanto en la alimentación como en la curación.

Se ha dado a conocer, por medio de estudios realizados por el Centro de Comercio Internacional (CORPEI), que los países en desarrollo, exportadores de plantas medicinales, tienen las posibilidades de aumentar su venta en Europa. La importación de hierbas secas, ha crecido entre 12.000 y 13.000 toneladas al año por parte de los principales mercados europeos.

Se estima que en Ecuador, son conocidas aproximadamente 500 especies de plantas medicinales, las cuales son comercializadas como producto fresco, seco, extracto pulverizado o como aceites esenciales (muy poco).

Las plantas medicinales, pueden ser procesadas, para almacenamiento, de diversas formas, tales como: té, extractos líquidos, bebidas y últimamente como cápsulas concentradas. Dichas plantas deben pasar por un proceso eficaz de secado, para poder alcanzar el porcentaje de humedad requerido, tanto para el almacenamiento, como para el transporte. Por lo tanto, si se realiza una adecuada deshidratación, se mantiene el aroma, olor y color de la planta.

Mezclas de plantas aromáticas, dan bebidas refrescantes (infusiones), que se pueden tomar calientes o frías; éstas se han empleado a lo largo de los siglos por sus propiedades medicinales. Para su elaboración se puede hacer uso de las hojas, flores y frutos.

A las infusiones se les atribuyen propiedades diuréticas, energizantes, anti-estrés, tónicos cerebrales, digestivas, etc., dependiendo de las especies vegetales o tejido que sean utilizados para la elaboración de la infusión.

Para **Hoogesteger (1994)**, gracias a la tradición oral y escrita sobre la medicina popular, se sabe que el hombre, desde tiempo inmemorial, ha conocido y aprovechado la actividad curativa de un sinnúmero de hierbas. A pesar de los avances de la producción de la medicina "moderna", las plantas medicinales no han perdido su importancia. Por el contrario, el desarrollo de los medicamentos modernos, ha sido el resultado de formas cada vez más complejas de aprovechar las plantas medicinales, y su producción sigue dependiendo en gran parte del uso de estas plantas como materia prima.

De igual forma **Kothari (1993)**, afirma que la mayoría de los problemas de salud en el campo, se tratan principalmente con plantas medicinales, o a veces, con una combinación de remedios caseros y medicina moderna. Únicamente, bajo circunstancias extremadamente serias, se consulta a un doctor de la ciudad. La fe en las plantas medicinales, continúa siendo muy fuerte en las comunidades más alejadas de las zonas urbanas, ya que son las plantas las que sustituyen las medicinas químicas.

Según *Garbarino (1997)*, la flora mundial se ha constituido en una fuente inapreciable de compuestos de variada y efectiva acción farmacológica.

Según estudios de *Farnsworth et al. (1986)* y *Huanget al. (1992)*, citados por *Garbarino (1997)*, existen alrededor de 400.000 plantas terrestres superiores; de ellas, 100.000 presentan alguna acción medicinal y 70.000 se encuentran en América. Los mismos autores precisan que solamente 5.000 especies han sido sometidas a estudios químicos y biológicos completos. Dado que tan sólo se tienen estudios específicos del 5% de las plantas medicinales existentes en el mundo, se hace obvia la necesidad de estudiar más, acerca de estas plantas y todos los beneficios asociados a ellas.

2.8. Balance de materia y energía.

La primera ley de la termodinámica sugiere que la energía es una propiedad de la materia y en los sistemas normales, en los cuales los efectos relativistas no son importantes, la energía se conserva. La energía no aparece ni desaparece súbita e inesperadamente. No se crea ni se destruye. Así, durante un periodo.

Energía		Energía		
que entra en	=	que sale		+ El cambio de energía en el sistema
el sistema		del sistema		

$$E_1 = E_e + \Delta E_{\text{sistema}}$$

2.9 Transmisión de calor

Es el proceso por medio del cual se intercambia energía (calor) entre cuerpos que poseen diferentes temperaturas. El calor se puede transmitir por conducción, convección y radiación, aunque existen casos en que estos procesos pueden tener lugar simultáneamente. Por ejemplo un proceso de transmisión de calor por convección se da al calentar algún líquido sobre una superficie, la Tierra recibe calor del Sol casi

exclusivamente por radiación y si el calor se trasmite a través de la pared de una casa es por conducción.

$$Q = A \times U \times T3$$

Donde:

A= Área de transferencia de calor en m² o pie².

T= Diferencia de temperatura en °C o °F; y el calor esta en W o BTU

2.10Secado

Desde la antigüedad el ser humano ha utilizado el secado como una de las técnicas de conservación de alimentos más comunes y sencillas, por tal motivo han pasado cientos de siglos y esta técnica sigue siendo utilizada y esto gracias a su eficacia; ya que su acción primordial es la de no permitir el crecimiento microbiano ya que para esto los microorganismos necesitan de agua para poder desarrollarse y también porque la mayoría de las enzimas que causan descomposición tampoco pueden actuar sin agua.

Entonces, el secado es eliminación deliberada del porcentaje de agua de un producto con ayuda de su calor latente de vaporación, en la que actúan dos factores importantes que son:

- a) Transmisión de calor, para suministrar el calor latente de vaporización necesario,
- b) Movimiento del agua o del vapor de agua a través del producto alimenticio y su separación del mismo.

2.10.1 Velocidad de secado

El secado es un proceso mediante el cual se elimina humedad de cualquier producto alimenticio. Este proceso consiste en una serie de pasos que forman una curva en la que se compara el secado con el tiempo de secado. La velocidad a la cual el calor se transmite a través de la pared del espesor x es: Δ

$$Q = KA \frac{T_{s1} - T_{s2}}{\Delta x}$$

Para calcular la velocidad de flujo de calor en términos de diferencias de temperaturas del fluido, $T = T_{s1} - T_{s2}$ Δ Con frecuencia esto se expresa como:

$$Q = U A \Delta T$$

2.11 Métodos de secado de las hojas de guayusa.

Los métodos de secado que se utilizarán para la presente investigación son:

- **El secado mecánico:** El cual se lo realiza en una estufa con recirculación de aire a diferentes temperaturas, hasta obtener las características organolépticas propias de la guayusa.
- **El secado tradicional:** Que se lo realiza en un secador solar a temperaturas de ambiente; es decir un secado natural de las hojas de guayusa, el cual permitirá en un largo periodo de tiempo conservar las características organolépticas de la guayusa.

2.12 Diseño experimental

Los diseños factoriales son ampliamente utilizados en experimentos en los que intervienen varios factores para estudiar el efecto de estos sobre una respuesta. El diseño experimental para el presente estudio comprende por lo tanto dos factores o variables de trabajo, cada una a tres niveles. El arreglo corresponde a un diseño completamente al azar (DBCA) en arreglo factorial A x B. La evaluación estadística se realiza con un análisis de varianza (ADEVA) y utilizando el método de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA.

3.1 Aspectos metodológicos del estudio.

3.1.1 Ubicación.

La presente investigación se realizó en la provincia de Sucumbíos, en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior “CRECERMÁS”; así también en las instalaciones de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Campus Arturo Ruíz Mora.

3.1.2 Diseño o tipo de investigación.

La investigación será descriptiva - experimental - no observacional, es decir:

3.1.2.1 Descriptiva.

Porque se va a demostrar y describir todo lo referente a la investigación.

3.1.2.2 Experimental.

Porque se va a comprobar cada una de las muestras en el laboratorio, relacionando la causa y efecto entre las variables.

3.1.2.3 No observacional.

Porque las variables de estudio van a ser modificadas para obtener diferentes resultados, y de esta manera elegir el más óptimo.

3.2 Métodos de investigación.

3.2.1 Observación científica.

La aplicación de este método permitirá obtener resultados de los objetivos planteados en la investigación, permite por medio de la observación obtener posibles resultados que se dan escritos para posteriormente obtener conclusiones de estos.

3.2.2 Método de análisis.

Secado de las hojas de guayusa utilizando dos métodos (secado mecánico y tradicional), se realizó los estudios de composición bromatológica para comprobar y comparar los porcentajes de contenido de: proteína, cenizas, carbohidratos, fibra y humedad entre las distintas muestras de guayusa, y finalmente hacer el análisis sensorial de los cinco tratamientos con diez catadores.

3.2.3 Método estadístico.

Fue fundamental, ya que en la investigación se recolectaron datos experimentales, y éstos fueron cuantificados para determinar su significancia estadística, mediante la aplicación del diseño experimental.

3.2.4 Método de síntesis.

Este método sirvió para realizar conclusiones de la investigación. También permitió relacionar ciertos parámetros de deshidratación de la guayusa para determinar el mejor tratamiento.

3.3 Fuentes y técnicas de investigación.

Para la recolección de datos necesarios y llevar a cabo esta investigación utilizamos:

3.3.1 Fuentes primarias: libros, folletos, revistas.

3.3.2 Fuentes secundarias:

- Entrevistas a familias indígenas, para conocer los usos y creencias tradicionales de la guayusa.
- Encuestas para determinar las características organolépticas de la infusión bebible.
- Comprobación de la investigación (trabajo en campo).
- Técnicas como: la revisión de literaturas, documentos, consultas a expertos, trabajos de campo, internet y fichas bibliográficas.

3.4 Condiciones de prueba. Variables.

3.4.1 Variables independientes (laboratorio, secado mecánico).

- Temperatura y tiempo de secado.

Campo.

- Secado tradicional: Temperatura ambiente y secado solar.
- Temperatura.
- Tiempo.

3.4.2 Variables dependientes (laboratorio).

Se realizaron los análisis bromatológicos de las muestras deshidratadas por los dos métodos de secado:

- Humedad.
- Cenizas.
- Carbohidratos.
- Proteínas.
- Fibra.
- Grasa.

3.5 Factores de estudio.

3.5.1 Factores de estudio del secado.

Laboratorio.

T1: 60°C 5 horas

T2: 70°C 3 horas

T3: 80°C 2 horas

T4: Temperatura de secado al ambiente (27°C), 5 días

T5: Temperatura de secado solar (38°C), 10 días.

Características bromatológicas que se miden: Proteína, cenizas, fibra, carbohidratos, grasa y humedad.

3.6 Materiales y equipos utilizados en los procesos de secado de la hoja de guayusa, análisis bromatológicos y obtención de la infusión bebible.

3.6.1 Materiales.

- Balanza analítica.
- Balones aforados (250ml y 100ml).
- Buretas.
- Cápsulas y crisoles de porcelana.

- Desecador.
- Embudo.
- Matraz erlenmeyer (200 ml, 500ml, 100ml).
- Papel filtro.
- Pinzas para crisoles.
- Pipetas.
- Probetas.
- Tubos de ensayo.
- Varilla de agitación.
- Vasos de precipitación (50ml, 100ml, 250ml).

3.6.2 Equipos.

- Balanza analítica.
- Bomba de vacío Kitasato más embudo Buchner.
- Equipo de destilación.
- Equipo Keldal.
- Estufa de aire forzado.
- Extractor de gases.
- Mufla.
- Plancha de calentamiento.
- Secador solar.

3.6.3 Materia prima.

- Hojas de guayusa.

3.6.4 Reactivos.

- Ácido sulfúrico, 0,1N (H_2SO_4)
- Hidróxido de sodio al 40% y al 1,25% (NaOH)
- Ácido bórico al 2% (H_3BO_3)
- Indicador y Catalizador de proteína.

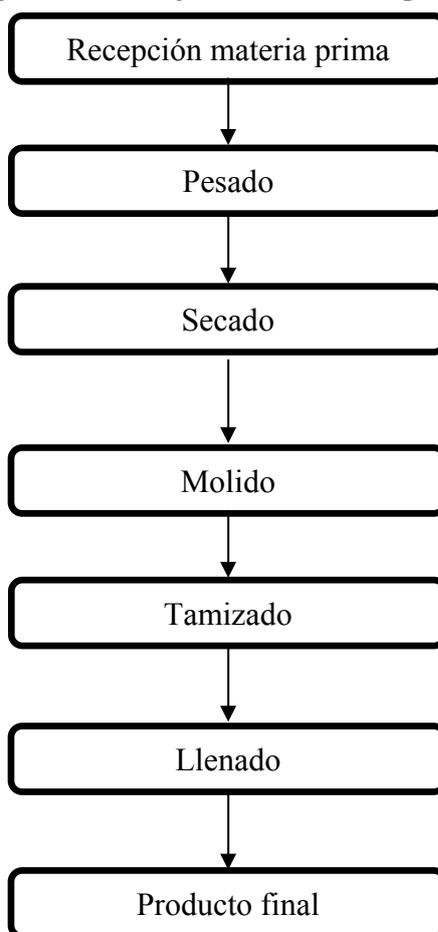
3.7 Obtención del té de Guayusa a nivel de laboratorio.

3.7.1 Proceso de deshidratación de la guayusa.

Las hojas frescas de guayusa, fueron sometidas a dos procesos de secado: secado mecánico en una estufa con recirculación de aire y secado tradicional en un secador solar tipo marquesina y al ambiente bajo sombra, a diferentes temperaturas y tiempos de secado. Finalmente se realizaron sus respectivos análisis bromatológicos, en los cuales se determinó: proteína, fibra, humedad, carbohidratos, ceniza y grasa.

3.7.2 Diagrama de flujo cualitativo para la elaboración de té de guayusa

Gráfico N° 3.
Diagrama de Flujo del secado de guayusa



Elaborado por: Chuquirima Gladys/2011

3.7.3 Descripción del diagrama de flujo:

3.7.3.1 Recepción: La materia prima fue recolectada por familias Indígenas del Cantón Cascales, que tradicionalmente beben el agua de guayusa usando hojas frescas en el rito denominado la “camachina”, que significa dar consejos o aconsejarse entre familia. Para el proceso de secado, se seleccionaron hojas en buenas condiciones, frescas, sin magulladuras.

3.7.3.2 Pesado: Se procedió a pesar toda la materia prima, para determinar el rendimiento final de la infusión.

3.7.3.3 Secado: El secado mecánico, fue realizado en la estufa, en el laboratorio de química de la Universidad Tecnológica Equinoccial de Santo Domingo; para la eliminación del agua de las hojas. En el siguiente cuadro se indican las temperaturas y tiempos de secado de las hojas de guayusa.

Cuadro N° 1
Temperaturas y tiempos de secado de las hojas de guayusa

TEMPERATURA DE SECADO (°C)	TIEMPO (h)
60	5
70	3
80	2
27 (Ambiente)	-
38 Solar	-

Elaborado por: Chuquirima Gladys/2011

3.7.3.4 Molido. Este proceso se lo realiza con la finalidad de obtener la apariencia y textura característica del té, además de facilitar el procedimiento del llenado de las bolsitas.

3.7.3.5 Tamizado: Se lo realiza con la finalidad de separar las partículas grandes de las pequeñas, mediante un tamiz de 0.5 m/m de espesor.

3.7.3.6 Llenado: El llenado se lo realiza con el objetivo de obtener las funditas de té, las cuales se llenaran en funditas de polietileno con una cantidad de seis g cada una.

3.7.3.7 Producto final: Preparación de las muestras de guayusa seca con su respectiva codificación para la realización de los análisis de: proteínas, fibra, humedad, grasas, carbohidratos, cenizas, y evaluación sensorial.

3.8 Diseño experimental del secado de la hoja de guayusa para determinar la mejor temperatura y tiempo de deshidratación.

Se empleó un diseño experimental A x B en arreglo factorial 3 x 3 implementado en un DBCA (Diseño de bloques completamente al azar) con tres repeticiones.

3.8.1 Contenido de ceniza de acuerdo al tiempo y temperatura de secado con tres repeticiones.

Cuadro N° 2

Contenido de cenizade acuerdo al tiempo y temperatura de secado.

Tratamientos	Repeticiones			Σ trat.	Xtrat.
	I	II	III		
60°C	7,03	7,30	7,05	21,38	7,13
70°C	7,04	7,35	7,42	21,81	7,27
80°C	7,46	7,36	7,61	22,43	7,48
			Σ total.	65,62	7,29

Elaborado por: Chuquirima Gladys; Lab, Química/UTE/2011.

3.8.1.1 Adeva para la evaluación de ceniza en el secado de la hoja de guayusa.

Cuadro N° 3

Adeva para la evaluación de ceniza en el secado de la hoja de guayusa

F de V	Gl.	SC	CM	F. cal.	F. critica
total	8	0.34			
tratamientos	2	0,19	0.095	3.585	3,48 - 5,99*
error experimental	6	0,1587	0,0265		
CV	3,72%				

Elaborado por: Chuquirima Gladys; Lab, Química/UTE/2011.

Se observa significación estadística, lo que determina que la aplicación de las distintas temperaturas en el secado de la guayusa influye para la composición de la ceniza.

El coeficiente de varianza es de 3,72 %, el cual se encuentra dentro de los parámetros de los análisis en laboratorio.

3.8.1.2 Promedios y pruebas de significación para los tratamientos en la evaluación de ceniza en el secado de la hoja de guayusa.

Cuadro N° 4

Promedios y pruebas de significación para los tratamientos en la evaluación de ceniza en el secado de la hoja de guayusa

TRATAMIENTO	PROMEDIO
X ₁ = 60 ° C	7,13b
X ₂ = 70 ° C	7,27 ab
X ₃ = 80 ° C	7,48a

Elaborado por: Chuquirima Gladys; Lab, Química/UTE/2011.

La prueba de tuckey indica que la temperatura es significativa entre las variables excepto la X1 y X2 (60°C y 70°C), lo que significa que las temperaturas aplicadas si afecta a las propiedades de la hoja de guayusa en este caso a la ceniza. La temperatura para obtener más ceniza es la de 80 °C.

3.8.2 Contenido de proteína de acuerdo al tiempo y temperatura de secado.

Cuadro N° 5

Contenido de proteína de acuerdo al tiempo y temperatura de secado.

Tratamientos	Repeticiones			Σ trat.	Xtrat.
	I	II	III		
60°C	18,90	20,13	20,13	59,16	19,72
70°C	19,25	19,60	14,50	53,35	17,78
80°C	19,08	16,63	20,48	56,19	18,73
			Σ total.	168,70	18,74

Elaborado por: Chuquirima Gladys; Lab, Química/UTE/2011.

3.8.2.1 Adeva para la evaluación de proteína en el secado de la hoja de guayusa.

Cuadro N° 6

Adeva para la evaluación de proteína en el secado de la hoja de guayusa

F de V	Gl.	SC	CM	F. cal.	F. critica
Tratamientos	2	5,6270	2,8135	0,6797	3,48 - 5,99 ^{ns}
Error exp.	6	24,8353	4,1392		
Total	8	30,4622			
CV	10,85 %				
	18,74				

Elaborado por: Chuquirima Gladys; Lab, Química/UTE/2011.

En el cuadro N° 6 se muestra que no existen diferencias estadísticas, por lo que se asume que el contenido de proteína entre los tratamientos es estadísticamente igual o similar. Lo que indica que las temperaturas aplicadas en el secado de hojas de guayusa, no influyen en el contenido de proteína en cada uno de los tratamientos investigados.

El coeficiente de varianza es de 10,85 %, el cual se encuentra dentro de los parámetros para análisis en laboratorio.

3.8.2.2. Promedios y pruebas de significación para los tratamientos en la evaluación de proteína en el secado de la hoja de guayusa.

Cuadro N° 7

Promedios y pruebas de significación para los tratamientos en la evaluación de proteína en el secado de la hoja de guayusa

TRATAMIENTO	PROMEDIO
X₁ = 60 ° C	19,72 a
X₂ = 70 ° C	17,78 a
X₃ = 80 ° C	18,73a

Elaborado por: Chuquirima Gladys; Lab, Química/UTE/2011.

La prueba de tuckey indica que no hay diferencia significativa entre las variables, lo que significa que las temperaturas de secado no afectan al contenido de proteína de la hoja de guayusa. Contradictoriamente a la lógica, la temperatura ideal para secar si lo que se desea preservar es la proteína es la de 60°C.

3.8.3 Contenido de grasa de acuerdo al tiempo y temperatura de secado.

Cuadro N° 8

Contenido de grasa de acuerdo al tiempo y temperatura de secado.

Tratamientos	Repeticiones			Σ trat.	Xtrat.
	I	II	III		
60°C	8,42	7,53	7,44	23,39	7,80
70°C	8,71	8,03	7,89	24,63	8,21
80°C	8,61	5,51	6,42	20,54	6,85
			Σ total.	68,56	7,62

Elaborado por: Chuquirima Gladys; Lab, Química/UTE/2011.

3.8.3.1. Adeva para la evaluación de grasa en el secado de la hoja de guayusa.

Cuadro N° 9

Adeva para la evaluación de grasa en el secado de la hoja de guayusa

F de V	Gl.	SC	CM	F. cal.	F. crítica
Tratamientos	2	2,9320	1,4660	1,4540	3,48 - 5,99 ^{ns}
Error exp.	6	6,0497	1,0083		
Total	8	8,9818			
CV	13,18 %				
Promedio	7,62				

Elaborado por: Chuquirima Gladys; Lab, Química/UTE/2011.

En el cuadro N° 9 se observa que no existen diferencias estadísticas para el contenido de grasa entre los tratamientos. Lo que indica que las temperaturas aplicadas en el secado de hojas de guayusa no influyen en el contenido de grasa en cada uno de los tratamientos investigados. El coeficiente de varianza es de 13,18%, el cual se encuentra dentro de los parámetros para análisis en laboratorio.

3.8.3.2. Promedios y pruebas de significación para los tratamientos en la evaluación de grasa en el secado de la hoja de guayusa.

Cuadro N° 10

Promedios y pruebas de significación para los tratamientos en la evaluación de grasa en el secado de la hoja de guayusa.

TRATAMIENTO	PROMEDIO
$X_1 = 60^\circ \text{C}$	7,80 a
$X_2 = 70^\circ \text{C}$	8,21a
$X_3 = 80^\circ \text{C}$	6,85a

Elaborado por: Chuquirima Gladys; Lab, Química/UTE/2011.

La prueba de tuckey indica que no hay diferencia significativa entre las variables, lo que significa que las temperaturas de secado no afectan al contenido de grasa. Contradictoriamente a la lógica, la temperatura ideal para secar si lo que se desea preservar la grasa es la de 70°C .

3.8.4. Contenido de fibra de acuerdo al tiempo y temperatura de secado.

Cuadro N° 11

Contenido de fibra de acuerdo al tiempo y temperatura de secado.

Tratamientos	Repeticiones			Σ trat.	Xtrat.
	I	II	III		
60°C	17,44	16,90	20,70	55,04	18,35
70°C	22,05	15,83	17,03	54,91	18,30
80°C	18,32	18,32	18,32	54,96	18,32
			Σ total.	164,91	18,32

Elaborado por: Chuquirima Gladys; Lab, Química/UTE/2011.

3.8.4.1. Adeva para la evaluación de fibra en el secado de la hoja de guayusa

Cuadro N° 12

Adeva para la evaluación de fibra en el secado de la hoja de guayusa

F de V	Gl.	SC	CM	F. cal.	F. critica
Tratamientos	2	0,0029	0,0014	0,0003	3,48 - 5,99 ^{ns}
Error exp.	6	30,2293	5,0382		
Total	8	30,23			
CV	12,25				
Promedio	18,32				

Elaborado por: Chuquirima Gladys; Lab, Química/UTE/2011.

El Adeva del cuadro N° 12 para la evaluación de fibra, indica que no existen diferencias estadísticas, por lo que se asume que el contenido de fibra entre los tratamientos estadísticamente igual o similar. Lo que indica que las temperaturas aplicadas en el secado de hojas de guayusa no influyen en el contenido de fibra en cada uno de los tratamientos investigados. El coeficiente de varianza es de 12,25 %, el cual se encuentra dentro de los parámetros para análisis en laboratorio.

3.8.4.2. Promedios y pruebas de significación para los tratamientos en la evaluación de fibra en el secado de la hoja de guayusa.

Cuadro N° 13

Promedios y pruebas de significación para los tratamientos en la evaluación de fibra en el secado de la hoja de guayusa

TRATAMIENTO	PROMEDIO
X₁ = 60 ° C	18,35 a
X₂ = 70 ° C	18,30a
X₃ = 80 ° C	18,32a

Elaborado por: Chuquirima Gladys; Lab, Química/UTE/2011.

La prueba de tuckey indica que no hay diferencia significativa entre las variables, lo que significa que las temperaturas en cuestión no afectan a las propiedades de la hoja de guayusa en este caso a la fibra. La temperatura ideal para secar si lo que se desea preservar la fibra es la de 60°C.

3.8.5 Contenido de carbohidratos de acuerdo al tiempo y temperatura de secado.

Cuadro N° 14

Contenido de carbohidratos de acuerdo al tiempo y temperatura de secado.

Tratamientos	Repeticiones			Σ trat.	Xtrat.
	I	II	III		
60°C	48,20	48,10	44,70	141,00	47,00
70°C	43,00	49,20	53,50	145,70	48,57
80°C	46,50	52,20	47,20	145,90	48,63
			Σ total.	432,60	48,07

Elaborado por: Chuquirima Gladys; Lab, Química/UTE/2011.

3.8.5.1. Adeva para la evaluación de carbohidratos en el secado de la hoja de guayusa

Cuadro N° 15

Adeva para la evaluación de carbohidratos en el secado de la hoja de guayusa

F de V	Gl.	SC	CM	F. cal.	F. critica
Tratamientos	2	5,13	2,56	0,1853	3,48 - 5,99 ^{ns}
Error exp.	6	82,99	13,83		
Total	8	88,12			
CV	7,74%				
Promedio	48,07				

Elaborado por: Chuquirima Gladys; Lab, Química/UTE/2011.

Se puede observar que no existen diferencias estadísticas, por lo que se asume que el contenido de carbohidratos entre los tratamientos es estadísticamente igual o similar. Lo que indica que las temperaturas aplicadas en el secado de hojas de guayusa no influyen en el contenido de carbohidratos en cada uno de los tratamientos investigados.

El coeficiente de varianza es de 7,74 %, el cual se encuentra dentro de los parámetros para análisis en laboratorio.

3.8.5.2. Promedios y pruebas de significación para los tratamientos en la evaluación de carbohidratos en el secado de la hoja de guayusa.

Cuadro N° 16

Promedios y pruebas de significación para los tratamientos en la evaluación de carbohidratos en el secado de la hoja de guayusa

TRATAMIENTO	PROMEDIO
X₁ = 60 ° C	47a
X₂ = 70 ° C	48,57a
X₃ = 80 ° C	48,63a

Elaborado por: Chuquirima Gladys; Lab, Química/UTE/2011.

La prueba de tuckey indica que no hay diferencia significativa entre las variables, lo que significa que las temperaturas en cuestión no afectan a las propiedades de la hoja de guayusa en este caso a los carbohidratos. La temperatura ideal para secar si lo que se desea preservar es carbohidratos es la de 80°C.

3.9 Evaluación de la mejor temperatura y tiempo de secado de la hoja de guayusa.

Según los resultados obtenidos en la información estadística de los análisis bromatológicos de cada tratamiento, tanto en el esquema del ADEVA, como en las tablas de la prueba de TUKEY al 5 %, el tratamiento (temperatura y tiempo de secado) que aporta con mayor contenido proteico es el de 60 ° C por 5 horas.

3.10 Análisis organoléptico.

El análisis organoléptico se realizo aplicando la prueba de Friedman al 5%. La fórmula de Friedman aplicada fue la siguiente:

$$X^2R = \frac{12}{n.k(k+1)} \times (\sum R^2i) - 3n(k+1)$$

Ri = Rangos.

k = Número de muestras.

n = Número de panelistas.

Se evaluaron las siguientes características organolépticas de la infusión de guayusa: color, sabor, olor y aceptabilidad; utilizando diez panelistas y cinco muestras. La escala de calificación es de 1 a 5, la valoración 1 es determinada como no aceptable, valoración 3 poco aceptable y valoración 4-5 aceptable.

3.10.1 Variable: Color.

Cuadro N° 17
Especificación de tratamientos

TIPOS DE SECADO DE HOJA DE GUAYUSA		
Tratamiento 1	Temperatura de secado	60°C
Tratamiento 2	Temperatura de secado	70°C
Tratamiento 3	Temperatura de secado	80°C
Tratamiento 4	Temperatura de secado	Solar
Tratamiento 5	Temperatura de secado	Ambiente

Elaborado por: Chuquirima Gladys / UTE 2011

Cuadro N° 18

Calificación otorgada a cinco muestras de infusión de guayusa de la característica color.

PANELISTAS	MUESTRAS				
	M1	M2	M3	M4	M5
P1	4	2	2	2	2
P2	2	2	2	4	3
P3	4	3	3	4	4
P4	2	3	2	3	4
P5	2	2	2	3	3
P6	3	2	2	3	3
P7	3	2	3	2	4
P8	4	2	3	3	4
P9	3	3	3	3	4
P10	2	2	2	4	3

Elaborado por: Chuquirima Gladys / UTE 2011

Cuadro N° 19

Rangos de cinco muestras de infusión de guayusa de la característica color

PANELISTAS	MUESTRAS				
	M1	M2	M3	M4	M5
P1	4,0	2,5	2,5	2,5	2,5
P2	2,0	2,0	2,0	5,0	4,0
P3	4,0	1,5	1,5	4,0	4,0
P4	1,5	3,5	1,5	3,5	5,0
P5	2,0	2,0	2,0	4,5	4,5
P6	4,0	1,5	1,5	4,0	4,0
P7	3,5	1,5	3,5	1,5	5,0
P8	4,5	1,0	2,5	2,5	4,5
P9	2,5	2,5	2,5	2,5	5,0
P10	2,0	2,0	2,0	5,0	4,0
Σ	30,0	20,0	21,5	35,0	42,5
X^{MEDIA}	3,0	2,0	2,2	3,5	4,3
Σ^2	900,0	400,0	462,3	1225,0	1806,3

Elaborado por: Chuquirima Gladys / UTE 2011

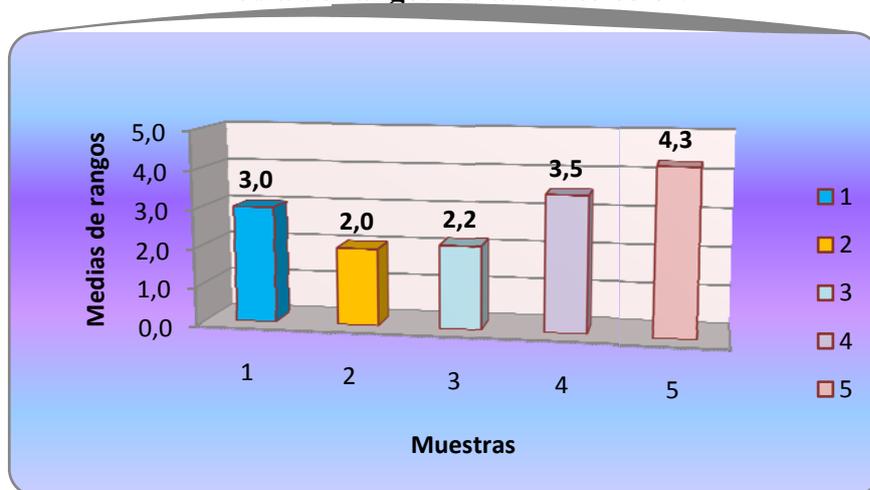
Análisis.

El valor de Friedman al 5% (X^2_R) para la característica color fue de 11.74*

Después de establecer los rangos del puntaje otorgado por diez panelistas para cinco muestras, en el atributo color, se observan diferencias significativas, lo que indica que estadísticamente las cinco muestras son diferentes.

Gráfico N° 4

Media de rangos del atributo color.



Elaborado por: Chuquirima Gladys / UTE 2011

Graficando los rangos medios (gráfico N° 4), se observa que la muestra **M5 (T= Ambiente)** presenta el mejor color con una media de **4,3** y un porcentaje de 37,68 %, seguida de la muestra **M4**, con una media de 3,5 y un porcentaje de 25,56%.

3.10.2 Variable: Aroma.

Cuadro N° 20

Calificaciones otorgadas a cinco muestras de guayusa de la característica aroma.

PANELISTAS	MUESTRAS				
	M1	M2	M3	M4	M5
P1	3	2	3	1	1
P2	3	2	3	4	4
P3	3	2	4	4	3
P4	2	2	3	3	4
P5	2	2	4	3	2
P6	3	3	3	3	2
P7	3	3	4	4	3
P8	4	3	2	4	3
P9	2	2	4	4	3
P10	2	2	4	4	2

Fuente: Chuquirima Gladys / UTE 2011

Cuadro N° 21.

Rangos de cinco muestras de guayusa de la característica aroma.

PANELISTAS	MUESTRAS				
	M1	M2	M3	M4	M5
P1	4,50	3,00	4,50	1,50	1,50
P2	2,50	1,00	2,50	4,50	4,50
P3	2,50	1,00	4,50	4,50	2,50
P4	1,50	1,50	3,50	3,50	5,00
P5	2,00	2,00	5,00	4,00	2,00
P6	3,50	3,50	3,50	3,50	1,00
P7	2,00	2,00	4,50	4,50	2,00
P8	4,50	2,50	1,00	4,50	2,50
P9	1,50	1,50	4,50	4,50	3,00
P10	1,50	1,50	4,50	4,50	3,00
Σ	26,00	19,50	38,00	39,50	27,00
X^{MEDIA}	2,60	1,95	3,80	3,95	2,70
Σ^2	676,00	380,25	1444,00	1560,25	729,00
					4789,5

Fuente: Chuquirima Gladys / UTE 2011

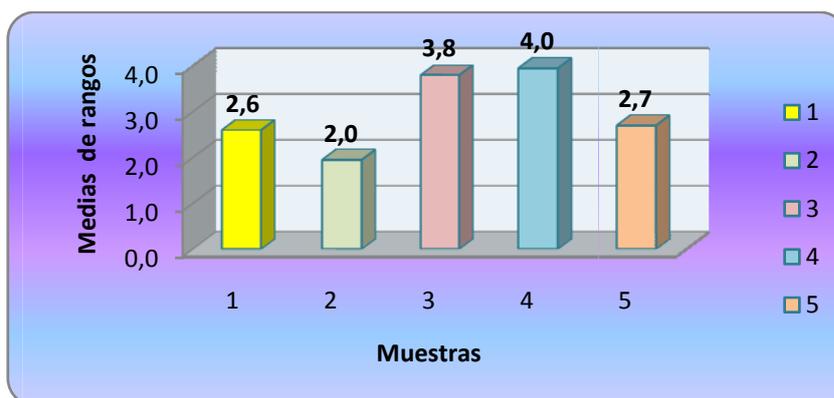
Análisis

El valor de Friedman al 5% (X^2R) para la característica aroma fue igual a **11,58****

En el atributo aroma, se detecta diferencias significativas, es decir, las cinco muestras son estadísticamente diferentes.

Gráfico N° 5

Media de rangos del atributo aroma.



Elaborado por: Chuquirima Gladys / UTE 2011

Graficando los rangos medios (*gráfico N° 5*), se observa que la muestra **M4 (secado solar)** presenta el mejor aroma con una media de **4,0** y un porcentaje de 32,58 %, seguida de la muestra **M3**, con una media de 3,8 y un porcentaje de 30,15%.

3.10.3 Variable: Sabor.

Cuadro N° 22

Calificaciones otorgadas a cinco muestras de guayusa de la característica sabor.

PANELISTAS	MUESTRAS				
	M1	M2	M3	M4	M5
P1	4	2	1	4	3
P2	3	3	2	2	3
P3	4	2	2	4	3
P4	3	1	2	4	4
P5	3	3	3	2	3
P6	3	3	3	1	3
P7	2	2	1	4	4
P8	3	4	3	3	2
P9	3	2	2	3	4
P10	3	1	2	2	4

Fuente: Chuquirima Gladys / UTE 2011

Cuadro N° 23

Rangos de cinco muestras de guayusa de la característica sabor.

PANELISTAS	MUESTRAS				
	M1	M2	M3	M4	M5
P1	4,5	3,0	1,5	4,5	4,0
P2	4,0	4,0	1,5	1,5	4,0
P3	4,5	1,5	1,5	4,5	3,0
P4	3,0	1,0	2,0	4,5	4,5
P5	3,5	3,5	3,5	1,0	3,5
P6	3,5	3,5	3,5	1,0	3,5
P7	2,5	2,5	1,0	4,5	4,5
P8	3,0	5,0	3,0	3,0	1,0
P9	3,5	1,5	1,5	3,5	5,0
P10	4,0	1,0	2,5	2,5	5,0
Σ	36,0	26,5	21,5	30,5	38,0
X^{MEDIA}	3,6	2,7	2,2	3,1	3,8
Σ^2	1296	702,25	462,25	930,25	1444
					4834,8

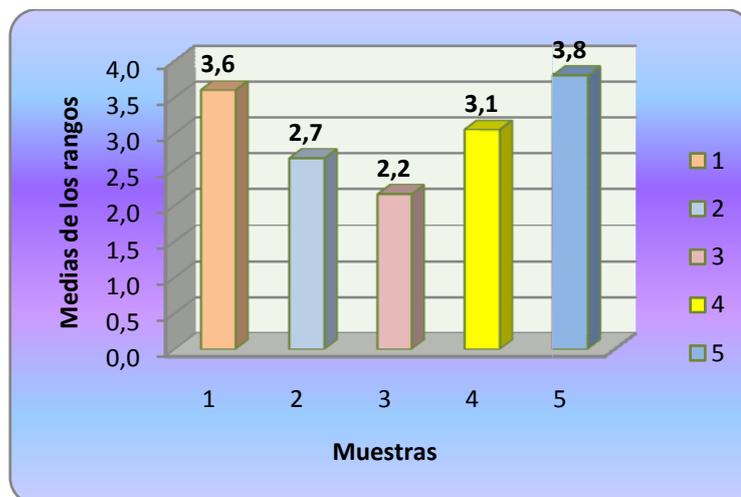
Elaborado por: Chuquirima Gladys / UTE 2011

Análisis

De acuerdo a los resultados obtenidos en las respectivas tablas, se puede observar que el valor de Friedman al 5% (X^2R) para la característica sabor fue igual a **13,39****. Las cinco muestras son estadísticamente diferentes.

Gráfico N° 6

Media de rangos del atributo sabor.



Elaborado por: Chuquirima Gladys / UTE 2011

Graficando los rangos medios (*gráfico N° 6*), se observa que la muestra **M5** con una media de 3.80 y un porcentaje de 29,87%, presenta el mejor sabor, seguida de la muestra **M1**, con una media de 3,6 y un porcentaje de 26,81%.

3.10.4 Variable: Aceptabilidad.

Cuadro N° 24

Calificaciones otorgadas a cinco muestras de guayusa sobre la aceptabilidad.

PANELISTAS	MUESTRAS				
	M1	M2	M3	M4	M5
P1	4	4	3	1	3
P2	3	3	3	2	4
P3	3	4	4	4	3
P4	4	4	3	1	3
P5	3	3	3	3	3
P6	3	2	3	2	3
P7	4	3	3	2	4
P8	3	4	4	2	4
P9	3	4	2	2	4
P10	3	4	4	3	4

Elaborado por: Chuquirima Gladys / UTE 2011

Cuadro N° 25

Rangos de cinco muestras de guayusa sobre la aceptabilidad.

PANELISTAS	MUESTRAS				
	M1	M2	M3	M4	M5
P1	4,5	4,5	2,5	1,0	2,5
P2	3,0	3,0	3,0	1,0	5,0
P3	1,5	4,0	4,0	4,0	1,5
P4	4,5	4,5	2,5	1,0	2,5
P5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
P6	4,0	1,5	4,0	1,5	4,0
P7	4,5	2,5	2,5	1,0	4,5
P8	2,0	4,0	4,0	1,0	4,0
P9	3,0	4,5	1,5	1,5	4,5
P10	1,5	4,0	4,0	1,5	4,0
Σ	31,5	35,5	31	16,5	35,5
X^{MEDIA}	3,2	3,6	3,1	1,7	3,6
Σ^2	992,25	1260,25	961	272,25	1260,25
					4746,0

Elaborado por: Chuquirima Gladys / UTE 2011

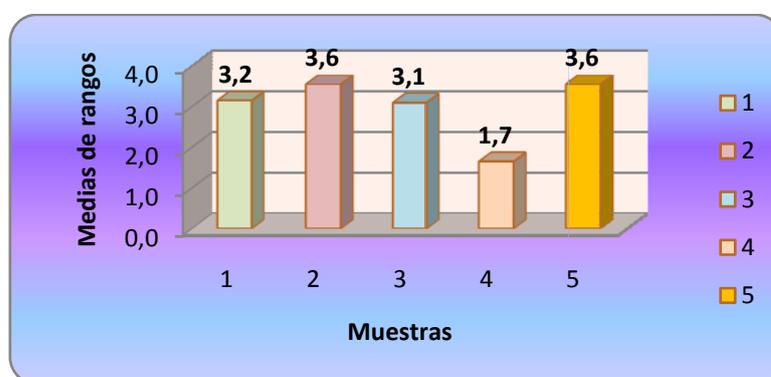
Análisis.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las respectivas tablas, se puede observar que el valor de Friedman al 5% (X^2_R) para la aceptabilidad fue de **9,84****

Establecidos los rangos del puntaje otorgado por diez panelistas para cinco muestras, en la aceptabilidad, se encuentran diferencias altamente significativas, lo que indica que las cinco muestras son estadísticamente diferentes.

Gráfico N° 7

Media de los rangos de aceptabilidad.



Elaborado por: Chuquirima Gladys / UTE 2011

Graficando los rangos medios (*gráfico N° 7*), se observa que la muestra M5 con una media de 3.6 y un porcentaje de 26,55%, es la más aceptada, seguida de la muestra M2, con una media de 3,6 y un porcentaje de 26,50%.

3.11 Proceso de elaboración de infusiones bebibles de guayusa.

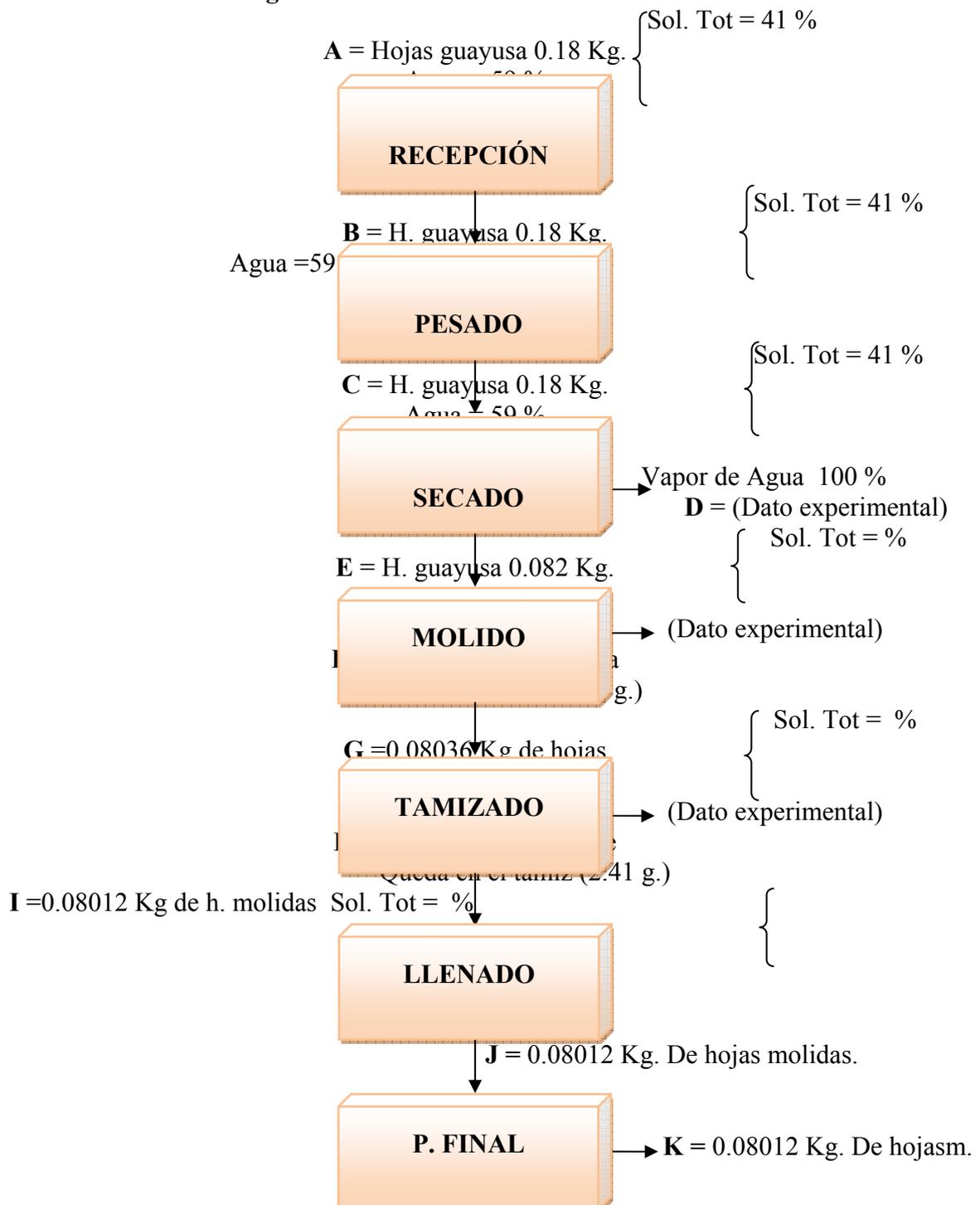
Se elaboró las infusiones bebibles de guayusa usando como materia prima los cinco tratamientos de secado, que fueron deshidratados en la estufa del laboratorio de química de la Universidad tecnológica Equinoccial. Las infusiones fueron hechas de forma natural, simplemente agua y polvo de guayusa, no se usó conservantes si endulzantes con el fin de probar el sabor natural de la hoja y en función de esto evaluar las características organoléptica (sabor, olor, aroma y aceptabilidad).

CAPÍTULO IV

BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA.

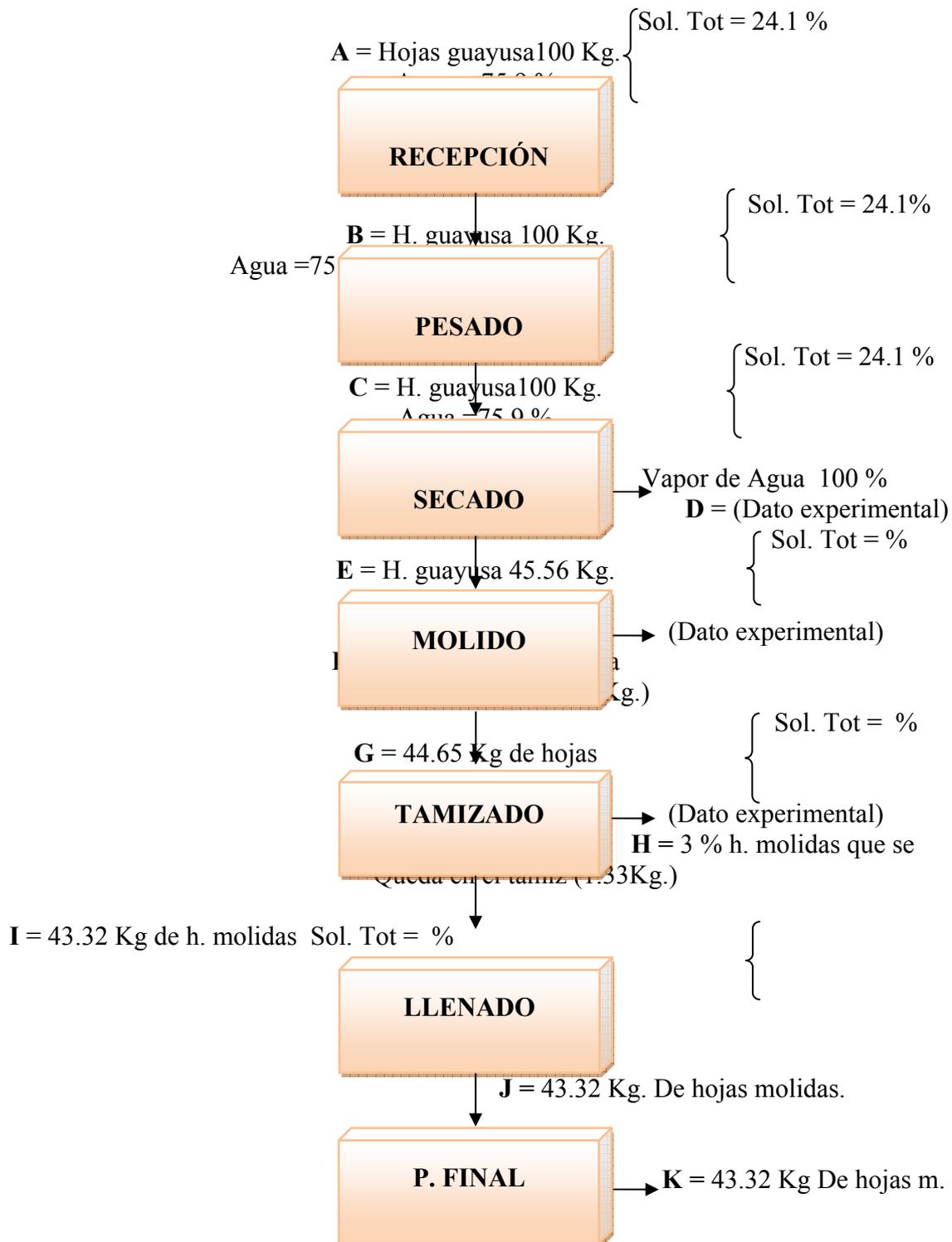
4.1. Diagrama de flujo cuantitativo para la obtención del té de guayusa a nivel de laboratorio.

Base de cálculo: 0.18 Kg



4.2 Diagrama de flujo cuantitativo para la obtención del té de guayusa a nivel piloto.

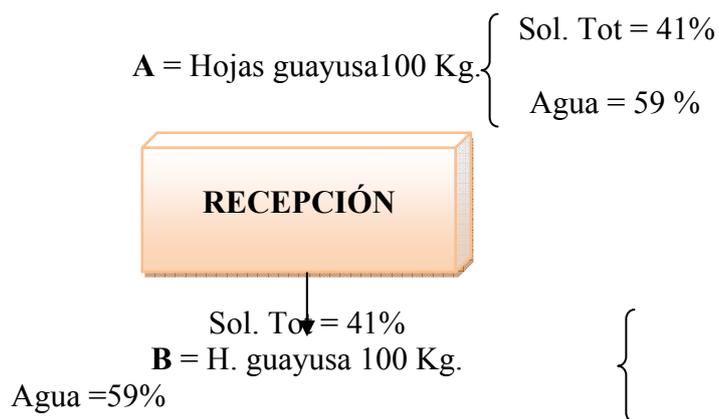
Base de cálculo: 100 Kg



4.3. Balance de materia a nivel piloto del proceso en el secado de las hojas de guayusa

Base de cálculo: 100 Kg

Balance de materia para la recepción



Balance general:

$$A = B$$

$$B = 100 \text{ Kg.}$$

Balance parcial de agua

$$100 (0.59) = 100 (Y_t)$$

$$H_2O = \underline{59}$$

$$100$$

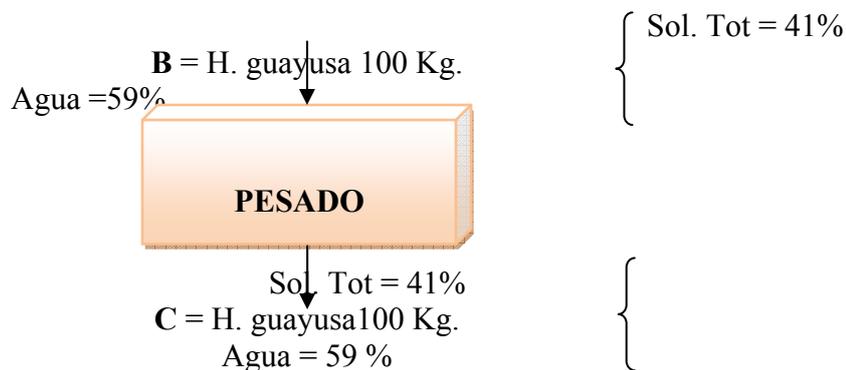
$$H_2O = 0.59 \times 100 \%$$

$$H_2O = 59 \%. \text{ De Agua.}$$

$$S.T. = 100 - 59 \%$$

$$S.T. = 41 \%. \text{ de Sólidos Totales.}$$

Balance de materia para el pesado



Balance general.

$$B = C$$

$$C = 100 \text{ Kg.}$$

Balance parcial de agua

$$100 (0.59) = 100 (Y_t)$$

$$H_2O = \frac{59}{100}$$

$$100$$

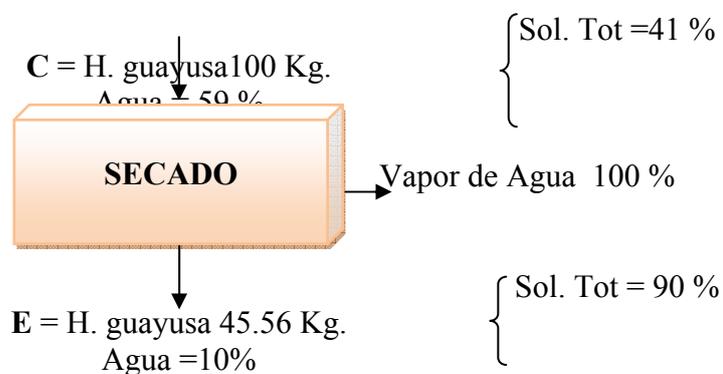
$$H_2O = 0.59 \times 100 \%$$

$$H_2O = 59 \%. \text{ De Agua.}$$

$$S.T. = 100 - 59 \%$$

$$S.T. = 41 \%. \text{ de Sólidos Totales.}$$

Balance de materia para el secado a 60 ° C



Balance general:

$$C = D + E$$

$$100 \text{ Kg.} - 45.56 \text{ Kg.} = D$$

$$D = 54.44 \text{ Kg. de Fruta.}$$

Balance parcial de agua

$$100 (0.59) = 54.44 (1) + 45.56 (Y_m)$$

$$59 = 54.44 + 45.56 Y_m$$

$$H_2O = \frac{59 - 54.44}{45.56}$$

$$H_2O = 0.10 \times 100 \%$$

$H_2O = 10 \%$. De Agua evaporada.

$$S.T. = 100 - 10 \%$$

$$S.T. = 90 \%. \text{ de Sólidos Totales.}$$

Balance de materia para el molido

$E = H.$ guayusa 45.56 Kg.
Agua = 10%

{ Sol. Tot = 90 %



$G = 44.65 \text{ Kg de hojas}$
Agua = 10 %

{ Sol. Tot = 90 %

Balance general

$$G = E - F$$

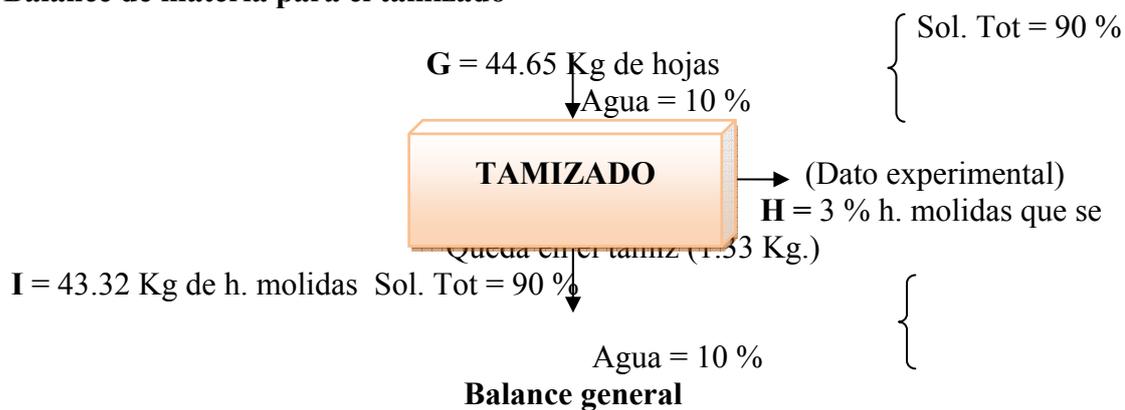
$$45.56 \text{ Kg.} - 0.91 \text{ Kg.} = G$$

$$G = 44.65 \text{ Kg. de hojas deshidratadas.}$$

Balance parcial

$$45.56 \text{ Kg.} (0.02) = F$$

$$F = 0.91 \text{ Kg.}$$

Balance de materia para el tamizado

$$I = G - H$$

$$44.65 \text{ Kg.} - 1.33 \text{ Kg.} = I$$

$$I = 43.32 \text{ Kg. de hojas deshidratadas.}$$

Balance parcial

$$44.65 \text{ Kg.} (0.03) = H$$

$$H = 1.33 \text{ Kg.}$$

Balance de materia para el llenado

$$I = 43.32 \text{ Kg de h. molidas} \text{ Sol. Tot} = 90 \%$$



$$\downarrow J = 7220 \text{ funditas de té de } 6 \text{ g c/u}$$

Balance general

$$T = U$$

$$4.42 \text{ Kg.} = U$$

$$U = 43320 \text{ g. de fruta deshidratada} \times \underline{1 \text{ bolsita de te}}$$

$$6 \text{ g.}$$

$$U = 7220 \text{ funditas de té.}$$

Balance parcial de agua

$$43.32 (0.10) = 43.32 (Yt)$$

$$H_2O = \frac{4.332}{43.32}$$

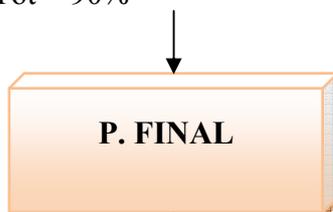
$$H_2O = 0.10 \times 100 \% = 10 \% \text{ de agua evaporada}$$

$$S.T. = 100 - 10 \%$$

$$S.T. = 90 \% \text{ de Sólidos Totales.}$$

Balance de materia para el producto final.

$$J = 7220 \text{ funditas de té} \quad \text{Sol. Tot} = 90\%$$



{ Agua = 10 %

$$K = 7220 \text{ funditas de té de } 6 \text{ g c/u.}$$

Balance general

$$I = J$$

$$J = 43.32 \text{ Kg.}$$

Balance parcial de agua

$$43.32 (0.10) = 43.32 (Yt)$$

$$H_2O = \frac{4.332}{43.32}$$

$$H_2O = 0.10 \times 100 \% = 10 \% \text{ de agua evaporada}$$

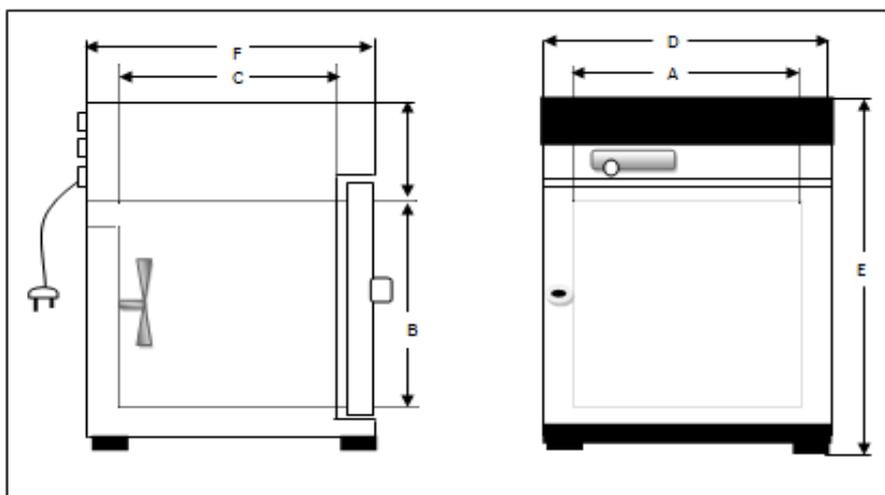
$$S.T. = 100 - 10 \%$$

$$S.T. = 90 \% \text{ de Sólidos Totales.}$$

4.4. Balance de energía a nivel de Laboratorio para la obtención del té de guayusa a 60 ° C.

Gráfico. N° 8

Secador



Elaborado por: Chuquirima Gladys; UTE/2011.

Cuadro. No 26
Datos técnicos de la estufa

Modelo	400
Anchura de la cámara interior A (mm)	400
Altura de la cámara interior B (mm)	400
Fondo de la cámara interior C (mm)	330
Anchura exterior D (mm)	550
Altura exterior E (mm)	680
Fondo exterior F (mm)	480
Volumen interior (litros)	53
Peso (kg)	35
N° máx. de bandejas	4
Carga máx. por bandeja (kg)	30
Carga máx. total por estufa (kg)	90
Condiciones ambientales	Temperatura ambiente entre 5 °C Y 40 °C Humedad relativa 80%, sin condensar. Grado de contaminación 2.

Fuente: Manual de la estufa typ: SFB 400

Elaborado por: Chuquirima Gladys/2011.

4.4.1. Balance de energía del secado en la estufa a 60 °C

Gráfico N° 9
Secador del Laboratorio



Fuente: Chuquirima Gladys; UTE/2011.

Q1 = Calor de paredes verticales (frontal trasera)

Q2 = Calor de las paredes verticales (laterales)

Q3 = Calor de las paredes horizontales (arriba abajo)

Q4 = Calor del producto

Q5 = Calor del equipo

Ecuación para realizar el balance de energía

Balance general

$$Q4 = Q1 + Q2 + Q3$$

4.4.1.1 Calor de las paredes verticales frontal posterior

Datos

$$T_s = 65^\circ\text{C}$$

$$T_a = 25^\circ\text{C}$$

$$L = 0.66 \text{ m}$$

$$T_f = \frac{T_s + T_a}{2}$$

$$T_f = \frac{(65 + 25)^\circ\text{C}}{2} = 45^\circ\text{C} + 273.15 = 318.15^\circ\text{K}$$

o Coeficiente isobárico

$$\beta = \frac{1}{T} = \frac{1}{318.15 \text{ }^\circ\text{K}} = 3.14 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

Se tomaron los datos del libro de Ingeniería de Alimentos de Batty en la tabla C9 del apéndice a 318.15°K.

$$\text{Gr} = \frac{g \beta (T_s - T_a) \rho^2 L^3}{\mu^2}$$

Donde:

$$g = \text{gravedad} = 9.8$$

$$\beta = \text{Coeficiente isobárico de expansión} = 3.14 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$T_s = \text{Temperatura de la superficie} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_a = \text{Temperatura de la corriente de aire} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$L = \text{Longitud de la pared} = 0.50 \text{ m}$$

$$\mu = \text{viscosidad} = 2.016 \text{ Kg/m s} \times 10^{-5}$$

$$\rho = 1.113 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Pr} = 0.704$$

$$\text{Gr} = \frac{g\beta (T_s - T_\alpha)\rho^2 L^3}{\mu^2}$$

$$\text{Gr} = \frac{9.8 \times 3.14 \times 10^{-3} (60 - 25)(1.113)^2 (0.66)^3}{(2.016 \times 10^{-5})^2}$$

$$\text{Gr Pr} = 7,59 \times 10^8$$

$$\text{Log}_{10} \text{Gr Pr} = 8.88$$

Para encontrar Nusselt se procede a dar lectura de la curva en la página 200 del libro de Fundamentos de la Ingeniería de Alimentos de Batty

$$\text{Nu} = 10^{1,9} = 79,43$$

$$\text{Nu} = \frac{h \times L}{k}$$

Donde:

$$\text{Nu} = \text{Número de Nusselt} = 79.43$$

$$h = \text{Coeficiente de transferencia de calor} = ?$$

$$L = \text{Longitud} = 0.66\text{m}$$

$$k = \text{Conductividad térmica del aire} = 0.0267 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

$$h = \frac{\text{Nu} \times k}{L}$$

$$h = \frac{79,43 \times 0.0267 \text{ W/m } ^\circ\text{C}}{0.66 \text{ m}}$$

$$\mathbf{h = 3,21 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}}$$

- **Área de la pared vertical (frente atrás)**

$$A = b \times h$$

Donde:

b = base

h = altura

$$A = 0.66 \text{ m} \times 0.54 \text{ m} \times 2$$

$$A = 0.7128 \text{ m}^2$$

- **Calor de las paredes verticales (frente atrás)**

$$Q_1 = h \times A \times \Delta T$$

$$Q_1 = 3,21 \text{ W/ m}^2\text{°C} \times 0.7128 \text{ m}^2 \times (60 - 25) \text{ °C}$$

$$Q_1 = \mathbf{80,08 \text{ W}}$$

4.4.1.2. Cálculo del calor de las paredes verticales laterales

Datos

$$T_s = 65 \text{ °C}$$

$$T_\alpha = 25 \text{ °C}$$

$$L = 0.50 \text{ m}$$

$$T_f = \frac{T_s + T_\alpha}{2}$$

$$T_f = \frac{(65 + 25) \text{ °C}}{2} = 45 \text{ °C} + 273.15 = 318.15 \text{ °K}$$

- **Coefficiente isobárico**

$$\beta = \frac{1}{T} = \frac{1}{318.15 \text{ °K}} = 3.14 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

Se tomaron los datos del libro de Ingeniería de Alimentos de Batty en la tabla C9 del apéndice a 318.15°K.

$$Gr = \frac{g \beta (T_s - T_a) \rho^2 L^3}{\mu^2}$$

Donde:

g = gravedad	= 9.8
β = Coeficiente isobárico de expansión	= $3.14 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$
T_s = Temperatura de la superficie	= $65 \text{ }^\circ\text{C}$
T_a = Temperatura de la corriente de aire	= $25 \text{ }^\circ\text{C}$
L = Longitud de la pared	= 0.50 m
μ = viscosidad	= $2.016 \text{ Kg/m s} \times 10^{-5}$
ρ = densidad	= 1.113 Kg/m^3
Pr = 0.704	
K = 0.0267 W/m °C	

$$Gr = \frac{g\beta (T_s - T_a)\rho^2 L^3}{\mu^2}$$

$$Gr = \frac{9.8 \times 3.14 \times 10^{-3} (65 - 25)(1.113)^2 (0.50)^3}{(2,016 \times 10^{-5})^2}$$

$$Gr = 4,69 \times 10^8$$

$$Gr Pr = 3,30 \times 10^8$$

$$\text{Log}_{10} Gr Pr = 8.52$$

Para encontrar Nusselt se procede a dar lectura de la curva en la página 200 del libro de Fundamentos de la Ingeniería de Alimentos de Batty (Vera Anexo A-4).

$$Nu = 10^{1.8} = 63,1$$

$$Nu = \frac{h \times L}{k}$$

Donde:

Nu = Número de Nusselt

h = Coeficiente de transferencia de calor

L = Longitud

k = Conductividad térmica del aire

$$h = \frac{Nu \times k}{L}$$

$$h = \frac{70,43 \times 0,0267 \text{ W/m } ^\circ\text{C}}{0,50 \text{ m}}$$

$$h = 3,37 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$$

o **Área de la pared vertical (frente atrás)**

$$A = b \times h$$

Donde:

b = base

h = altura

$$A = 0,66 \text{ m} \times 0,54 \text{ m} \times 2$$

$$A = 0,7128 \text{ m}^2$$

○ **Calor de las paredes verticales (LATERALES)**

$$Q_2 = h \times A \times \Delta T$$

$$Q_2 = 3,37 \text{ W/ m}^2\text{°C} \times 0.7128 \text{ m}^2 \times (60 - 25) \text{ °C}$$

$$Q_2 = \mathbf{84,07 \text{ W}}$$

4.4.1.3. Cálculo del calor de las paredes horizontales

Datos

$$T_s = 65 \text{ °C}$$

$$T_a = 25 \text{ °C}$$

$$L = 0.66 \text{ m}$$

$$T_f = \frac{T_s + T_a}{2}$$

$$T_f = \frac{(65 + 25) \text{ °C}}{2} = 45 \text{ °C} + 273.15 = 318.15 \text{ °K}$$

○ **Coefficiente isobárico**

$$\beta = \frac{1}{T} = \frac{1}{310.65 \text{ °K}} = 3.14 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

Se tomaron los datos del libro de Ingeniería de Alimentos de Batty en la tabla C9 del apéndice a 318,15°K.

$$Gr = \frac{g \beta (T_s - T_a) \rho^2 L^3}{\mu^2}$$

Donde:

g = gravedad	= 9.8
β = Coeficiente isobárico de expansión	= $3.14 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$
T_s = Temperatura de la superficie	= $65 \text{ }^\circ \text{C}$
T_α = Temperatura de la corriente de aire	= $25 \text{ }^\circ \text{C}$
L = Longitud de la pared	= 0.66 m
μ = viscosidad	= $2.016 \text{ Kg/m s} \times 10^{-5}$
ρ = densidad	= 1.113 Kg/m^3
Pr = 0.704	
K = 0.0267 W/m $^\circ \text{C}$	

$$Gr = \frac{g\beta (T_s - T_\alpha)\rho^2 L^3}{\mu^2}$$

$$Gr = \frac{9.8 \times 3.14 \times 10^{-3} (65 - 25)(1.113)^2 (0.66)^3}{(2,016 \times 10^{-5})^2}$$

$$Gr = 1,08 \times 10^9$$

$$Gr Pr = 7,6 \times 10^8$$

Para encontrar Nusselt se localiza en la página 202 del libro de Fundamentos de la Ingeniería de Alimentos de Batty para determinar la fórmula adecuada.

$$Nu = 0.14(Gr_x Pr)^{0.333} = 126,85$$

$$Nu = \frac{h \times L}{k}$$

Donde:

$$\text{Nu} = \text{Número de Nusselt} = 126.85$$

$h = \text{Coeficiente de transferencia de calor} = ?$

$$L = \text{Longitud} = 0.66 \text{ m}$$

$$k = \text{Conductividad térmica del aire} = 0.0267 \text{ W/ m } ^\circ \text{C}$$

$$h = \frac{\text{Nu} \times k}{L}$$

$$h = \frac{126,85 \times 0.0267 \text{ W/m } ^\circ \text{C}}{0.66 \text{ m}}$$

$$\mathbf{h = 5,13 \text{ W/ m}^2\text{ } ^\circ \text{C}}$$

○ **Área de la pared horizontal**

$$\mathbf{A = b \times h}$$

Donde:

$b = \text{base}$

$h = \text{altura}$

$$A = 0.66 \text{ m} \times 0.50 \text{ m} \times 2$$

$$A = 0.66 \text{ m}^2$$

○ **Calor de las paredes horizontales**

$$Q_3 = h \times A \times \Delta T$$

$$Q_3 = 5,13 \text{ W/ m}^2\text{ } ^\circ \text{C} \times 0.66 \text{ m}^2 \times (60 - 25) ^\circ \text{C}$$

$$Q_3 = 118,50 \text{ W}$$

4.4.1.4. Cálculo del calor de la fuente de energía

Datos:

Se midió el voltaje y el amperaje del equipo con los siguientes resultados.

$$V = 110 \text{ v}$$

$$I = 4.7 \text{ Amp.}$$

$$P = V \times I$$

$$P = 110 \text{ V} \times 4.7 \text{ Amp.}$$

$$P = 517 \text{ Watts} \times 0.7 \text{ (perdidas de calor por la paredes)}$$

$$P = 361.9 \text{ Watts.}$$

$$Q_5 = 361,9 \text{ W}$$

4.4.1.5. Calor Práctico del producto

Balance General:

$$Q_5 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$361.9 \text{ W} = 80.08 \text{ W} + 84,07 \text{ W} + 118,50 \text{ W} + Q_4$$

$$Q_4 = 361.9 \text{ W} - 80.08 \text{ W} - 84,07 \text{ W} - 118,50 \text{ W}$$

$$Q_4 = 79.25 \text{ W.}$$

4.4.1.6. Calor teórico del producto

- **Calor específico de las hojas de guayusa secas.**

Datos

$$\% \text{ Humedad} = 10 \%$$

$$\% \text{ sólidos} = 90 \%$$

$$C_p \text{ agua} = 4.19 \text{ KJ / Kg. } ^\circ\text{C}$$

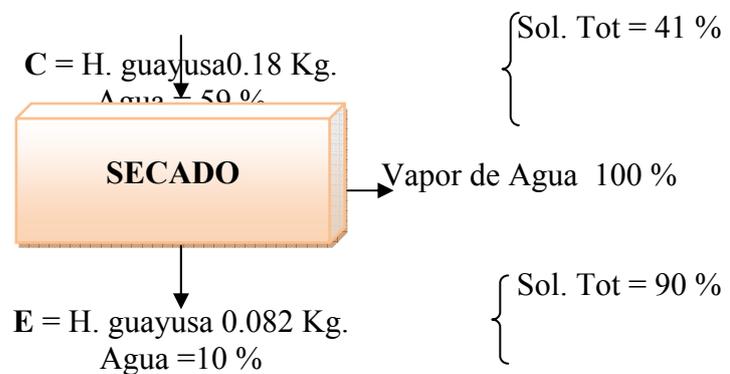
$$C_p \text{ sólido} = 1.38 \text{ KJ / Kg. } ^\circ\text{C}$$

o **Calor específico del producto.**

$$C_p \text{ producto} = \frac{M \text{ H}_2\text{O}}{M} * C_p \text{ H}_2\text{O} + \frac{M \text{ Sólido}}{M} * C_p \text{ sólido}$$

$$C_{p\text{producto}} = \frac{10}{100} * 4.19 \text{ KJ/Kg. } ^\circ\text{C} + \frac{90}{100} * 1.38 \text{ KJ/Kg. } ^\circ\text{C}$$

$$C_p \text{ producto} = 1.66 \text{ KJ/Kg. } ^\circ\text{C}$$



Datos

$$C_p \text{ del producto} = 1.66 \text{ KJ/Kg. } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta H(60^\circ\text{C}) = 2358,5 \text{ KJ/Kg.}$$

o **Calor sensible**

$$Q_s = m \times C_p \times \Delta T$$

$$Q_s = 0,082 \text{ Kg/h} \times 1.66 \text{ KJ/ Kg. } ^\circ\text{C} \times (60-25)^\circ\text{C}$$

$$Q_s = 4,76 \text{ KJ/min} \times 1000\text{J/1KJ} \times 5 \text{ h}/18000\text{s}$$

$$Q_s = 1,32 \text{ W}$$

○ **Calor latente**

$$Q_L = m \times H_{fg}$$

$$Q_L = 0.098 \text{ Kg/h} \times 2358,5 \text{ KJ/Kg.}$$

$$Q_L = 231.13 \text{ KJ/h} \times 1000\text{J/1KJ} \times 5\text{h}/18000\text{s}$$

$$Q_L = \mathbf{64,2 \text{ W}}$$

○ **Calor total teórico del producto**

$$Q_T = Q_S + Q_L + 20\%$$

$$Q_T = 1.32 \text{ W} + 64,2 \text{ W}$$

$$Q_T = 65,52 \text{ W} \times 1.2$$

$$Q_T = \mathbf{78,63 \text{ W}}$$

4.4.1.7. Porcentaje de eficiencia del secador

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Q teórico del producto}}{\text{Q práctico del producto}} \times 100$$

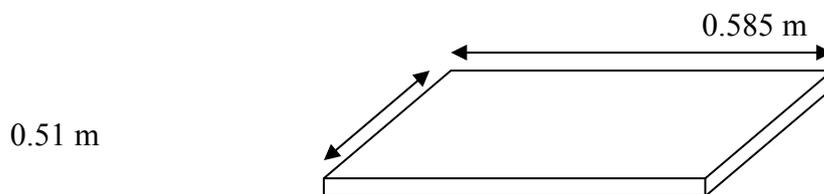
$$\text{Eficiencia} = \frac{78.63 \text{ W}}{79.25 \text{ W}} \times 100$$

$$79.25 \text{ W}$$

$$\text{Eficiencia} = 99.2 \%$$

4.4.1.8. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor

Área de las bandejas usadas en el secado



$$A = b \times h$$

$$A = 0.51 \text{ m} \times 0.585 \text{ m}$$

$$A = 0,298 \text{ m}^2$$

○ **Calor en la superficie de las bandejas**

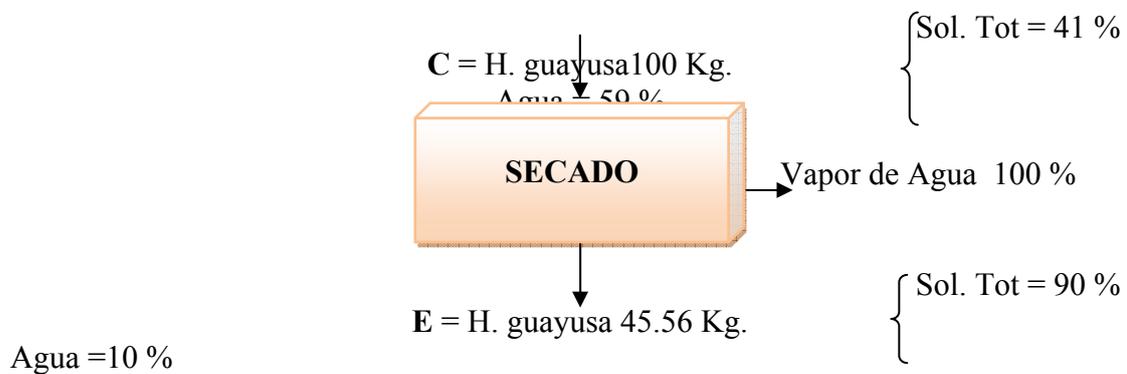
$$Q = U \times A \times \Delta T$$

$$U = 79.25 \text{ W} / 0,298\text{m}^2 \times (60-25) \text{ }^\circ\text{C}$$

$$U = 7.8\text{W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

4.4.1.9 Determinación del área de transferencia del equipo a nivel piloto

Se considera una base de cálculo de 100Kg/h



Datos

$$C_p \text{ del producto} = 1.66 \text{ KJ/Kg. } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta H(60^\circ\text{C}) = 2358,5 \text{ KJ/Kg.}$$

Calor sensible

$$Q_s = m \times C_p \times \Delta T$$

$$Q_s = 45.56 \text{ Kg/h} \times 1.66 \text{ KJ/ Kg. } ^\circ\text{C} \times (60-25)^\circ\text{C}$$

$$Q_s = 2647.036 \text{ KJ/h} \times 1000\text{J}/1\text{KJ} \times 5 \text{ h}/18000\text{s}$$

$$Q_s = 735.29 \text{ W}$$

- **Calor latente**

$$Q_L = m \times H_{fg}$$

$$Q_L = 54.44 \text{ Kg/h} \times 2358,5 \text{ KJ/Kg.}$$

$$Q_L = 128396.74 \text{ KJ/h} \times 1000\text{J/1KJ} \times 5\text{h/18000s}$$

$$Q_L = \mathbf{35639.55 \text{ W}}$$

- **Calor total teórico del producto**

$$Q_T = Q_S + Q_L + 20\%$$

$$Q_T = 735.29 \text{ W} + 35639.55 \text{ W}$$

$$Q_T = 36374.8 \text{ W} \times 1,2$$

$$Q_T = 43649.8 \text{ W}$$

- **Área en la superficie de las bandejas**

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

$$A = 43649.8 \text{ W} / 7.8\text{W/m}^2\text{°C} \times (60-25) \text{ °C}$$

$$A = \mathbf{159.6 \text{ m}^2}$$

4.5 Curva de secado

Cuadro. No 27
Datos experimentales para la curva de secado (60° C)

Tiempo (Hrs)	Muestra (g)	H ₂ O Evaporada (g)	H ₂ O Total	XT Perdida de humedad (g)	X Cantidad de humedad g H ₂ O /g m.s	Contenido de humedad media g H ₂ O/g ms	velocidad g H ₂ O/hrm ²
0,0	55,48						
0,5	49,28	6,2					
1,0	44,14	5,14	11,34	20.254	0.8479		
1,5	38,74	5,4	16,74	14.854	0.6219	0.7349	36.24
2,0	34,93	3,81	20,55	11.044	0.4624	0.5422	25.57
2,5	31,22	3,71	24,26	7.334	0.3070	0.3847	24.89
3,0	28,50	2,72	26,98	4.614	0.1932	0.2501	18.25
3,5	27,66	0,84	27,82	3.774	0.1580	0.3512	2.62
4,0	26,92	0,74	28,56	3.034	0.1270	0.1425	4.97
4,5	26,66	0,26	28,82	2.774	0.1161	0.1216	1.74
5,0	26,54	0,12	28,94	2.654	0.1111	0.1136	0.81

Elaborado por: Chuquirima Gladys; UTE/2011.

○ Datos y cálculos de laboratorio

Producto húmedo: 59 % H₂O

Producto seco: 10 % H₂O

○ Peso inicial de agua

Peso inicial de H₂O= Peso de H₂O eliminada + Peso H₂O de la masa seca

Peso de H₂O eliminada = Peso muestra húmeda - Peso muestra seca

Peso de H₂O eliminada = 55.48 – 26.54

Peso de H₂O eliminada = 28.94

○ **Peso de agua de la masa seca**

Peso H₂O de masa seca = Peso de masa seca x %H₂O de masa seca

Peso H₂O de masa seca = 26.54 x 0.10

Peso H₂O de masa seca = 2.654g H₂O

Peso inicial de H₂O= Peso de H₂O eliminada + Peso H₂O de la masa seca

Peso inicial de H₂O= 28.94 + 2.654

Peso inicial de H₂O= 31.594g.

○ **Peso de la muestra seca**

Peso de la materia seca = peso del producto seco – peso del H₂O del producto seco

Peso de la materia seca = 26.54 - 2.654

Peso de la materia seca = 23.886 g.

○ **Porcentaje de humedad inicial**

% humedad inicial del producto = (peso inicial del H₂O)/(peso de la muestra húmeda)*100

% humedad inicial del producto = (31.594 g.)/(55.48 g)*100

% humedad inicial del producto = 57 %

○ **Porcentaje de humedad final**

% humedad final del producto = (peso del H₂O muestra seca)/ (peso del producto seco)*100

% humedad final del producto = (2.654g)/((55.48-28.94)*100

% humedad final del producto = 10 %

4.5.1. Perdida de humedad

XT = Peso inicial de H₂O – Pérdida de humedad

Cuadro. No 28
Perdida de humedad (XT)

Tiempo (Hrs)	Peso inicial del H ₂ O	Perdida de humedad	Humedad total (g de H ₂ O)
1,0	31.594	11,34	20.254
1,5	31.594	16,74	14.854
2,0	31.594	20,55	11.044
2,5	31.594	24,26	7.334
3,0	31.594	26,98	4.614
3,5	31.594	27,82	3.774
4,0	31.594	28,56	3.034
4,5	31.594	28,82	2.774
5,0	31.594	28,94	2.654

Elaborado por: Chuquirima Gladys; UTE/2011.

4.5.2. Contenido de humedad

Contenido de humedad (X) = $\frac{\text{Humedad total XT}}{\text{Masa total seca}}$

Masa total seca

Contenido de humedad (X) = $\frac{20.254}{23.886}$

23.886

Contenido de humedad (X) = 0.8479 g H₂O /g m.s

4.5.3. Velocidad de secado

$$v = \frac{X_{T1} - X_{T2}}{\text{Tiempo}(\text{hrs}) * A(\text{m}^2)}$$

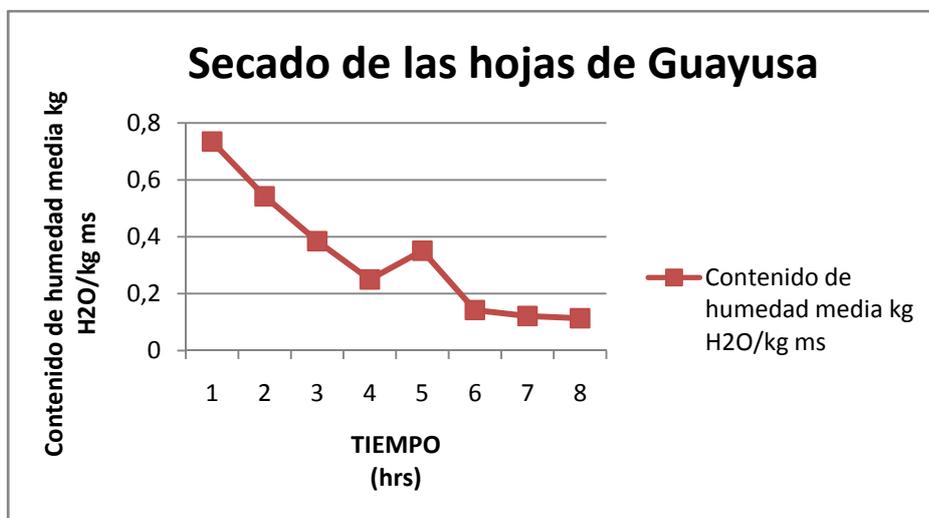
Cuadro. No 29
Velocidad de secado

Tiempo (hrs)	Fórmula	Velocidad de secado (gH ₂ O/hrm ²)
1,5	$v_1 = \frac{20.254 - 14.854}{0.5 * 0.298}$	36.24
2,0	$v_2 = \frac{14.854 - 11.044}{0.5 * 0.298}$	25.57
2,5	$v_3 = \frac{11.044 - 7.334}{0.5 * 0,298}$	24.89
3,0	$v_4 = \frac{7.334 - 4.614}{0.5 * 0,298}$	18.25
3,5	$v_5 = \frac{4.164 - 3.774}{0.5 * 0,298}$	2.62
4,0	$v_6 = \frac{3.774 - 3.034}{0.5 * 0,298}$	4.97
4,5	$v_7 = \frac{3.034 - 2.774}{0.5 * 0,298}$	1.74
5,0	$v_8 = \frac{2.774 - 2.654}{0.5 * 0,298}$	0.81

Elaborado por: Chuquirima Gladys; UTE/2011.

Gráfico N° 10

Curva de secado de las hojas de guayusa.



Elaborado por: Chuquirima Gladys; UTE/2011.

4.5.4. Tiempo teórico de secado

$$\theta_1 = \int \frac{x_f}{x_1} dx/dq$$

$$\theta_1 = \frac{S}{A} * \frac{(x_1 - x_2)}{v}$$

$$\theta_1 = \frac{23.886 \text{ gmasaseca}}{0.298 \text{ m}^2} * \frac{(0.8479 - 0.6219) \frac{\text{gH}_2\text{O}}{\text{gmasaseca}}}{36.24 \frac{\text{gH}_2\text{O}}{\text{hrsm}^2}}$$

$$\theta_1 = 0.5 \text{ hrs.}$$

$$\theta_2 = \frac{S}{A} \int \frac{x_f}{x_1}$$

$$\theta_2 = \frac{23.886 \text{ gm.s}}{0.298 \text{ m}^2} * (0.6219 - 0.1111) \frac{\text{gH}_2\text{O}}{\text{gm.seca}} * \left(\frac{1}{\frac{36.24}{0.5}} + \frac{1}{\frac{0.81}{0.5}} \right)$$

$$\theta_2 = 4.5 \text{ hrs}$$

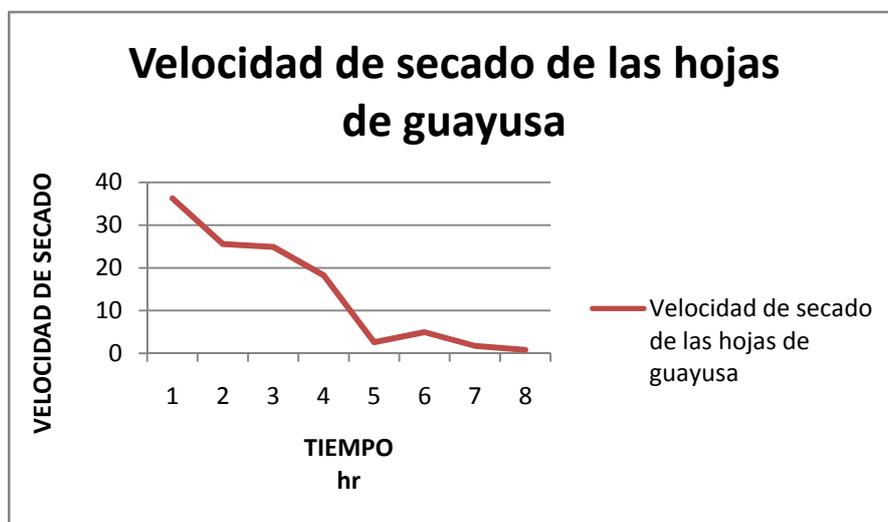
$$\theta_T = \theta_1 + \theta_2$$

$$\theta_T = (0.5 + 4.5) \text{ hrs}$$

$$\theta_T = 5 \text{ hrs}$$

Gráfico N° 11

Curva de secado de las hojas de guayusa.



Elaborado por: Chuquirima Gladys; UTE/2011.

4.6 Rendimiento

4.6.1. Rendimiento del té de guayusa.

Cuadro. No 30

Rendimiento del té de guayusa.

Kilogramos de guayusa que ingresa = 0.18 kg

Kilogramos de guayusa seco y molido que se obtiene = 0.08012 kg

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{kg de té}}{\text{kg de guayusa que ingresa}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,08012}{0,18} * 100$$

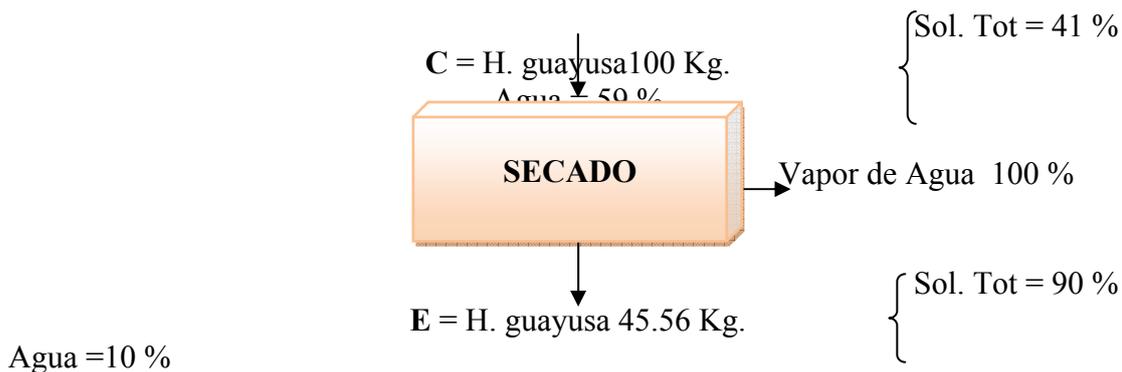
$$\text{Rendimiento} = 44.5 \%$$

Elaborado por: Chuquirima Gladys; UTE/2011

4.7. Dimensionamiento del equipo.

4.7.1. Dimensionamiento del secador de guayusa.

- Se considera una base de cálculo de 100Kg/h



Datos

C_p del toronche = 1.66 KJ/Kg. °C

$\Delta H(60^\circ\text{C}) = 2358,5$ KJ/Kg.

Calor sensible

$$Q_s = m \times C_p \times \Delta T$$

$$Q_s = 45.56 \text{ Kg/h} \times 1.66 \text{ KJ/Kg. } ^\circ\text{C} \times (60-25)^\circ\text{C}$$

$$Q_s = 2647.036 \text{ KJ/h} \times 1000\text{J/1KJ} \times 5 \text{ h/18000s}$$

$$Q_s = 735.29 \text{ W}$$

- Calor latente

$$Q_L = m \times H_{fg}$$

$$Q_L = 54.44 \text{ Kg/h} \times 2358,5 \text{ KJ/Kg.}$$

$$Q_L = 128396.74 \text{ KJ/h} \times 1000\text{J/1KJ} \times 5\text{h/18000s}$$

$$Q_L = 35639.55 \text{ W}$$

○ **Calor total teórico del producto**

$$Q_T = Q_S + Q_L + 20\%$$

$$Q_T = 735.29 \text{ W} + 35639.55 \text{ W}$$

$$Q_T = 36374.8 \text{ W} \times 1,2$$

$$Q_T = 43649.8 \text{ W}$$

○ **Área en la superficie de las bandejas**

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

$$A = 43649.8 \text{ W} / 7.8 \text{ W/m}^2\text{°C} \times (60-25) \text{ °C}$$

$$A = 159.6 \text{ m}^2$$

4.7.2. Dimensionamiento de las bandejas

$$A = \frac{159.6 \text{ m}^2}{20 \text{ bandejas}} = 2.8 \text{ m}^2 \text{ área de cada bandeja}$$

$$A = L^2$$

$$L = \sqrt{A}$$

$$L = \sqrt{2.8 \text{ m}^2}$$

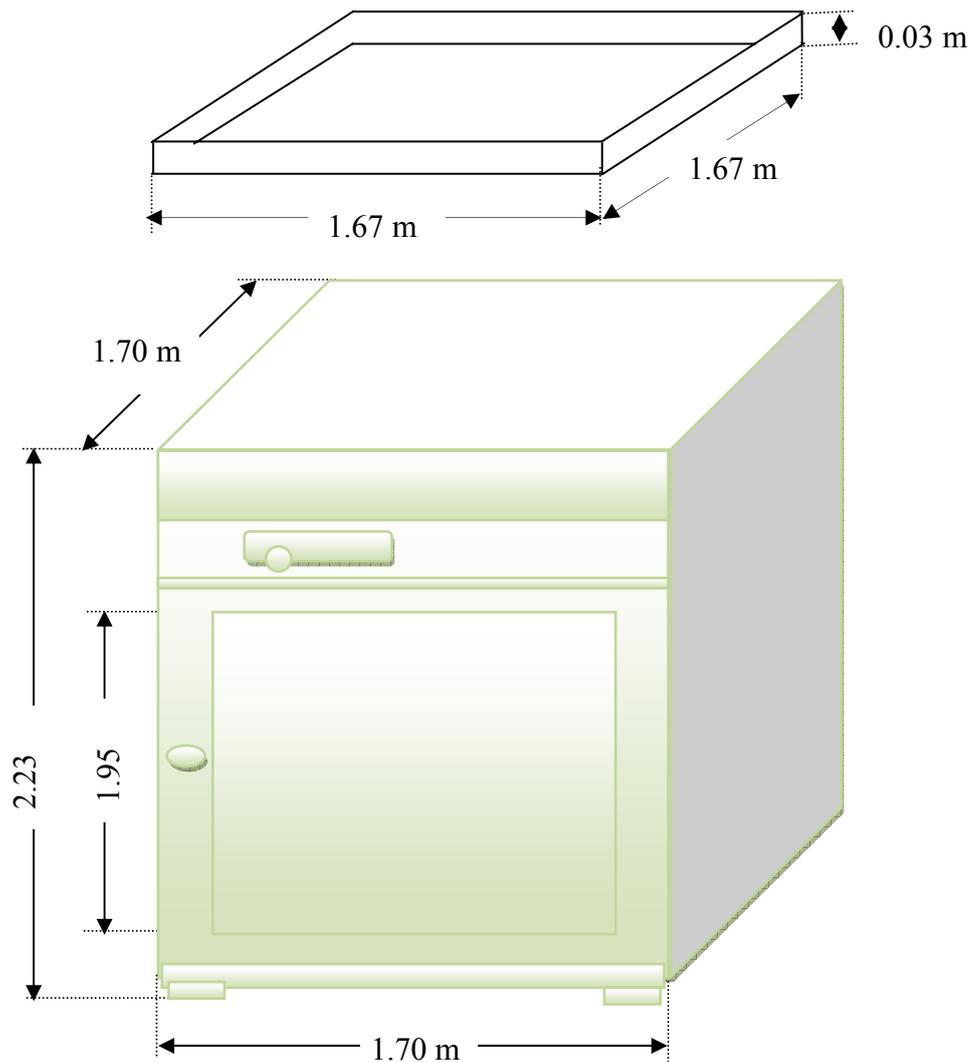
$$L = 1.67 \text{ m}$$

• **Dimensionamiento de cada bandeja** = 1.67 m largo * 1.67 m de ancho.

• **Cantidad de materia prima en cada bandeja**

$$MP(I) = \frac{100 \text{ Kg}}{20 \text{ bandejas}}$$

$$MP(I) = 5 \text{ Kg por bandeja.}$$



Anchura de la cámara interior (cm)	167
Altura de la cámara interior (cm)	195
Fondo de la cámara interior (cm)	167
Anchura exterior (cm)	170
Altura exterior (cm)	223
Fondo exterior (mm)	170
N° de bandejas	20

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Diseño: Gladys Chuquirima.

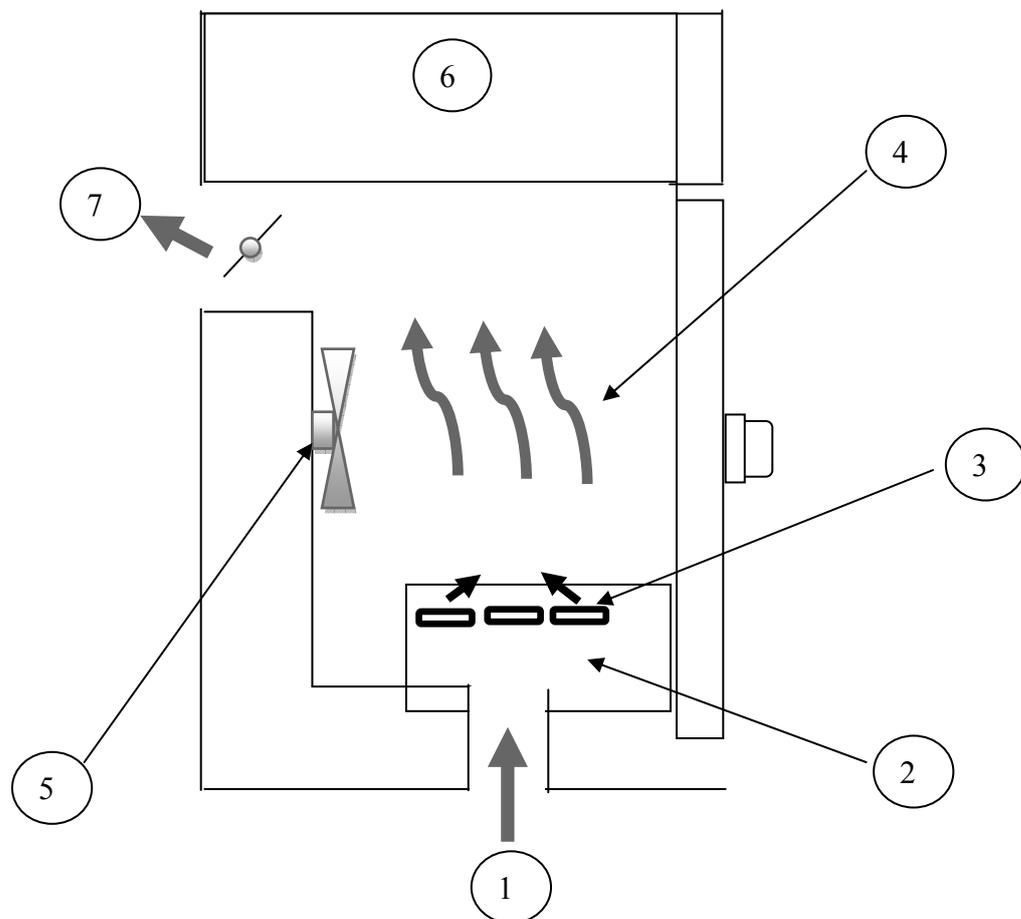
Dibujó: Gladys Chuquirima.

Aprobó: Ing. Burbano

**VISTA FRONTAL DEL
SECADOR**

Escala: 1:100

Plano: 1



Simbología:

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| 1. Entrada de aire fresco | 2. Cámara de precalentamiento |
| 3. Ranuras de aire | 4. Cámara interior |
| 5. Turbina de aire | 6. Trampilla de aire |
| 7. Salida de aire | |

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Diseño: Gladys Chuquirima.

Dibujó: Gladys Chuquirima.

Aprobó: Ing. Burbano

**ESTRUCTURA Y
FUNCIONAMIENTO
DEL SECADOR**

Escala: 1:100

Plano: 2

4.8 Costos

4.8.1 Costos del té de guayusa.

Cuadro. No 31
Costos de producción del té de guayusa.

Producto	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
guayusa	0,180 Kg	200 hojas	1.00	2.00
Funditas de té	13	Und.	0.01	0.13
COSTO A				2.13
Detalle		Cantidad	Total	
mano obra		10% Costo A	0.213	
Energía		5 % Costo A	0.107	
Utilidad		20% Costo A	0.426	
producción de maquinaria		5 % Costo A	0.107	
COSTO B			0.853	
COSTO TOTAL = COSTO A+ COSTO B				
COSTO TOTAL = 2.98				

Elaborado por: Chuquirima Gladys/UTE/2011.

Peso total de la fruta seca a enfundar: 0.08 Kg. Equivalentes a 13 funditas de té, con seis gramos cada una.

Las 13 funditas de té tienen un costo de \$ 2.98 dólares; es decir cada fundita de té con un peso de 6 gr, cuesta \$ 0,23 dólares.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones.

- Se determinó que el mejor tratamiento para la obtención del té de guayusa de calidad es secar las hojas a 60°C por el tiempo de 5 horas, el cual se obtuvo aplicando un Diseño Experimental (AxB), implementado en un DBCA (Diseño de bloques completamente al azar) con tres repeticiones basándose en los resultados del contenido proteico considerado el más relevante de la investigación, el cual no tiene diferencia significativa al secar a diferentes temperaturas y tiempos, dando como resultado la mejor temperatura y tiempo antes mencionadas con un promedio de 10.85 %.
- Para no perder los componentes bromatológicos y no alterar las características organolépticas de la guayusa, el mejor método de secado de las hojas de guayusa, es la deshidratación a temperatura ambiente bajo sombra, es decir, a 27°C en un rango de tiempo de 10 días. Este tratamiento presenta las mejores condiciones organolépticas tanto en color, sabor y aceptación para los consumidores.
- Se realizó el análisis sensorial y se obtuvo que para el atributo **color**, la mejor muestra seleccionada por los diez panelistas fue la M5 (temperatura ambiente), con una calificación media de 4,3 y un porcentaje de 37,68 %, seguida de la muestra M4, con una media de 3,5 y un porcentaje de 25,56%.
- En el atributo **aroma**, la muestra M4 (secado solar) presenta el mejor aroma con una media de calificación 4,0 y un porcentaje de 32,58 %, seguida de la muestra M3, con una media de 3,8 y un porcentaje de 30,15%.

- Para el atributo **sabor**, la muestra M5 con una calificación media de 3,80 y un porcentaje de 29,87%, presenta el mejor sabor, seguida de la muestra M1, con una media de 3,6 y un porcentaje de 26,81%.
- Finalmente, al realizar el análisis sensorial, se concluye que la muestra más aceptada fue la M5 (secado a temperatura ambiente), con una media de 3.6 y un porcentaje de 26,55%, seguida de la muestra M2; es decir que el producto si es aceptable para los consumidores, ya que posee un color, olor y sabor agradable.
- Se realizó un balance de materia y energía en el proceso, además se dimensionó un equipo para la planta de elaboración de té de guayusa, el cual tiene un área de transferencia de calor de 159.6 m² y una cantidad de energía eléctrica consumida de 43649.8 W.
- Se determinó el rendimiento de la hoja deshidratada y se obtuvo un total del 44.5 % lo que equivale a 13 funditas de té de seis gramos cada una; utilizando una masa inicial de 0.18 Kg.
- Se determinó que las 13 funditas de té tienen un costo de \$ 2.98 dólares; es decir cada fundita de té con un peso de 6 gr, cuesta \$ 0,23 dólares.

5.2 Recomendaciones.

Con todos estos estudios realizados sobre la hoja de la guayusa, se recomienda:

- Que para elaborar una infusión bebible con buenas características organolépticas y sin alterar la composición bromatológica de la guayusa, se debe secar las hojas a temperatura ambiente bajo sombra, durante 10 días.
- Efectuar un trabajo de investigación sobre los principios activos de la guayusa.
- Realizar ensayos que verifiquen los ecotipos existentes de guayusa en la Amazonia y el contenido de cafeína.
- La temperatura de deshidratación de las plantas medicinales no debe ser superior a 80°C, porque sufren descomposición de sus principios activos.
- Finalmente, realizar un trabajo de campo en el cultivo de ecotipos de guayusa, con el fin de mantener el consumo como té y reactivar la economía de muchas familias, dándoles un proceso de acuerdo a los recursos disponibles en la comunidad, haciéndoles un proyecto sostenible.

BIBLIOGRAFÍA.

Libros.

1. ACOSTA SOLÍS, M. Guayusa, planta medicinal del Oriente ecuatoriano. Publicación Miscelánea (Quito) 302: 1-8. 1972.
2. BATTY, J.C &Folkman Steven / (1990): Fundamentos de la ingeniería de alimentos, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México,
3. BADUI, D. S., Química de los alimentos. Facultad Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México 1993.
4. BLASER, M., Plantas medicinales del pueblo Cofán. Pastoral Cofán ISAMIS, Centro Cultural Padre Ramón López, Quito 2003.
5. COCHRAN, Willian;Cox, Gertrude/ (1990). Diseño Experimentales. Editorial Trillas
6. FOSTER Dennis L. Análisis y bebidas: Operaciones, métodos y control de costos.
7. GUEVARA, A., Bebidas Carbonatadas, Departamento Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios, Universidad Nacional Agraria La Molina: Lima Perú. 2002.
8. JORGENSEN, P.M. y S. León-Yáñez (Eds.) Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador. Monographs in Systematic Botany from The Missouri Botanical Garden 75:1-1181. 1999.
9. PERRY, ROBERT. 1992. Manual del ingeniero químico, Tomo V. Sexta edición. México: M.C. Graw-Hill.

10. PEARSON. 2002. Composición y análisis de los alimentos. Editorial Continental. México.
11. ROSERO GORDÓN, A.L. Desarrollo y validación de un método analítico por cromatografía líquida de alta resolución para la cuantificación de cafeína de un extracto hidro-alcohólico de *Ilex guayusa*. Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador. 2006-2007.
12. SANDOVAL M, P Eduardo: Metodología de la investigación científica, 1992. EDITORIAL DON BOSCO
13. SÁNCHEZ PINEDA DE LAS INFANTAS, M.T. Procesos de elaboración de alimentos y bebidas. Departamento de bromatología y tecnología de los alimentos. Universidad de Córdoba. 2003.
14. SCHULTES, R.E. *Ilex guayusa* from 500 A.D. to the present. *Etnologiska Studier* 32: 115-138. 1972.
15. SPRUCE, R. Notas de un botánico en el Amazonas y los Andes. Ediciones Abya-Yala. Quito, Ecuador. Colección Tierra Incógnita 21: 1-749. 1996.
16. SUQUILANDA, M., Agricultura orgánica. Alternativa Tecnológica del futuro, ed. Moserrat., Quito-Ecuador. 654. 1996

Memorias técnicas y revistas.

17. AA. VV., Manual de Plantas Medicinales y Baños de Vapor de los Kichwas de la Amazonía Ecuatoriana, FONAKISE, Imprenta Mariscal, Quito.
18. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

19. Manual de medicina tradicional. Programa de Salud de la Federación de Organizaciones Indígenas de Napo. Junio 1997.
20. Manual de Análisis de Alimentos, del “Laboratorio de Química”. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo de los Tsáchilas.
21. Manual de Análisis de Bromatológicos, del “Laboratorio de Química”. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo de los Tsáchilas.

Internet.

22. <http://www.corpei.org>
23. <http://www.cosmvisionandina.org>
24. <http://plantasquecuran.com>
25. <http://www.inta.gov.ar>
26. <http://ocw.upm.es>
27. <http://www.alimentosargentinos.gov.ar>
28. <http://www.infomipymehonduras.com>
29. <http://www.ile.com.ec>
30. <http://www.wikipedia.com>

ANEXOS.

ANEXO 1

Determinación de humedad.

1. **Objetivo:** Desechar las hojas hasta un peso constante en condiciones establecidas.
2. **Materiales y equipos**
 - Cápsula de porcelana.
 - Estufa con regulador de temperatura.
 - Desecador.
 - Pinza para crisol.
 - Balanza analítica.
3. **Procedimiento:**
 - a) Secar la cápsula vacía en estufa a 105°C por 1 hora.
 - b) Enfriar en el desecador y pesar la cápsula vacía y registrarla como (w1).
 - c) Pesar de 2 – 10 gramos de muestra (w).
 - d) Colocar la cápsula y muestra durante 2 horas en la estufa con la ventilación abierta a 105 ±5°C.
 - e) Retirar la cápsula de la estufa y enfriar en el desecador por 30 minutos, pesar y registrar el peso (w2).
 - f) Introducir de nuevo la cápsula en la estufa, mantener en ella durante 30 minutos más, enfriar en el desecador y pesar.
 - g) Repetir la operación hasta peso constante.

4. Cálculo.

$$Hm = \frac{(w3 - w2N)}{w} \times 100$$

Hm: % humedad.

w3: w1 + w

w: peso de muestra.

w1: peso de cápsula vacía.

w2: peso cápsula más muestra seca.

ANEXO 2

Determinación de proteína.

1. Equipos y materiales.

Balanza analítica.
Espátula.
Balón Kjeldahl.
Cocineta eléctrica.
Probeta de 250 ml.
Equipo de destilación completo.
Bureta de 50 ml.
Agitador magnético.

2. Reactivos.

Ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,1N.: Medir exactamente con una pipeta 2.75ml de H_2SO_4 concentrado ($d=1.84\text{g/ml}$ y 96.9% de pureza), añadir a un poco de agua en un balón aforado de 1000 ml y aforar con agua destilada.

Hidróxido de sodio (NaOH) al 40%: Pesar 400g de NaOH y disolver en agua hasta un volumen de 1 litro.

Ácido bórico (H_3BO_3) al 2 %, Pesar 5g de H_3BO_3 y disolver en agua hasta un volumen de 250ml.

Indicador mezclado: Mezclar 0.1 g de rojo de **metileno** y 0.1 g de verde de bromocresol, y disolver en 250 ml de etanol.

Mezcla de sales: Mezclar 15.8 g. de sulfato de potasio (K_2SO_4), 2.0 g. de sulfato ferroso (FeSO_4), 2.0 g de sulfato cúprico (CuSO_4) y 0.2 de metal selenio.

También se puede utilizar una mezcla compuesta por 10 g de (K_2SO_4), 0,5 g de (HgO) y 0.1 g ($CuSO_4$).

3. Procedimiento.

Digestión de la muestra: Utilizando una balanza analítica, pése en papel de aluminio 0.5 g a 10 g de muestra seca y desengrasada. Colóquese en el matraz de destilación digestión de 100 ml. Añádase 1.5 g de la mezcla de sales, 1 ml. de agua y 5 ml. de (H_2SO_4) concentrado. Resuélvase vigorosamente y efectúe la digestión al menos durante una hora, después de que la mezcla se ponga transparente, enfríese a la temperatura ambiente y agréguese 15 ml. de agua. Sacúdase hasta que el contenido del matraz esté completamente mezclado.

Destilación del amoníaco: Medir 10 ml. de (H_3BO_3) al 2 % con una pipeta volumétrica, póngase en un Erlenmeyer de 250 ml. y añádase 0.5 ml. de indicador mezclado. Conéctese el matraz de destilación – digestión que contiene el material digerido a la unidad de destilación. Iníciase el paso del vapor por el sistema y agréguese lentamente 20ml de NaOH al 40%. Destílese hasta recoger un volumen de 120 a 150 ml. y añádase 0.50 ml. más de indicador mezclado, titúlese el NH_3 absorbido con H_2SO_4 0.1N.

4. Cálculos.

$$\% N = \frac{(V - V_b) 1,401 * 0,1 * K}{p}$$

%P= Porcentaje de N x factor(6.25)

Donde:

- P: Proteína bruta.
- N: Porcentaje de nitrógeno.
- V: Volumen de titulación de la muestra.
- Vb: Volumen de titulación del blanco.
- K: Constante de normalización del CIH 0,1 N.
- p: Peso de la muestra en gramos.

ANEXO 3

Determinación de fibra.

1. Principio:

Una muestra, exenta de grasa, se trate con ácido sulfúrico en ebullición y después con hidróxido sódico en ebullición. El residuo, menos las cenizas se consideran fibra.

2. Método de weende

3. Procedimiento:

- Pesar 2 g. de muestra seca y desengrasada, pasar a un vaso de precipitación de 250 ml. Someter, a digestión ácida con H₂SO₄ a 1.25% por 30 minutos (ebullición).
- Filtrar en caliente usando un Buchner.
- Lavar con agua caliente, pasar al vaso de precipitación la fibra.
- Someter la digestión básica con NaOH al 1.25% por 30 minutos (ebullición).
- Filtrar en caliente usando un Buchner (con un papel wattman cuantitativo).
- Lavar con agua caliente y luego con acetona o EtOH al 95%.
- Secar el papel más la fibra, durante una noche en la estufa.
- Pesar el crisol con residuos incinerados.
- Calcular el % de fibra.

4. Cálculos.

$$\% \text{ FIBRA} = \frac{(p1-p2)-(p3-p4)}{p5} * 100$$

P1= Peso del papel filtro más fibra, seco en la estufa.

P2= Peso del papel filtro tarado.

P3= Peso del crisol más fibra, incinerada.

P4= Peso del crisol vacío.

P5= Peso de la muestra.

ANEXO 4.

Determinación de cenizas.

1.- Equipos y materiales:

- Balanza analítica.
- Cápsulas de porcelana.
- Pinza de crisoles.
- Desecador.
- Mufla.
- Plancha de calentamiento.

2.- Procedimiento.

- Colocar la cápsula en la mufla a 600°C por 30 minutos.
- Enfriar en desecador por 30 minutos.
- Pesar el crisol vacío y registrarlo como W1.
- Pesar alrededor de 5 g de muestra y registrarlo como W.
- Carbonizar la muestra en plancha de calentamiento.
- Colocar la cápsula en la mufla a 600° C hasta obtener cenizas.
- Sacar los crisoles de la mufla y ponerlos en desecador por 30 minutos.
- Si se observan trazas de carbón, añadir unas gotas de agua y tomar a la mufla.
- Una vez obtenido cenizas de color gris sacar los crisoles de la mufla.
- Enfriar en desecador por 30 minutos.
- Pesar el crisol más cenizas y registrarlo como W2.

3.- Cálculo

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{(W2 - W1)100}{W}$$

W peso muestra.

W1 peso crisol o cápsula vacía.

W2 peso crisol o cápsula más ceniza.

ANEXO 5.

Hoja de evaluación sensorial.

Nombre y apellido:.....

Fecha:.....

Instrucciones: Evaluar cada uno de los atributos de calidad según las siguientes características:

Color: Señale con una **X** la primera impresión que le da la bebida. Debe ser uniforme y agradable.

Aroma: Dé un movimiento circular al vaso, a continuación, introduzca su nariz en la boca del vaso con el fin de investigar el aroma que tiene la bebida. Debe ser fresco y agradable.

Sabor: Tome un bocado de la bebida y manténgalo en la boca por varios segundos luego ingiéralo y califique. Debe ser agradable.

Nota: Después de cada muestra degustada, enjuague la boca.

Infusión bebible de guayusa.

CARACTERISTICAS	ALTERNATIVAS					
		M1	M2	M3	M4	M5
1. COLOR	MUY BUENO					
	BUENO					
	REGULAR					
	MALO					
2. AROMA (OLOR)	MUY AGRADABLE					
	POCO AGRADABLE					
	NO AGRADA, NI DESAGRADA					
	DESAGRADABLE.					
3. SABOR	MUY AGRADABLE					
	POCO AGRADABLE					
	NO AGRADA, NI DESAGRADA					
	DESAGRADABLE					

Prueba de aceptabilidad de la infusión bebible.

Instrucciones: Evaluar cada una de las alternativas y marque con una **X** el punto que mejor describa acerca de la muestra. Se valora de acuerdo a la aceptación personal del producto.

GUAYUSA	ALTERNATIVAS	M1	M2	M3	M4	M5
INFUSIÓN BEBIBLE	GUSTA MUCHO					
	GUSTA POCO					
	DESAGRADA POCO					
	NO ACEPTABLE					

Comentarios sobre las

muestras:.....

.....

.....

.....

ANEXO 6.

Proceso de elaboración del té de guayusa en el laboratorio de química de la Universidad Tecnológica Equinoccial de Santo Domingo.

Recepción materia prima**Pesado**

Secado en estufa



Secado solar



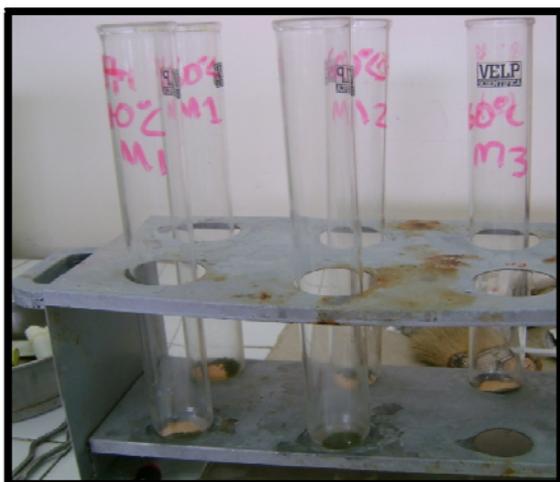


Producto final



ANEXO 7.**Análisis bromatológicos de la hoja de guayusa.**

Laboratorio de química de la Universidad Tecnológica Equinoccial de Santo Domingo.

Proteína.





Ceniza.





Fibra





Grasa



ANEXO 8.**Análisis sensorial.**

