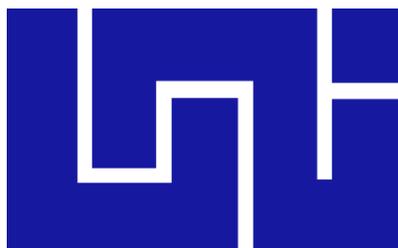


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**DESARROLLO DE UNA BEBIDA A BASE DE GRAMA (CYNODON  
DACTYLON) Y TAMARINDO (TAMARINDUS INDICA) Y ESCALAMIENTO  
DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN A MICROEMPRESA**

TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:

**Br. María Angélica Hernández Rojas**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO QUÍMICO**

**TUTOR**

**MPA. Ing. Denis Antonio Escorcia Morales**

Managua, Nicaragua, 2022

## CARTA DEL CATEDRATICO GUIA

Estimados excelentes miembros del jurado calificador: El trabajo de tesis que tienen en sus manos titulado ***“DESARROLLO DE UNA BEBIDA A BASE DE GRAMA (CYNODON DACTYLON) Y TAMARINDO (TAMARINDUS INDICA) Y ESCALAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN A MICROEMPRESA”***, es un estudio que se ha llevado a cabo de una manera consecutiva. El presente trabajo monográfico se llevó a cabo a nivel de laboratorio. Para la elaboración de la bebida a base de grama y tamarindo se utilizó un diseño de experimento factorial (DOE)  $3^2$ , con 9 formulaciones en total. Se midió pH y °Brix para cada formulación. Considerando el complemento nutricional, y después de obtener los resultados, se procedió a realizar una encuesta que fue aplicada a un total de 50 panelistas de diferente edad y sexo para determinar el grado de aceptación o rechazo de las 9 diferentes formulaciones de bebida a base de grama y tamarindo, evaluando las características organolépticas de la misma, tales como sabor, olor y color. La dedicación que la Br. **María Angélica Hernández Rojas** realizó en todo el desarrollo de su trabajo fue continuo e incansable, que la llevó a obtener resultados muy buenos y positivos como es el ***desarrollo de una bebida a base de grama (cynodon dactylon) y tamarindo (tamarindus indica)***.

Por lo anteriormente expuesto y certificando la calidad y categoría del trabajo que ha realizado la joven tesista, solicito a ustedes la máxima calificación para este trabajo monográfico.

Aprovecho para reiterar mis más cordiales saludos y deseos de buena voluntad.

Se despide de ustedes.

Atentamente,

---

**MPA. Ing. Denis Escorcía Morales**

Profesor Guía

## **Dedicatoria**

A DIOS, que es el Máximo Expositor del Amor y la Esencia misma del Infinito propio de todo lo Bueno y todo lo Justo. EL que es nuestro Creador y Aquel que nos ama sin condición o requerimiento alguno, me ha permitido llegar a este momento tan especial y tan esperado en mi vida. Además ha estado presente en el caminar de mi existencia; bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer a pesar de las diferentes dificultades que se me fueron presentando a lo largo de la elaboración de esta Tesis.

A Nuestra Madre Santísima, la siempre Virgen María, predestinada por DIOS sobre toda otra criatura como abogada de Gracia y Modelo de Santidad para nosotros. Ella ha sido mi guía en la peregrinación de la Fe, haciéndome cada vez más obediente y fiel a la Palabra de DIOS.

A San Miguel Arcángel, que, como Fiel Soldado de la Santa Milicia Celestial, me ha librado y ha luchado valientemente en contra de todo el mal que me acecha a lo largo de mi vida. Mantiene su espada en alto para mostrar la Imparable Autoridad Divina. Él es mi mediador. Interpone su escudo entre mí y el mal que me acosa.

A mis padres Osiris Lorena Rojas Espinoza y Marco Antonio Hernández Torres porque me han acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de mi vida. En todo momento me conducen con sus sabios consejos, me brindan la motivación necesaria y han guiado toda mi existencia para ser una persona de bien. Sus ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan no los olvidaré jamás. Siempre han infundido en mi persona el valor mostrado para salir adelante.

A mi abuelita Miriam Espinoza Trejos (q.e.p.d.), que es mi estrella celestial de amor sublime. Ella ha sido y es un ejemplo de superación y de templanza en mi vida. Ella transformó momentos malos en momentos inolvidables. En el Cielo ya disfrutan de su bondad y de su alegría, mientras aquí en la tierra la extraño muchísimo. Deseara que sus ojos físicos pudieran ver todo lo que he logrado en lo que llevo de vida, pero DIOS en su Infinita Bondad y Misericordia ha decidido que sus ojos espirituales vean la Coronación de mi Carrera estando ella envuelta en su Amoroso Regazo. La herida que me ha dejado su repentina partida jamás se curará porque DIOS me regaló memoria para jamás olvidarla.

A MSc. Maritza Sánchez Christoffle (q.e.p.d.) y a Ing. Aníbal Hernández Díaz (q.e.p.d.) que a lo largo de mi vida universitaria me mostraron una amistad que traspasa las barreras académicas. Jamás olvidaré todos aquellos buenos consejos que me dieron. Fueron un verdadero ejemplo para mí porque no se dieron por vencidos frente a la adversidad y además me regalaron una grandiosa enseñanza de vida. La muerte forma parte de la vida y así como un día disfruté de sus clases, hoy estoy aquí dedicándoles mi Trabajo Monográfico, no sin antes darles las gracias por haber compartido sus enseñanzas conmigo. Los recuerdo siempre con mucho cariño, los llevo en mi corazón y le pido a DIOS por su descanso eterno.

A Lic. Alcides Arias Monge, mi estimado suegro y mi segundo padre, que con su buena voluntad, ha compartido conmigo su cariño y su gran apoyo incondicional durante todo este proceso. Sus oraciones y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona. De una u otra manera él me acompaña en todos mis sueños y metas.

A Ing. Alcides Arias Centeno, ya que él ha sido mi mayor motivación en todos y cada uno de los aspectos de mi vida, es el ingrediente perfecto que DIOS me regaló para acompañarme a lo largo de mi existencia. Me apoyó decididamente para poder alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria. La ayuda que me ha brindado ha sido sumamente importante y valiosísima. Ha estado a mi lado en mis momentos y situaciones más tormentosas y peligrosas, siempre ayudándome, apoyándome y sosteniéndome. No fue sencillo culminar con éxito este proyecto, sin embargo, él siempre fue muy motivador y esperanzador.

## **Agradecimientos**

A DIOS, por cada detalle y cada momento que me ha regalado durante la realización de mi Tesis. Gracias a EL por ser la base de mi moral, por cada día en el que me permitió despertar no sólo con vida, sino que también me permitió continuar con salud, fuerzas y empeño, para que, con cada avance durante mi caminar fuera sólo un momento de aprendizaje, un lapso de tiempo mediante el cual crecí como persona y una etapa necesaria para poder culminar mi Tesis y realizarme como persona con una línea de vida muy bien definida: ser buena cristiana y honrada ciudadana.

A mis padres Osiris Lorena Rojas Espinoza y Marco Antonio Hernández Torres por el amor recibido, la dedicación y la paciencia con que cada día se preocupaban por mi avance y desarrollo de esta Tesis. Ellos son los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos porque confían y creen en mí y en mis expectativas. Gracias por acompañarme cada día de estudio, agotadores momentos. Gracias por anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guían a lo largo de toda mi existencia.

A Lic. Alcides Arias Monge, mi estimado suegro y mi segundo padre, que con su buena voluntad me ayudó a seguir trabajando con mi Tesis. Gracias por compartir sus bienes y su gran apoyo incondicional ya que me ayuda a desarrollarme como ser humano con la dignidad que me merezco. No olvidaré todas y cada una de sus edificantes palabras ni tampoco echaré al olvido sus generosos gestos hacia mi persona.

A Ing. Alcides Arias Centeno. Quiero agradecerle profundamente porque me brindó todo su apoyo, me comprendió en mis momentos de duda y desconcierto, me mostró mucha tolerancia y gran paciencia para permitirme así llevar adelante un proyecto que pasó de ser una meta personal a otro emprendimiento más de familia. A él, mi eterna y sincera gratitud. Le agradezco por tantas ayudas y tantos aportes, no sólo para el desarrollo de mi Tesis, sino también para mi vida. Gracias por entenderme en todo, gracias por su invaluable apoyo sin restricciones. Jamás ni nunca podré terminar de agradecerle por tantas ayudas en todos los ámbitos de mi vida.

A MPA. Ing. Denis Antonio Escorcia Morales mi tutor y mi amigo. Gracias por aceptarme para realizar esta Tesis bajo su dirección. Su apoyo y su confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas han sido un aporte invaluable. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad fueron la clave para el buen trabajo que hemos realizado juntos, el cual no se puede concebir sin su oportuna participación. Le agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta Tesis. De corazón, gracias profesor.

A Dr. Léster Javier Espinoza Pérez que con sus observaciones oportunas y altamente enriquecedoras dieron los resultados matizados con una alta calidad. Le agradezco también por sus siempre atentas y rápidas respuestas a las diferentes inquietudes surgidas durante el desarrollo de este trabajo.

A MSc. Ing. Rolando Antonio Guevara por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de esta Tesis. Debo destacar su disponibilidad y paciencia que hizo de sus ideas y señalamientos dieran un resultado benéfico tanto a nivel científico como personal. No me cabe la menor duda que su participación ha enriquecido el trabajo realizado y además, ha significado el surgimiento de una sólida amistad.

A Ing. José Francisco Vílchez Manzanares quien me brindó su experiencia, conocimiento y ayuda para poder realizar esta tesis. Gracias por su apoyo y su amistad, las cuales me permitieron aprender mucho en este proyecto.

A la Facultad de Ingeniería Química por haberme permitido formarme en ella, por medio de todas las personas que fueron partícipes en mi desarrollo profesional, ya sea de forma directa o indirecta. Gracias a todas las personas que están en ella ya que de alguna u otra manera hicieron su aporte y que hoy se ve reflejado en la Culminación de mis pasos por la Facultad.

A la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) por ser la Institución que me formó tanto profesional como humanamente. Gracias a mi Alma Mater por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y de gente productiva para nuestro país.

## Resumen

Se determinó la formulación óptima de una bebida refrescante la cual posee un aporte significativo de nutrientes a base de una infusión de Grama (*Cynodon Dactylon*) y Tamarindo (*Tamarindus Indica*), que es una muy buena fuente de vitaminas y minerales.

La Metodología utilizada fue la aplicación del Análisis Sensorial, el cual proporcionó un resultado único para el color, el olor y el sabor, en otras palabras, se tomó en cuenta como parámetros de calidad los aspectos sensoriales para la elaboración de la bebida.

Se realizaron en total 9 formulaciones cuyas proporciones fueron de 25:75:10:0.05 (extracto de grama: extracto de tamarindo: azúcar: Sorbato de potasio), 25:75:15:0.05 (extracto de grama: extracto de tamarindo: azúcar: Sorbato de potasio), 25:75:17:0.05 (extracto de grama: extracto de tamarindo: azúcar: Sorbato de potasio), 50:50:10:0.05 (extracto de grama: extracto de tamarindo: azúcar: Sorbato de potasio), ), 50:50:15:0.05 (extracto de grama: extracto de tamarindo: azúcar: Sorbato de potasio), ), 50:50:17:0.05 (extracto de grama: extracto de tamarindo: azúcar: Sorbato de potasio), ), 75:25:10:0.05 (extracto de grama: extracto de tamarindo: azúcar: Sorbato de potasio), 75:25:15:0.05 (extracto de grama: extracto de tamarindo: azúcar: Sorbato de potasio), 75:25:17:0.05 (extracto de grama: extracto de tamarindo: azúcar: Sorbato de potasio), todas ellas representadas como porcentaje masa.

Elaboradas las 9 formulaciones, se realizó una encuesta a un total de 50 panelistas de diferente edad y sexo para determinar el grado de aceptación o de rechazo de las formulaciones de bebida a base de Grama y Tamarindo. Como resultado de esta actividad se obtiene que las personas que oscilan entre los 15 a 65 años de edad, son las que mayormente consumen este tipo de bebidas.

La formulación con mayor aceptación fue la número 8 la cual está compuesta por 75:25:15:0.05 (extracto de grama: extracto de tamarindo: azúcar: Sorbato de potasio). A partir de esta formulación (Formulación Óptima) se realizaron análisis fisicoquímicos y bromatológicos los cuales demuestran la presencia de nutrientes de valiosa consideración funcional.

Obtenida la Formulación Óptima, se compara con bebidas existentes en el Mercado Nacional como lo son el jugo V8 y el Té Lipton. Se escogen esas bebidas porque poseen características similares al té a base de Grama y Tamarindo.

Con los datos obtenidos, se seleccionaron los equipos necesarios a nivel de Microempresa. Para ello se fijó una producción diaria de 100 litros de té frío a base de Grama y Tamarindo.

Finalmente, se estimaron los costos de los equipos básicos del proceso, así como el capital de trabajo necesario para la operación de la planta por un período de 3 meses.

## Tabla de Contenido

<b>Carta del catedrático guía</b> .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>6</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>3</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	<b>19</b>
2.1. Objetivo general.....	19
2.2. Objetivos específicos .....	19
<b>III. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
3.1. Características de la materia prima.....	21
3.1.1. Grama.....	21
3.1.2. Tamarindo .....	21
3.2. Principios Básicos de Escalamiento.....	24
3.2.1. Escala Piloto .....	25
3.2.2. Costos de Instalaciones Pilotos.....	26
3.3. Análisis sensorial .....	27
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>29</b>
4.1. Selección de la formulación óptima mediante análisis sensorial.....	31
4.2. Pruebas fisicoquímicas y bromatológicas a la formulación seleccionada .....	35
4.3. Comparación de los resultados obtenidos de la formulación seleccionada con los valores correspondientes de bebidas disponibles comercialmente .....	35
4.4. Descripción del proceso productivo.....	36
4.4.1. Proceso de lixiviación de pulpa de tamarindo .....	36
4.4.2. Proceso de preparación de infusión de grama .....	37
4.4.3. Proceso de preparación de té frío a base de grama y tamarindo .....	37
4.5. Flujograma del proceso productivo .....	38
4.6. Residuos generados en el proceso de producción.....	39
4.7. Dimensionamiento para tecnificar la producción de bebida a base de grama y tamarindo a microempresa. ....	39
<b>V. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>40</b>
5.1. Determinación de la formulación óptima de té frío mediante los resultados obtenidos del análisis sensorial.....	40
5.2. Caracterización de la formulación óptima determinada para su comparación con bebidas del mercado nacional.....	44

5.3. Selección de equipos necesarios a escala piloto. ....	47
5.4. Estimación de costos de equipamiento básico del proceso. ....	54
5.5. Tratamiento de residuos generados en el proceso de producción. ....	56
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	<b>60</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>62</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>63</b>
<b>IX. ANEXOS</b> .....	<b>66</b>
9.1. Procesamiento de la bebida.....	66
9.2. Pruebas fisicoquímicas y bromatológicas realizadas.....	70
9.2.1. Pruebas fisicoquímicas.....	70
9.2.2. Pruebas bromatológicas .....	71

## Índice de Figuras

Figura 1: Grama (Cynodon Dactylon). Fuente: González, J. (2018). .....	21
Figura 2: Tamarindo. Fuente: Enciclopedia Troussel (1886 - 1891). .....	22
Figura 3: Flujograma del proceso productivo. ....	38
Figura 4: Resultados de la encuesta aplicada a 50 panelistas en cuanto a: a) Sabor, b) Olor y c) Color.....	43
Figura 5: Mesa de acero inoxidable para la inspección de materias primas.....	48
Figura 6: Báscula para el pesaje de materias primas. ....	49
Figura 7: Marmita directa gas 100 L. ....	50
Figura 8: Tanque de almacenamiento de bebida 100 L. ....	52
Figura 9: Ventilador industrial para enfriamiento del producto terminado. ....	53
Figura 5: Materias primas Fuente: propia .....	66
Figura 6: Pesaje de grama y tamarindo. ....	66
Figura 7: Pesaje de benzoato de sodio y azúcar morena. ....	67
Figura 8: Lavado de grama. ....	67
Figura 9: Cocción de grama y tamarindo. ....	67
Figura 10: Filtrado de grama y tamarindo. ....	68
Figura 11: Mezclado de los componentes. ....	68
Figura 12: Pasteurización de la bebida. ....	69
Figura 13: Envasado de bebida. ....	69

## Índice de tablas

Tabla 1: Indicadores expresados en % del costo del equipamiento tecnológico. ....	27
Tabla 2: Diseño de Experimentos (DOE) Factorial 3 <sup>2</sup> a utilizar.....	32
Tabla 3: Contenido nutricional de algunas bebidas comerciales disponibles .....	35
Tabla 4: Cantidades de materias primas utilizadas para preparar las formulaciones.....	40
Tabla 5: Resultados de pruebas fisicoquímicas.....	44
Tabla 6: Resultados de análisis de valor nutricional. ....	45
Tabla 7: Resultados de análisis de minerales.....	45
Tabla 8: Comparación del contenido nutricional del té frío a base de grama y tamarindo con bebidas del mercado nicaragüense.....	46
Tabla 9: Equipamiento básico necesario a escala piloto para la producción de té frío a base de grama y tamarindo.....	48
Tabla 10: Costos del equipamiento básico necesario a escala piloto para la producción de té frío a base de grama y tamarindo.....	54
Tabla 11: Costos de materia prima para la operación por 3 meses. ....	55
Tabla 12: Costos de mano de obra directa para la operación por 3 meses.....	55
Tabla 13: Costos totales. ....	56

## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con **Cebrián, J. (2017)** la grama destaca por su alto contenido en potasio, lo que le confiere importancia como agente diurético y depurativo. Se le atribuyen también beneficios hipoglucemiantes, antihipertensivos, antiinflamatorios y hepato-protectores.

Por otra parte, **Leylen, R. (s.f)** destaca que la pulpa de tamarindo es rica en tiamina, vitamina crucial para el buen funcionamiento de los nervios, los músculos y el sistema digestivo. También contiene vitamina C, por lo que es muy efectiva para prevenir y tratar el escorbuto. Además, es una fuente de potasio, mineral necesario para la salud cardíaca y del tejido muscular; así como de hierro, que facilita el transporte de oxígeno en la sangre para todo el cuerpo.

**Sandra (2017)** explica que el azúcar moreno es el azúcar obtenido a partir de la caña de azúcar que no ha pasado por el proceso de refinado, por lo que presenta una tonalidad más oscura que el azúcar blanco. De tal forma, el color dorado del azúcar moreno se obtiene al evaporarse el agua y obtener el azúcar cristalizado y, de esta forma, se eliminan las impurezas. Su uso se extiende habitualmente en repostería o para condimentar bebidas amargas, como puede ser el té o el café. El azúcar moreno es un alimento rico en vitaminas, entre las que destacan la vitamina B3, B9, B2, B5 y B6. Asimismo, tiene un aporte nutricional muy característico en potasio, calcio y sodio y, en cantidades inferiores, de hierro y magnesio.

En general se piensa que el té es una bebida británica y, si bien la han estado bebiendo durante más de 350 años, la historia del té se remonta años más atrás.

La historia comienza en China. Varias leyendas rodean el misterio de su origen, según la más difundida, el té habría sido descubierto por el emperador Shen – Nung alrededor del año 2740 AC. El emperador mando a traer una taza de agua hirviendo y a la sombra de un árbol de té se adormeció. Durante su sueño y mientras se levantaba una ligera brisa, varias hojas se desprendieron y se posaron en el agua hirviendo. Fue así como nació la bebida más consumida en el mundo después del agua; el té.

Es imposible saber si esta historia es verdadera, pero el té ha aparecido en China muchos siglos antes que fuera conocido en el resto del mundo. Se han encontrado contenedores para el té en tumbas que datan de la dinastía Han (206 AC hasta el año 220) pero fue bajo la dinastía Tang, entre los años 618 y 906, que el té se estableció firmemente como la bebida nacional de China.

El té llegó al viejo continente a través de la marina holandesa del Océano Pacífico. Se puso muy de moda en la capital holandesa, siendo su costo muy elevado así que solo era consumido por los ricos. Al aumentar la cantidad de té importado, el precio fue disminuyendo. Al principio está disponible al público solo en boticarios junto a especias raras como el jengibre y el azúcar, pero en 1675 estaba disponible en todas las tiendas de alimentos en Holanda. Paralelamente al gran aumento del consumo en la sociedad holandesa, ciertos doctores y autoridades de universidades planteaban observaciones en cuanto a los efectos positivos o negativos del consumo del té. A lo largo de este periodo Francia y Holanda fueron los países líderes de Europa en el empleo del té.

El procedimiento con que se logra separar las propiedades de la planta para poder obtenerlas disueltas en agua es un proceso de extracción sólido-líquido (lixiviación) cuyo producto es denominado de forma general como infusión. La extracción de los componentes del té se obtiene de un 80-90% cuando se deja en el agua caliente en los 5 minutos iniciales del reposo. La tendencia al consumo de infusiones de té encierra múltiples ventajas: en el aspecto económico, debido al bajo costo que implica la adquisición de la hierba; en el aspecto ideológico, ya que cada vez más se crea una conciencia de adoptar modos de vida naturales en ciertos sectores de la población.

Las bebidas carbonatadas hoy en día se han convertido en una de las más consumidas a nivel nacional, provocando en sus consumidores enfermedades como: sobrepeso, diabetes, colesterol alto entre otros. “Las bebidas azucaradas” contienen edulcorantes o endulzantes calóricos como el azúcar o el cada vez más utilizado jarabe de maíz. También se incluye aquellas preparadas con polvo o jarabes que contienen azúcar. Por ejemplo, refrescos, jugos, néctares etc.”. (Alemania, 2017).

Ante esta problemática se decide realizar un té frío a base de grama y tamarindo, pues la grama es diurética, depurativa y disminuye la presión arterial. “Conocidas desde la antigüedad las propiedades diuréticas de esta planta, que provoca un orinar suave y sin irritación; se recomendaba también en los casos de reumatismo por ayudar a expulsar la orina.” (Blasco, 2013)

Por lo tanto, la Grama y el Tamarindo tienen una importante utilización en el área Alimenticia debido a los efectos benéficos que producen cuando se ingieren. Se puede deducir, en términos sociales, que la Grama y el Tamarindo tiene beneficios curativos por ser una gran alternativa para tratamientos y por lo tanto, se pueden reducir los costos de medicina química y productos farmacéuticos.

Con la realización del presente estudio se ofrece a la población nicaragüense una alternativa de bebida refrescante y saludable, que en comparación a las bebidas existen en el mercado (gaseosas, bebidas energizantes y jugos procesados) aporta beneficios nutricionales a la población y es elaborada con materias primas nacionales. Dicha bebida será elaborada con las características fisicoquímicas, y organolépticas óptimas para el consumidor, tomando en cuenta buenas prácticas de manufactura (BPM) para asegurar su inocuidad.

La producción artesanal del fresco de grama por cada uno de los vendedores de vigorón de Granada representa una oportunidad de mercado, ya que al tecnificar su producción se ofrecerá una alternativa a los pequeños productores de grama y tamarindo (agregación de valor a la grama y al tamarindo), y a los mismos vendedores de fresco de grama en Granada. Incluso, los resultados del presente trabajo pueden ser presentados a organismos del Gobierno, tales como el Ministerio de la Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa (MEFCCA) e Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) que disponen de áreas de agregación de valor y probablemente podrían estar interesados en la tecnificación de este producto. Mediante el presente trabajo se caracterizó bromatológica y fisicoquímicamente la bebida a base de grama y tamarindo. El fin de caracterizar dicha bebida fue determinar el beneficio de esta, cuáles son sus nutrientes predominantes y de esta manera determinar si es óptima para el consumo frecuente de la población nicaragüense. Se seleccionó la formulación óptima de bebida a base grama y tamarindo mediante sesiones de evaluación organoléptica. Dicha formulación óptima fue escalada a nivel de microempresa.

Por lo tanto, es necesaria la formulación de una bebida a base de Grama y de Tamarindo que lleven a la Industrialización y transformación de estos ingredientes en productos listos para los consumidores con los más altos grados de calidad para el aprovechamiento al máximo de estos productos naturales. Por otra parte, se pretende implementar una cultura en el consumo de esta bebida la cual es muy baja, ya que la Ciudadanía Nicaragüense desconoce las características y beneficios para la salud.

Al elaborar este producto, se cuenta con una bebida de calidad y que conserve sus propiedades fisicoquímicas y que esté libre de microorganismos que puedan adulterar o dañar el producto y que pueden perjudicar la salud de los posibles consumidores.

El presente proyecto se justifica también porque el objetivo es investigar para innovar una bebida refrescante y con un método de conservación como la Pasteurización dirigido a un grupo de ciudadanos que prefiera una bebida saludable, agradable en sabor, color y aroma.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Formulación y caracterización de una bebida a base de grama y tamarindo a través de análisis bromatológico para su escalamiento a nivel de microempresa.

### **2.2. Objetivos específicos**

2.2.1. Determinar la formulación óptima de té frío a base de grama y tamarindo mediante los resultados obtenidos del análisis sensorial.

2.2.2. Caracterizar la formulación óptima determinada para su comparación con bebidas existentes en el mercado nacional.

2.2.3. Seleccionar los equipos necesarios a escala piloto de acuerdo con el tipo de tecnología y a la base de cálculo.

2.2.4. Estimar los costos de equipamiento básico del proceso.

### III. MARCO TEÓRICO

Una bebida es un líquido destinado al consumo humano, de modo tal que bebida es toda aquella sustancia que es ingerida para calmar la sed, o bien para saciar una necesidad. De manera general, las bebidas se clasifican en alcohólicas y no alcohólicas. A su vez, las bebidas alcohólicas más comunes son la cerveza, el ron, el whisky, el vino y el vodka. Entre las bebidas no alcohólicas destacan el agua, las bebidas gaseosas y las bebidas preparadas. El agua es el líquido vital que se obtiene de fuentes de la propia naturaleza, que puede ser posteriormente procesada por sistemas purificadores, es la bebida de mayor consumo en el mundo. Por otra parte, las bebidas gaseosas son bebidas con gran diversidad de sabores que están constituidas por azúcares y gas carbónico. Finalmente, las bebidas preparadas son aquellas que resultan de la fusión de diferentes líquidos, tal es el caso de la bebida a base de grama y tamarindo.

Según **Vera, A. (2003)** la bebida a base de grama y tamarindo puede considerarse como una infusión. Se conoce por “infusiones” a los productos líquidos que se obtienen introduciendo una sustancia orgánica, por lo general, de origen herbal, en agua caliente para que queden en ésta sus partes solubles. Como resultado de esa infusión, se obtiene una bebida saborizada, y con los mismos nutrientes como si estuviera caliente.

### 3.1. Características de la materia prima

#### 3.1.1. Grama

**Blasco, J. (2013)** describió la grama como: “Una hierba de 10-40 cm, con largos rizomas y estolones de hasta 2 m o más, de hoja plana, lígula pelosa, espiguillas dispuestas en 2 filas en la cara aplanada y externa del raquis” **(Ver Figura 1)**



Figura 1: Grama (Cynodon Dactylon).

Fuente: González, J. (2018).

**Mesa, R. (2018)** Mencionó que los principales compuestos químicos de la grama son: almidón, proteínas, cera, azúcares, celulosa, aceites esenciales, sales minerales (especialmente de potasio), ácido málico, glucósidos, cisandina, vitaminas A y B, mucilagos y saponinas.

#### 3.1.2. Tamarindo

**Hernández, J. (2013)** mencionó que el tamarindo (*tamarindus indica* L.) es un árbol frutal que se desarrolla en climas con una temperatura media anual de 21 °C y a una altura inferior a 600 m. Estos árboles siempre verdes toman de 5 a 12 años para madurar y producir frutos y pueden alcanzar alturas de hasta 30 metros. La pulpa constituye entre el 40 y el 50% del peso de la vaina, es de color marrón y de sabor muy ácido. Es una buena fuente de tiamina, calcio y fósforo. La acidez se debe principalmente a los ácidos tartárico y málico. Para la obtención de pulpa, las semillas se mezclan con agua, se dejan reposar durante 3 horas y se pasan por un despulpador de malla fina. Después de un tratamiento térmico y adición de preservantes la pulpa se utiliza como ingrediente en la preparación de refrescos, salsas y helados. Ver Figura 2.

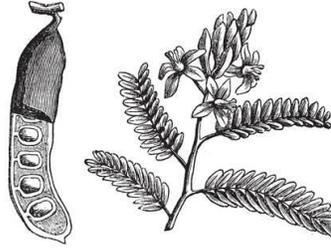


Figura 2: Tamarindo.

Fuente: Enciclopedia Trouset (1886 - 1891).

La pulpa de tamarindo se caracteriza por su °Brix entre 16-18, grado de acidez entre 3.0 – 3.2, sulfito residual no más de 0.02%, color café claro, sabor propio de la fruta, sin sabor a fermentado ni a sulfito y textura pastosa o pegajosa.

Para caracterizar la bebida se necesitan realizar pruebas bromatológicas, físico-químicas y microbiológicas las cuales se definirán a continuación.

**Capdevila, D. (2017) explica** en su documento de análisis bromatológico de los alimentos que:

La bromatología analiza y estudia la siguiente información:

- Valor nutritivo.
- Características sensoriales y físico-químicas.
- Características de inocuidad y calidad.
- Análisis de toxicidad.

El valor nutritivo informa de la cantidad, de nutrientes que un alimento aporta o puede aportar al organismo, la información nutricional básica que se analiza de los alimentos es el aporte energético, la cantidad de agua, el aporte de macronutrientes: proteínas, lípidos e hidratos de carbono, el aporte de micronutrientes: vitaminas y minerales. También es información nutricional relevante la cantidad de fibra, azúcar o aporte de grasa saturado. Dicha información es la que se debe registrar en las etiquetas de los productos alimentarios.

Las características sensoriales son aquellas propiedades físicas y químicas de los alimentos que son perceptibles por los sentidos. Gracias a los órganos de los sentidos podemos percibir la textura, aroma, color, sabor y sabor.

Por otro lado, las características fisicoquímicas son las que definen la estructura de los alimentos, proporción de nutrientes o sustancias que los hacen alterables a diferentes factores como la temperatura, enzimas, luz, etc. así como su contenido en microorganismos o su riesgo de contaminación.

En esta línea se definen las características de inocuidad y calidad ya que definen todos aquellos aspectos que dan las indicaciones correctas respecto a la producción, tratamiento y conservación de los alimentos y preparados alimentarios para que no representen un riesgo para la salud del consumidor.

Respecto a la toxicidad, la bromatología estudia la posible toxicidad de los alimentos, ya sea causada por sustancias que aportan naturalmente algún producto, elementos añadidos intencionalmente o de forma accidental y por último, elementos generados en el proceso productivo. Las toxinas se analizan realizando análisis microbiológicos, control de impurezas y otros aspectos generales relativos a la seguridad química y biológica de los alimentos.

**Damas, C. (2015)** en su documento informativo sobre los análisis microbiológicos explica que el análisis microbiológico, no tiene un carácter estrictamente preventivo, más bien es una inspección o auditoría que les permite a los microbiólogos valorar y determinar la carga microbiológica que traen consigo ciertos alimentos.

Es por esto que en sí los análisis microbiológicos no mejoran la calidad en el instante, sin embargo, pueden ayudar a encontrar los puntos críticos donde se requiere mayor atención por parte de la industria productora de los alimentos analizados. Al analizar estos puntos de riesgo se permite conocer dónde y cómo es más propenso un alimento de contaminarse o aumentar su carga microbiana, de esta forma la industria, en el ámbito de calidad puede corregir los desperfectos que se pueden dar en estos puntos, para así mejorar la calidad de los alimentos producidos, evitando infecciones y enfermedades de este tipo.

### 3.2. Principios Básicos de Escalamiento

Una de las definiciones clave dentro del ámbito de los micros, pequeñas y medianas empresas (Mí Pymes) es el tamaño de las empresas. Tradicionalmente la clasificación de las empresas está dada por el número de empleados (**Rick Van der Kamp, 2004**):

Microempresa: 1-5 empleados

Pequeña empresa: 6-20 empleados

Mediana empresa: 21-99 empleados

Gran empresa: 100 o más empleados

El escalamiento es una herramienta vital para la ingeniería química, ya que con ella se pueden reducir errores en diseños debido a correlaciones inexactas o a la falta de información. Escalar un proceso o un equipo es convertirlo de su escala de investigación (laboratorio o piloto) a escala industrial (producción) (**Anaya Durand & Pedroza Flores, 2008**).

En la práctica existen muchas definiciones del término escalado. Una definición que se ajusta bastante a la concepción actual sería: “Escalado es el proceso mediante el cual se logra la exitosa puesta en marcha y la operación económica de una unidad a escala comercial basándose, al menos en parte, en resultados de investigaciones realizadas a una escala más pequeña”. (**González, 2000**)

El proceso de investigación y desarrollo puede considerarse dividido en 5 etapas: laboratorio, banco, piloto, semi-industrial e Industrial. Esta división es convencional y por ello, no son muy precisos los límites entre una escala y otra. En todos los casos resulta imprescindible el análisis detallado de las características del proceso que se pretende desarrollar y del nivel de conocimientos que se tiene sobre el mismo, para poder decidir las etapas que hay que acometer y planificarlas adecuadamente, de forma tal que se emplee el mínimo de recursos y se culmine en el menor tiempo posible (**Anaya Durand & Pedroza Flores, 2008**).

### 3.2.1. Escala Piloto

Los estudios de escala piloto resultan de especial importancia para el cambio de escala, pero poseen un alto costo y la decisión de su realización debe considerar un conjunto de factores entre los cuales se destacan:

- Tipo de proceso.
- Nivel de información disponible.
- Tamaño propuesto para la unidad industrial.

En los procesos a escala piloto intervienen fenómenos, simples o complejos, de interés para la ingeniería química, los cuales permiten un análisis de las interacciones presentes en operaciones tales como la termodinámica, el flujo de fluidos, la transferencia de masa y energía, las reacciones químicas, la biotecnología, el control de procesos, etc. Según **(Anaya Durand & Pedroza Flores, 2008)** el uso de las plantas de proceso a escala piloto tiene los siguientes propósitos:

- Predecir el comportamiento de una planta a nivel industrial, operando la misma a condiciones similares esperadas. En este caso los datos obtenidos serán la base para el diseño de la planta industrial.
- Servir como modelo teniendo como función principal mostrar los efectos de los cambios en las condiciones de operación de manera más rápidos y económicos.
  - La planta piloto permite experimentar de forma económica y eficaz el comportamiento al escalar a partir de: condiciones de operación, parámetros de diseño, materiales de construcción, operaciones unitarias, impurezas, corrosión, procedimientos operativos, problemas de trabajo, problemas ambientales.

El paso fundamental en el escalamiento consiste en pasar los datos obtenidos a escala de laboratorio a un modelo que puede ser:

- **Fenomenológico:** Fundamentado en algunos razonamientos teóricos, pero de tipo macroscópico.
- **Empírico:** El cual se postula sin bases teóricas y se espera solamente que ajuste la interacción entre los datos en el rango o intervalo de experimentación.
- **De similitud:** Obtenido a partir de un análisis de similitud con respecto a analogías físicas de tipo térmico, mecánico, geométrico, químico, etc.

El tipo de modelo de escalamiento depende tanto del proceso en cuestión como de la geometría de los equipos involucrados. Del trabajo conjunto de investigación e ingeniería surgen las variantes iniciales del diseño de planta, que sirven en cada caso para diseñar y seleccionar adecuadamente el equipo que se usará en la escala siguiente, pudiéndose decidir incluso la eliminación de algunas de las etapas, si el nivel de información así lo aconseja. **(Anaya Durand & Pedroza Flores, 2008)**

Posteriormente la etapa final de diseño y proyectos de ingeniería, es donde se realiza toda la documentación final del proyecto, la que debe estar compuesta de:

- Diagrama de flujo y balances de materiales y energía del proceso en su conjunto.
- Definición primaria de las especificaciones de equipos y otros elementos del sistema tecnológico.
- Diseño de ingeniería de procesos y automática de equipamiento.
- Diseño de la planta, como un sistema integral, incluyendo los servicios con la calidad requerida, protección del medio y del personal y las buenas prácticas de producción.
- Proyecto ejecutivo de los equipos y otros elementos de fabricación nacional.
- Documentación técnica de puesta en marcha y operación.

### **3.2.2. Costos de Instalaciones Pilotos**

El costo de las plantas pilotos es extremadamente variable y su magnitud depende no solo de su capacidad, sino también, y en gran medida, del tipo de planta piloto, de su nivel de versatilidad en el caso de plantas polivalentes y del nivel de instrumentación demandado por la instalación **(de los Ríos & Agil, 1996)**.

En la siguiente tabla se muestran los valores que **Ríos & Agil (1996)** determinaron como índices económicos evaluados en su proceso, en comparación con los encontrados en distintas fuentes; dicha tabla sirve como ejemplo del tipo de grado de inversión que se requiere en este tipo de escalamiento.

Tabla 1: Indicadores expresados en % del costo del equipamiento tecnológico.

<b>Indicador</b>	<b>Índices obtenidos</b>	<b>Índices Literatura</b>
<b><i>Equipamiento tecnológico</i></b>	100%	100%
Tuberías	17%	9%
Válvulas y accesorios	--	36%
<b><i>Electricidad</i></b>		
Sistema convencional	1%	--
Sistema antiexplosivo	10%	--
Subtotal	11%	15%
<b><i>Instrumentación</i></b>	11%	26%
<b><i>Ingeniería</i></b>	41%	45%
<b><i>Sistemas de seguridad e higiene</i></b>	7%	--
<b><i>Servicios auxiliares</i></b>	20%	--

Fuente: de los Ríos & Agil (1996).

### 3.3. Análisis sensorial

Los sentidos hoy guían a los consumidores en la toma de decisiones para la compra de un producto. Por lo que, las empresas que implementen la experiencia sensorial para sus productos, consumidores y procesos, sumado a una cultura de innovación, facilitarán su posicionamiento en el mercado. Las evaluaciones sensoriales son las reacciones a aquellas características de los alimentos y otras sustancias que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído.

Otro concepto que se le da a la evaluación sensorial es el de la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. Es necesario tener en cuenta que esas percepciones dependen del individuo, del espacio y del tiempo principalmente. También es considerada simplemente como: el análisis de las propiedades sensoriales, se refiere a la medición y cuantificación de los productos alimenticios o materias primas evaluados por medio de los cinco sentidos.

La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que significa sentido. Para obtener los resultados e interpretaciones, la evaluación sensorial se apoya en otras disciplinas como la química, las matemáticas, la psicología y la fisiología entre otras.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### EQUIPOS

Todos los equipos y utensilios serán utilizados únicamente para los fines que fueron diseñados. Se utilizan materiales que no desprenden sustancias tóxicas y son conservados de manera que no se conviertan en un riesgo para la salud. Además, se escogen materiales que sean fácil de limpiar y desinfectar. Todos los equipos están disponibles en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería.

- Un refractómetro HACH DR900
- Una varilla de agitación
- Un mechero Bunsen a base de gas
- Una balanza analítica
- Seis crisoles de porcelana
- Una gradilla
- Tres matraces
- Una mufla
- Un pascón metálico
- Un autoclave
- Un refrigerador de laboratorio
- Tres vasos de precipitado
- Un termómetro digital
- Nueve tubos de ensayo
- Una olla hecha de Aluminio con tapa
- Un trípode
- Tres pisetas
- Un pH metro
- Dos pinzas
- Una probeta
- Una rejilla de asbesto
- 2 beakers
- 9 envases de plástico (para almacenar el producto terminado)
- Una espátula
- Un desecador
- 5 papel filtro
- Equipo Soxhlet
- 1 crisol de Gooch

## MATERIALES:

Algunos materiales a utilizar se compran en el Mercado Nacional y son, en promedio, accesibles económicamente hablando. Sin embargo, hay materiales que sólo se encuentran en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería.

- 2 libras de tamarindo
- 1 libra de grama
- 3 libras de azúcar moreno
- ½ de Sorbato de Potasio
- Fenolftaleína
- Solución de Hidróxido de Sodio
- 3 sobres de agente Ferrover
- 3 sobres de agente Fosfanato
- 3 sobres de agente Nitrato
- 3 sobres de agente Nitrito
- 3 sobres de agente Sulfato
- 1 sobre de indicador ENT
- 10 ml de solución de hidróxido de potasio
- 5 ml de reactivo Nessler
- 20 ml de éter de petróleo
- Agua destilada
- 10 ml de éter
- 200 ml de ácido sulfúrico
- 200 ml de hidróxido de sodio

#### **4.1. Selección de la formulación óptima mediante análisis sensorial**

Para la elaboración de la bebida a base de grama y tamarindo se utilizó un Diseño De Experimento (DOE, por sus siglas en inglés).

El tipo de Diseño de Experimentos es de tipo Factorial que consta de  $3^2$  factores, con 9 formulaciones en total. Se midió pH y °Brix para cada una de las 9 formulaciones de acuerdo con la Tabla 2.

El DOE es una herramienta estadística que se basa en una serie de experimentos para obtener información y en base a esa información obtenida, se toman las mejores decisiones.

Esta herramienta es comúnmente utilizada en las Organizaciones para mejorar, optimizar o encontrar la mejor elección entre los factores que intervienen en un proceso y de esta manera obtener la mayor rentabilidad de sus procesos.

Los niveles con que se trabajó en la presente tesis son:

- Variables con fuerte Correlación: puede ocurrir que en el proceso dos o más variables altamente correlacionadas pueden llevar a situaciones confusas. En este caso, se trabajan con las variables: olor, color y sabor. Estas variables fuertemente correlacionadas influyen en la respuesta.
- El rango de las variables controladas es limitado: si el rango de las variables importantes e influyentes en el proceso es pequeño, no se puede saber su influencia fuera de ese rango y puede quedar oculta su relación con la variable de interés o los cambios que se producen en la relación fuera del rango observado. Por lo tanto, el color, el sabor y el olor se recogen en condiciones normales y no se experimenta la observación en el comportamiento del proceso en situaciones nuevas.

Las réplicas (repetición del experimento básico y permite obtener una estimación del error experimental y obtener una respuesta más precisa del efecto en estudio) fue de un total de 9 repeticiones.

El desarrollo de estas réplicas se realizó a nivel de campo, en donde la experimentación se efectúa en una situación realista en la que tres variables (olor, sabor y color) independientes son manipuladas por el experimentador en condiciones controladas tanto como la situación lo permita. Además, el desarrollo de estas experimentaciones puede ser a nivel de laboratorio en donde el efecto de todas o casi todas las posibles variantes independientes que tienen influencia, sin pertenecer al problema de investigación inmediato, mantienen su efecto reducido al mínimo.

Para el desarrollo de la formulación de la bebida de Té a base de Grama y Tamarindo se utiliza la técnica de lista de atributos en donde se analizan las variables más significativas del proceso de elaboración (olor, sabor y color) y así poder determinar la mejor formulación del producto.

En el presente trabajo, se entiende como Formulación Óptima al producto que mantiene las propiedades de la materia prima, considerándolo funcional y que aporta los nutrientes necesarios al consumidor. No dejando aparte el aroma, el color y el sabor del mismo. En otras palabras, se toma en cuenta la parte cualitativa del producto.

La Tecnología de Alimentos utilizada en el presente trabajo radica en la Elaboración y Desarrollo de un nuevo producto, lo que a su vez generará un suministro de un alimento sano y nutritivo a los potenciales consumidores, creando así un aumento en el valor nutritivo y por consiguiente, tener respeto del medio ambiente y de sus recursos naturales.

Tabla 2: Diseño de Experimentos (DOE) Factorial 3<sup>2</sup> a utilizar.

<b>Formulación</b>	<b>% Extracto grama- %Extracto tamarindo</b>	<b>% Azúcar (con respecto al peso de los extractos)</b>	<b>% Sorbato de potasio (con respecto al peso de los extractos)</b>
<b>1</b>		10	
<b>2</b>	25-75	15	
<b>3</b>		17	
<b>4</b>		10	
<b>5</b>	50-50	15	0.05
<b>6</b>		17	
<b>7</b>		10	
<b>8</b>	75-25	15	
<b>9</b>		17	

Se realizó una encuesta a un total de 50 panelistas de diferente edad y sexo para determinar el grado de aceptación o rechazo de las 9 diferentes formulaciones de bebida a base de grama y tamarindo, evaluando las características organolépticas de la misma, tales como sabor, olor y color.

Los resultados obtenidos del análisis sensorial fueron procesados con el software estadístico Minitab 16. La principal variable de respuesta fue el % de aceptación con respecto al sabor de la bebida.

La encuesta que se utilizó pertenece al grupo de las pruebas sensoriales empleadas en la industria de alimentos llamadas: Pruebas afectivas, pertenece al subgrupo: pruebas de preferencia y es “prueba preferencia ordenación”. Esta consistió en que los panelistas ordenaron una serie de muestras en forma creciente para cada una de las características o atributos que se estaban evaluando (olor, color y sabor), es específica para la preferencia y aceptación del producto.

Esta prueba se puede aplicar para el desarrollo de nuevos productos, la preferencia del consumidor, mejora de productos existentes y/o nivel de aceptación de un producto.

Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de las 9 formulaciones fueron analizados y discutidos mediante gráficas de evaluación sensorial de % de aceptación versus sabor, olor o color. A continuación, se presenta la prueba evaluada:

Estimado panelista, estamos realizando una evaluación sensorial con el fin de conocer el grado de aceptación de una bebida a base de grama y tamarindo.

**Edad:** \_\_\_\_\_ **Sexo:** F\_\_\_ M\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

*Frente a usted hay 9 muestras de bebida que usted debe ordenar de acuerdo a su aceptación en cuanto a las características mencionadas.*

Característica	Formulación				
		No me gusta nada	No me gusta	Me gusta	Me gusta mucho
Olor	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	5.				
	6.				
	7.				
	8.				
	9.				
Color	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	5.				
	6.				
	7.				
	8.				
	9.				
Sabor	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	5.				
	6.				
	7.				
	8.				
	9.				

## 4.2. Pruebas fisicoquímicas y bromatológicas a la formulación seleccionada

Una vez seleccionada la formulación óptima mediante análisis sensorial, se realizaron pruebas fisicoquímicas de pH y acidez, así como pruebas bromatológicas a dicha formulación utilizando un equipo de medición **HACH DR900**, que es un colorímetro de mano que permite el acceso rápido y sencillo a los métodos de análisis en menos de cuatro clics. Este colorímetro es resistente al agua, polvo y golpes. Tiene una interfaz de usuario intuitiva, una amplia capacidad de almacenamiento y un puerto USB integrado para transferir información fácilmente. El colorímetro portátil ayuda también a satisfacer las principales necesidades de análisis, ya que ofrece al menos 90 de los parámetros de análisis más comunes (**Hach Company, 2013**). El procedimiento a seguir para realizar cada una de estas pruebas se encuentra en el acápite de Anexos del presente documento de tesis.

## 4.3. Comparación de los resultados obtenidos de la formulación seleccionada con los valores correspondientes de bebidas disponibles comercialmente

Las bebidas comerciales disponibles en los supermercados de marcas como: V8 y té frío Lipton disponen un contenido nutricional a como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3: Contenido nutricional de algunas bebidas comerciales disponibles

Parámetro	Jugo V8 de vegetales (240 ml) %	Té frío Lipton (330 ml) %
Carbohidratos	3	12
Proteínas	2 g	<1
Grasas	0	<1
Sodio	6	-
Calcio	2	-
Hierro	2	-
Kcal	50	63

*Fuente: Elaboración Propia*

Se escogió el jugo V8 y la bebida Lipton para comparación, porque son bebidas similares al té frío a base de grama y tamarindo. Por una parte, el jugo V8 se ha caracterizado por ser una bebida baja en calorías, sin colorantes, ni saborizantes artificiales, además que ayuda a obtener los beneficios de los vegetales que contiene de una manera práctica y deliciosa. **(Ríos, C. 2017)**, y el té Lipton con sus múltiples beneficios que otorga el té verde que contribuye a la hidratación diaria, ayudando a limpiar el cuerpo de impurezas y mantener la piel saludable **(Lipton, 2016)**.

La bebida a base de grama y tamarindo es una bebida que aporta muchos nutrientes y que posiblemente favorecerá a la salud de los consumidores, pues contiene un alto contenido de fósforo, calcio, magnesio y proteínas.

#### **4.4. Descripción del proceso productivo**

Se realizarán dos procesos paralelos para tratar a las dos materias primas principales: la grama y el tamarindo. A continuación, se describe cada operación unitaria llevada a cabo con calidad e inocuidad para obtener el té frío a base de grama y tamarindo.

##### **4.4.1. Proceso de lixiviación de pulpa de tamarindo**

- **Recepción de la materia prima (RMP):** En este proceso se verificará que las condiciones del tamarindo con el que se trabaje sean las óptimas. Se realizarán pruebas sensoriales de vista y tacto para asegurar que la materia prima no trae consigo materia extraña.
- **Pesaje:** Esta operación se realizará con el objetivo de medir el peso de tamarindo necesario para la formulación seleccionada.
- **Lixiviación o Extracción Sólido - Líquido:** Esta Operación Unitaria se realizará con el fin de lograr la extracción de la pulpa del tamarindo, así como de inhibir el crecimiento de microorganismos en la misma. En esta operación se agrega agua al tamarindo anteriormente pesado y se lleva a cabo a 85 °C durante 15 minutos. Cabe señalar que esta operación se realizará como una sola etapa de extracción simple.
- **Filtrado:** Luego de pasado el tiempo de cocción, se filtra con el objetivo de separar las semillas de la pulpa.

#### 4.4.2. Proceso de preparación de infusión de grama

- **Recepción de la materia prima (RMP):** En esta operación se reciben las bolsas de grama.
- **Pesaje:** permite pesar la cantidad necesaria de grama, de acuerdo con la formulación seleccionada.
- **Limpieza:** Se realiza con el objetivo de limpiar manualmente la materia prima, retirando cualquier materia extraña encontrada en la misma. Luego se procede a lavarla pues la grama es un producto que estuvo en contacto con la tierra.
- **Lixiviación o Extracción Sólido – Líquido:** Esta Operación Unitaria se realiza para obtener la infusión de grama se necesita someterla a un proceso de cocción, además de que este proceso es necesario para inhibir o reducir el crecimiento de microorganismos. En esta etapa se agrega agua a la grama y se cocina a 80 °C por 20 minutos. Esta operación se realizará como una sola etapa de extracción simple.
- **Filtrado:** Luego de la cocción, se filtra la grama, pues, lo que se necesita es la infusión por tanto los rizomas de la grama se desechan.

#### 4.4.3. Proceso de preparación de té frío a base de grama y tamarindo

- **Mezclado:** Luego de obtener el extracto de tamarindo y la infusión de grama, se mezclan ambos componentes principales con el resto de los componentes (Azúcar Morena y Sorbato de Potasio).
- **Pasteurización:** Este proceso es necesario pues ayuda a la conservación de la bebida, se realizará una pasteurización a 80 °C por 2 minutos. Se escogen solamente 2 minutos porque si se incrementa el tiempo en esta operación se puede afectar de manera irreversible ciertas características físicas y químicas de esta bebida. Por ejemplo, puede modificar el grado de acidez de la bebida la cual determina la supervivencia de microorganismos no deseados. Por lo tanto, el tiempo de Pasteurización se escoge en base al modo de operación que presenta el proceso productivo, el cual es de tipo Bach, el cual consiste en calentar una gran cantidad de líquido en un recipiente estancado. Cabe destacar que este tipo de Pasteurización es el más utilizado por los pequeños productores debido a su sencillez.
- **Envasado:** Finalmente se envasa el té a base de grama y tamarindo a una temperatura de 70 °C en condiciones asépticas y evitando en su totalidad derramar en los bordes para evadir el crecimiento de mohos y levaduras.

#### 4.5. Flujograma del proceso productivo

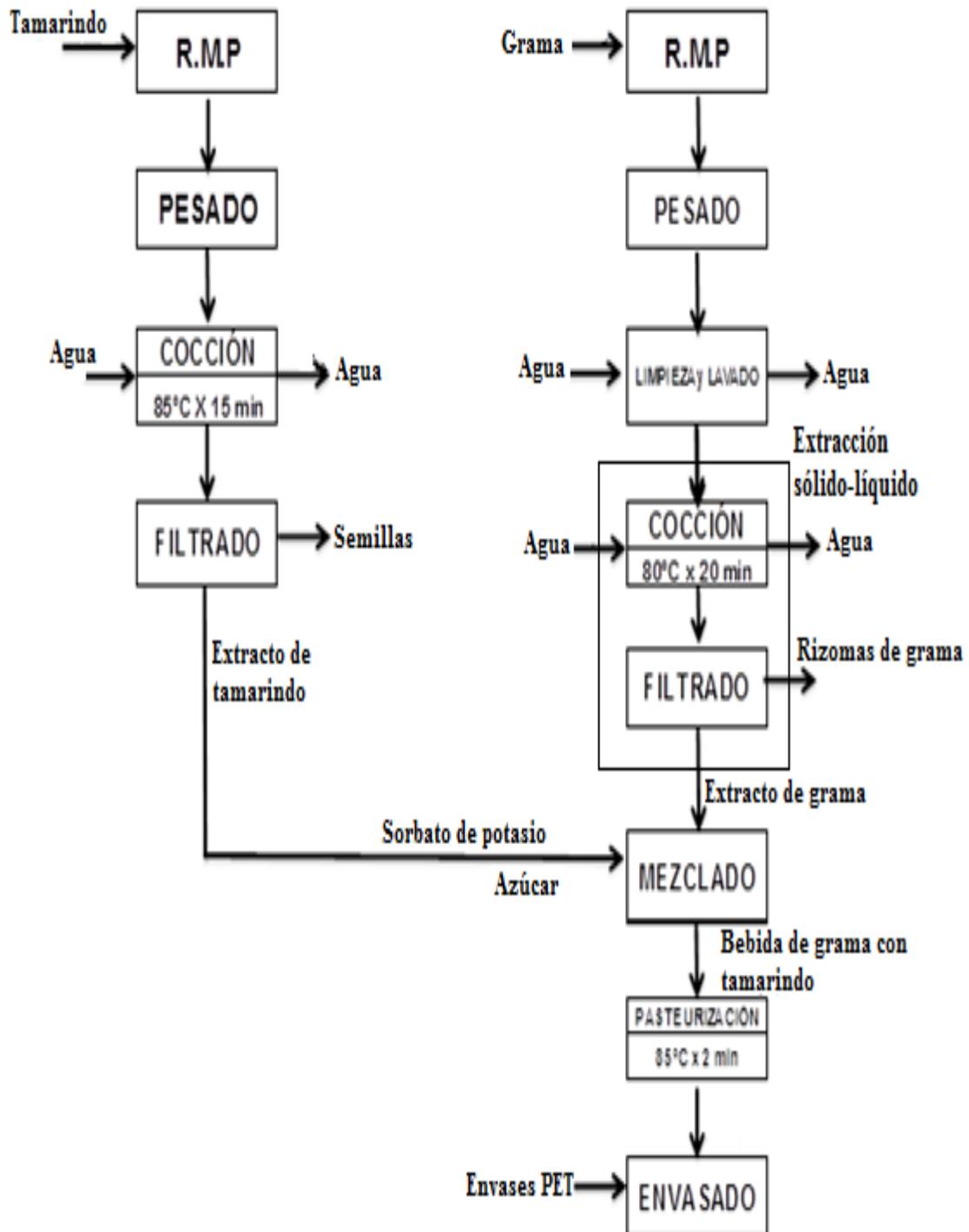


Figura 3: Flujograma del proceso productivo.

#### **4.6. Residuos generados en el proceso de producción**

De acuerdo con el proceso de producción de bebida a base de grama y tamarindo, descrito anteriormente, se generarán algunos desperdicios tales como rizomas de grama y semillas de tamarindo. En la presente tesis se cuantificaron los volúmenes de desperdicios y se propone una alternativa para tratar estos desechos.

#### **4.7. Dimensionamiento para tecnificar la producción de bebida a base de grama y tamarindo a microempresa.**

De acuerdo con **(Rick Van der Kamp, 2004)** una de las definiciones clave dentro del ámbito de las micro, pequeñas y medianas empresas (MÍ Pymes) es el tamaño de las empresas. Tradicionalmente la clasificación de las empresas está dada por el número de empleados:

Microempresa: 1-5 empleados

Pequeña empresa: 6-20 empleados

Mediana empresa: 21-99 empleados

Gran empresa: 100 o más empleados

En la presente propuesta se tecnificará la producción de bebida a base de grama y tamarindo, para ello y considerando que en la ciudad de Granada cada vendedor de fresco de grama produce entre 10 y 20 l/día, se propone un volumen de producción de 100 l/día de bebida a base de grama y tamarindo. La producción de esta bebida se tecnificará a nivel de microempresa, con 1 a 5 empleados máximo. Se estimaron además los costos de equipamiento básico para la producción de 100 l/día de la bebida a base de grama y tamarindo.

#### **4.7. Recursos Energéticos para tecnificar la producción de bebida a base de grama y tamarindo a microempresa.**

En el proceso de elaboración del té a base de Grama y Tamarindo, se incluye la cocción en agua caliente de la materia prima. Por lo tanto, se consume energía en sus modalidades de electricidad, ya sea para producir calor (térmico) y frío (refrigeración).

En consecuencia, los emprendedores o empresarios tienen la oportunidad de aumentar la productividad y maximizar el beneficio, ya que el consumo energético en la Industria es proporcional a la situación económica y los ciclos económicos.

## V. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. Determinación de la formulación óptima de té frío mediante los resultados obtenidos del análisis sensorial.

En la Tabla 4 se presentan las cantidades de materias primas utilizadas para la preparación de las 9 formulaciones. Todas las formulaciones se prepararon siguiendo el procedimiento descrito en la sección 4.4 (Descripción del proceso productivo). Para la preparación del extracto de grama, 0.05 kg de grama se colocó en 1 litro de agua y se lixivió a 85 °C por 15 minutos. Por otra parte, para la preparación del extracto de tamarindo, 0.5 kg de tamarindo se colocó en 1 litro de agua y se lixivió a 80 °C por 20 minutos. Cabe mencionar que posterior al mezclado de ambos extractos (en % especificados en la Tabla 4), estos se diluyeron hasta un volumen final de 1 litro con agua potable. La Tabla 4 también presenta los resultados de las mediciones de pH y °Brix de cada una de las 9 formulaciones.

Tabla 4: Cantidades de materias primas utilizadas para preparar las formulaciones.

Formulación	Extracto grama (kg)- Extracto tamarindo (kg)	Azúcar (kg)	Sorbato de potasio (g)	pH	°Brix
1		0.05		2.9	15
2	0.125-0.375	0.075		2.9	15
3		0.085		2.9	15
4		0.05		3.0	15
5	0.25-0.25	0.075	0.25	3.0	15
6		0.085		3.0	15
7		0.05		3.1	15
8	0.375-0.125	0.075		3.1	15
9		0.085		3.1	15

*Fuente: Elaboración Propia*

De manera general, independientemente de la formulación preparada, el pH se mantuvo alrededor de 3.0 con °Brix constante de 15.

Se puede observar que la cantidad de Sorbato de Potasio se mantiene constante en todas las formulaciones. Esto se debe a que la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) recomienda una dosis máxima permitida del 0.3%. Si existe una sobredosis de este producto, puede conducir a ciertas consecuencias negativas, como la pérdida de nutrientes en los alimentos, diarrea, náuseas y diversos tipos de reacciones alérgicas.

Se realizó una encuesta a un total de 50 panelistas de diferente edad y sexo para determinar el grado de aceptación o rechazo de las 9 formulaciones de bebida a base de grama y tamarindo, evaluando las características organolépticas de la misma (color, sabor y olor).

Ahora bien, si se cambiaran estos panelistas por otros (manteniendo constante la cantidad de los mismos), los resultados cambian o pueden ser similares. Esto se debe a diferentes factores entre los cuales se pueden mencionar:

- Factores Biológicos: hambre, apetito, sentido del gusto.
- Factores Económicos: costos de la bebida, ingresos del consumidor, disponibilidad de la bebida en el mercado.
- Factores Físicos: capacidades personales de cada individuo y tiempo disponible que pueda tener el potencial cliente.
- Factores Sociales: la cultura que posea cada individuo y conocimientos en materia de alimentación que posean los clientes potenciales.
- Factores psicológicos: estado de ánimo, estrés y creencias.

En la Figura 4 se presentan los resultados de la encuesta aplicada a 50 panelistas en cuanto a: a) Sabor, b) Olor y c) Color. De manera general, puede observarse de la Figura 4a, b que 76 y 82 % de los 50 panelistas encuestados prefirieron la formulación 8 en cuanto a sabor y olor, respectivamente. Por el contrario, de acuerdo con la Figura 4c, 80% de los panelistas prefirieron la formulación 2 en cuanto a color. Aunque las formulaciones 2 y 8 contienen la misma cantidad de azúcar (ver Tabla 4), la preferencia de los panelistas puede deberse a los contenidos de grama y tamarindo en estas dos formulaciones. La formulación 8 con mayor % de aceptación con respecto a sabor y olor, contiene 75% en peso de extracto de grama y 25% en peso de extracto de tamarindo. Por el contrario, la formulación 2 contiene 25% en peso de extracto de grama y 75% en peso de extracto de tamarindo. Finalmente, las formulaciones 4, 5 y 6 de la Tabla 4, con 50% en peso de extracto de grama y 50% en peso de extracto de tamarindo no tuvieron buena aceptación por parte de los panelistas en ninguna de las características organolépticas evaluadas (sabor, olor y color).

De los resultados de la encuesta podemos concluir que la formulación 8 de la Tabla 4, con 75% en peso de extracto de grama, 25% en peso de extracto de tamarindo y 15% en peso de azúcar con respecto al peso total de extractos es la formulación óptima, con un 76 y 82% de aceptación de los panelistas en cuanto a sabor y olor, respectivamente.

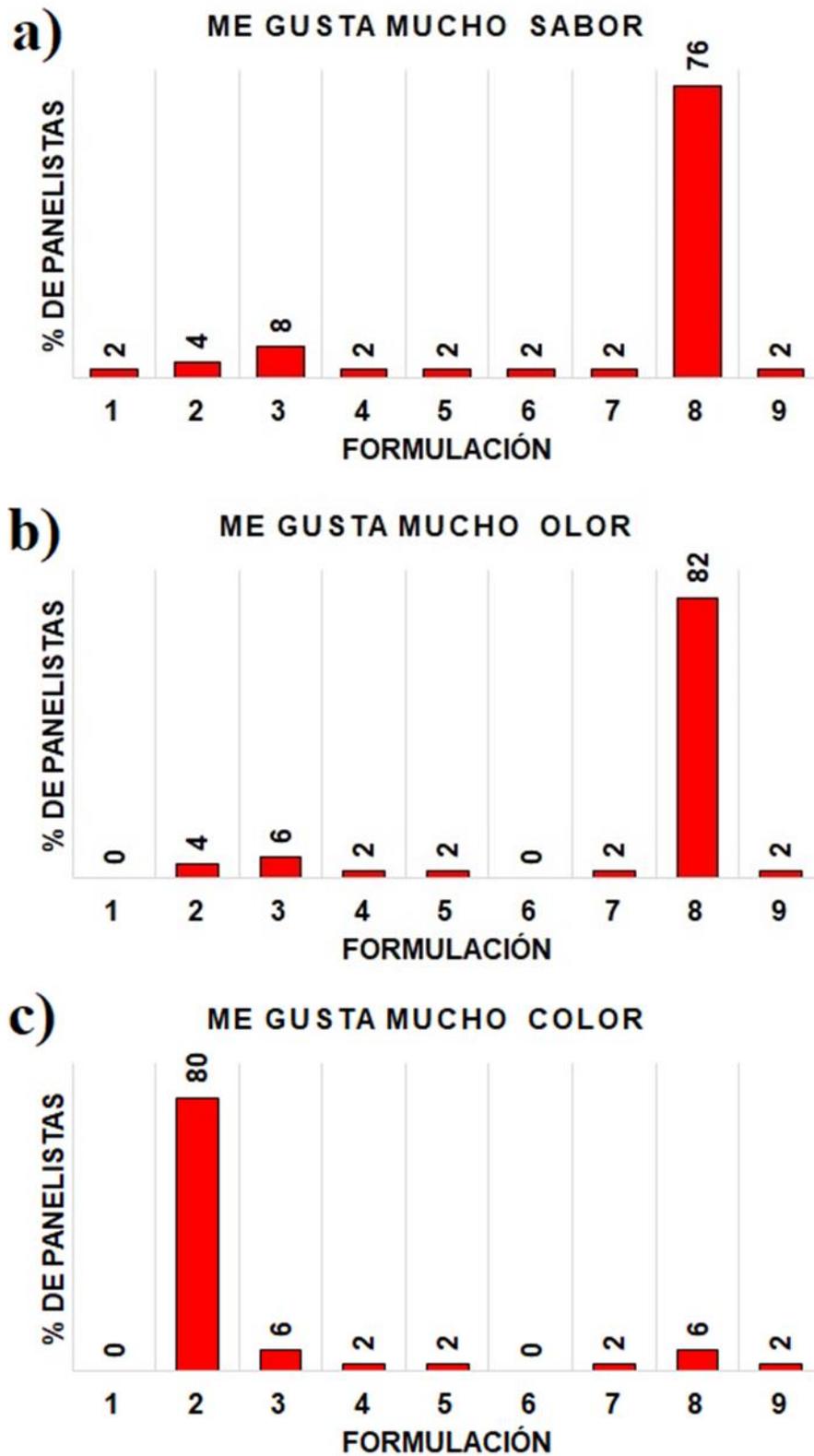


Figura 4: Resultados de la encuesta aplicada a 50 panelistas en cuanto a: a) Sabor, b) Olor y c) Color.

Para mejorar el color de la formulación 8, es necesario mejorar la filtración, ya sea utilizando diferentes tamaños de poros o bien aumentando el tiempo de esta operación. Pero como el presente trabajo se refiere a escala de Microempresa, se puede utilizar una Decantación por gravedad (se deja reposar la bebida por un largo tiempo y después se separan las fases clara y oscura).

## **5.2. Caracterización de la formulación óptima determinada para su comparación con bebidas del mercado nacional.**

Una vez seleccionada la formulación óptima mediante análisis sensorial, se realizaron pruebas fisicoquímicas de pH, acidez y °Brix, así como análisis de valor nutricional y de minerales a dicha formulación. Los resultados de dichos análisis se presentan en la Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7, respectivamente. El detalle de cada uno de los análisis realizados se presenta en la sección de Anexos del presente documento (9.2. Pruebas fisicoquímicas y bromatológicas realizadas).

Tabla 5: Resultados de pruebas fisicoquímicas.

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>
pH	3.03
Acidez	6.3 mg/L
°Brix	16

*Fuente: Elaboración Propia*

Tabla 6: Resultados de análisis de valor nutricional.

<b>Parámetro</b>	<b>Resultados (%)</b>
Humedad	89.69
Carbohidratos	7.35
Proteínas	2.34
Grasas	0.33
Cenizas	0.29
Fibra	0.10
Kcal	41.73

*Fuente: Elaboración Propia*

Tabla 7: Resultados de análisis de minerales.

<b>Parámetro</b>	<b>Resultados (mg/l)</b>
Fosforo	22,060
Sulfato	1,000
Nitrato	200
Calcio	85.62
Magnesio	51.92
Hierro	1.52
Nitrito	0.6

*Fuente: Elaboración Propia*

Se realizó una comparación del té frío a base de grama y tamarindo (formulación óptima) con bebidas existentes en el mercado nicaragüense (jugo V8 de vegetales y té frío marca Lipton). Se seleccionaron el jugo V8 y el té frío Lipton para la comparación porque son bebidas similares al té frío a base de grama. Esto tiene su fundamento principalmente en la cantidad de nutrientes que estos productos contienen. Por una parte, el jugo V8 se ha caracterizado por ser una bebida baja en calorías, sin colorantes, ni saborizantes artificiales, además de que ayuda a obtener los beneficios de los vegetales que contiene de una manera práctica y deliciosa. **(Ríos, C. 2017)**, por otra parte, el té Lipton con sus múltiples beneficios que otorga el té verde contribuye a la hidratación diaria, ayudando a limpiar el cuerpo de impurezas y mantener la piel saludable. **(Lipton, 2016)**. En la tabla 8 se presenta la comparación de contenido nutricional realizada.

Tabla 8: Comparación del contenido nutricional del té frío a base de grama y tamarindo con bebidas del mercado nicaragüense.

<b>Parámetro</b>	<b>Té frío a base de grama con tamarindo (%)</b>	<b>Jugo V8 de vegetales (%)</b>	<b>Té frío Lipton (%)</b>
Carbohidratos	7.35	3	12
Proteínas	2.34	2	<1
Grasas	0.33	0	<1
Sodio	206	6	-
Calcio	85.62 mg	2	-
Hierro	1.52 mg	2	-
Kcal	41.73	50	63

*Fuente: Elaboración Propia*

Puede observarse de la Tabla 8 que el té frío a base de grama y tamarindo es una bebida que aporta muchos nutrientes y que favorece a la salud pues tiene un alto contenido en fósforo, sales, calcio, magnesio y proteínas por tanto esta bebida es hidratante, diurética, depurativa y disminuye la presión arterial.

Cabe destacar que el valor de 206 % para el sodio es muy grande. Una de las razones principales a que presente dicho valor es que el proveedor le agrega una cantidad excesiva de sal en el momento de empacarlas para luego proceder a su comercialización.

Por lo tanto, para disminuir el alto contenido de sodio se puede proceder de las siguientes maneras:

- Solicitar al proveedor que no le agregue mucha cantidad de sal a la hora de empacar el producto.
- Cortar directamente el tamarindo de los árboles y después almacenarlo en sus respectivas vainas.

Es importante señalar que en Nicaragua no hay un Reglamento, una Legislación o una Norma pertinente que nos brinde los límites permitidos para los diferentes nutrientes o parámetros que se encuentran en este tipo de bebidas.

### **5.3. Selección de equipos necesarios a escala piloto.**

Para seleccionar los equipos básicos, se tomó en cuenta un proceso de Extracción Limpio y Sostenible que es un Proceso de Transformación Alimentaria (Tecnología de Alimentos). Y se escoge este tipo de tecnología puesto que en la actualidad se necesitan emplear procesos químicos para la obtención de productos más puros y que se aprovechen mejor las materias primas y así evitar el empleo de materiales químicos tóxicos.

Ahora bien, se escogen equipos básicos porque se desarrolla este proyecto a escala de Microempresa y esto significa que está ligado con el ingreso y a la comercialización del producto terminado. No sería recomendable utilizar equipos más costosos ya que esto conduciría al fracaso del proyecto. De todo lo anterior, se puede deducir que al escoger equipos básicos, se minimiza la inversión inicial pero a su vez se seleccionan maquinarias que posea un mayor rendimiento, funcionalidad, bajo consumo de energía y que su vida útil sea lo mayor que se pueda.

Se procedió a seleccionar los equipos básicos necesarios a Escala Piloto para una producción de 100 l/día de té frío a base de grama y tamarindo. En la Tabla 9 se presenta el equipamiento básico necesario para la producción a escala piloto, así como su función dentro del proceso productivo.

Tabla 9: Equipamiento básico necesario a escala piloto para la producción de té frío a base de grama y tamarindo.

Equipo	Función dentro del proceso
Mesa de acero inoxidable grado alimenticio	Inspección de la materia prima (grama y tamarindo).
Báscula	Pesaje de materia prima (grama y tamarindo). Pesaje de sorbato de potasio.
Marmita industrial 100 L	Lixiviación de grama y tamarindo. Mezclado de extractos de grama y tamarindo y su posterior pasteurización.
Filtro	Filtrado del té frío a base de grama y tamarindo.
Tanque de almacenamiento 100 L acero inoxidable grado alimenticio	Almacenamiento del producto terminado.
Ventilador industrial	Enfriamiento de producto terminado.

*Fuente: Elaboración Propia*

En la Figura 5 se presenta la mesa de acero inoxidable para la inspección de las materias primas (grama y tamarindo).



Figura 5: Mesa de acero inoxidable para la inspección de materias primas.

En la Figura 6 se presenta la báscula necesaria para el pesaje de las materias primas (grama y tamarindo), así como para el pesaje del sorbato de potasio. Se trata de una báscula económica y resistente, con un rango de pesaje de hasta 60 kg y una capacidad de lectura de 20 g.



Figura 6: Báscula para el pesaje de materias primas.

En la Figura 7 se presenta la marmita industrial necesaria para la cocción de ambas materias primas (grama y tamarindo), así como para el mezclado y pasteurización de 100 litros/día té a base de grama y tamarindo. La marmita cuenta con un sistema de calentamiento directo a base de gas.



Figura 7: Marmita directa gas 100 L.

En la Figura 8 se presenta el filtro de acero inoxidable necesario para filtrar el producto terminado.



Figura 8: Filtro de acero inoxidable.

La Figura 9 presenta el tanque de almacenamiento de bebidas en acero inoxidable grado alimenticio. Dicho tanque será utilizado para almacenar el producto terminado para su posterior enfriamiento y envasado.



Figura 9: Tanque de almacenamiento de bebida 100 L.

Finalmente, en la Figura 10 se presenta el ventilador industrial necesario para enfriar el producto terminado y proceder a su envasado manual.



Figura 10: Ventilador industrial para enfriamiento del producto terminado.

#### 5.4. Estimación de costos de equipamiento básico del proceso.

Una vez seleccionados los equipos básicos necesarios para la producción de 100 litros/día de té frío a base de grama y tamarindo, se estimaron los costos de dicho equipamiento básico. La Tabla 10 presenta los costos de tales equipos básicos. Todos los costos fueron cotizados en <https://www.alibaba.com/>

Cabe destacar que se trata de un proceso a escala piloto, donde el traslado, la inspección de materias primas, mezclado de extractos y envasado del producto terminado se llevarán a cabo de forma manual.

Tabla 10: Costos del equipamiento básico necesario a escala piloto para la producción de té frío a base de grama y tamarindo.

<b>Equipo</b>	<b>Costo del equipo (USD)</b>
Mesa de acero inoxidable grado alimenticio	185
Báscula (FOB)	655
Marmita industrial 100 L (precio FOB)	1680
Filtro (FOB)	500
Tanque de almacenamiento 100 L acero inoxidable grado alimenticio (precio FOB)	1000
Ventilador industrial (FOB)	130
<b>Total</b>	<b>4150</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Además, se calculó el capital de trabajo necesario para 3 meses de operación. De acuerdo con **Baca Urbina (2010)**, el capital de trabajo es la inversión adicional líquida que debe aportarse para que la empresa empiece a elaborar el producto; esto es, hay que financiar la primera producción antes de recibir ingresos; entonces, debe comprarse materia prima, pagar mano de obra directa que la transforme, otorgar crédito en las primeras ventas y contar con cierta cantidad en efectivo para sufragar los gastos diarios de la empresa. En la Tabla 11 se presentan los costos de materia prima para la operación por 3 meses (2000 litros/mes de té frío considerando operaciones de lunes a viernes de 8 a 5 pm).

Tabla 11: Costos de materia prima para la operación por 3 meses.

<b>Materia prima</b>	<b>Costo unitario (U\$D)</b>	<b>Cantidad necesaria por 3 meses</b>	<b>Costo total (U\$D)</b>
Gramma	3.5/kg	1000 kg	3500
Tamarindo	2/kg	270 kg	540
Azúcar moreno	0.72/kg	636	458
Sorbato de potasio	5.25/kg	3.36	18
Botella PET 250 ml	13.5/100 unds.	24000 unds.	3240
Etiquetas	5.6/100 unds.	24000 unds.	1344
Gas LP	60/100 lbs	12	720
<b>Total</b>	-	-	<b>9820</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Por otra parte, en la Tabla 12 se presentan los costos de mano de obra directa para la transformación de materia prima en producto terminado listo para su comercialización.

Tabla 12: Costos de mano de obra directa para la operación por 3 meses.

<b>Concepto</b>	<b>Función</b>	<b>Costo mensual (U\$D)</b>	<b>Costo por 3 meses (U\$D)</b>
Operario	Transformación de materia prima en producto terminado.	170/1 operario	U\$D170 x 3 operarios x 3 meses = U\$D1530
Ingeniero Químico	Inspección del proceso productivo, control de calidad.	\$280/ 1 IQ	840
Vendedor	Venta del producto terminado.	\$230/ 1 vendedor	690
<b>Total</b>	-	-	<b>3060</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Finalmente, en la Tabla 13 se resumen los costos totales que comprenden los costos de equipamiento básico de la planta piloto, costos de materia prima y costos de mano de obra directa para la operación de la planta piloto por un periodo de 3 meses.

Tabla 13: Costos totales.

<b>Concepto</b>	<b>Costo (U\$D)</b>	<b>%</b>
Equipamiento básico	4150	24
Materia prima	9820	58
Mano de obra directa	3060	18
<b>Total</b>	<b>17030</b>	<b>100</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

### **5.5. Tratamiento de residuos generados en el proceso de producción.**

Puesto que se trata de un proceso productivo sumamente sencillo, con un volumen de producción de 2000 litros por mes, el tratamiento de los residuos generados no presenta mayor dificultad. Por mes se utilizarán unos 350 kg de grama y 90 kg de tamarindo (ver Tabla 11). Con respecto a la grama, una vez finalizada la cocción se separa el extracto del rizoma, siendo este último un residuo del proceso, es decir, se podrían generar aproximadamente 350 kg de rizomas/mes. Con respecto al tamarindo, de los 90 kg/mes utilizados, se generan unos 80 kg de semillas de tamarindo. Ambos residuos pueden ser transformados perfectamente en composta, que es un magnifico fertilizante.

## 5.6. Requerimientos Energéticos en el Proceso Productivo.

Se procede a calcular la cantidad de calor empleada en los Procesos de Lixiviación para el Tamarindo y para la Grama, así como el cálculo de calor en la Pasteurización.

Como se seleccionó la Formulación 8 por parte de los panelistas, entonces en base a las proporciones indicadas se realizará el cálculo del requerimiento energético.

Las proporciones de la materia prima para esta formulación fueron las siguientes:

25% de Tamarindo

75% de Grama

➤ Cálculo de la cantidad de calor en el Proceso de Lixiviación para Tamarindo

Tenemos las siguientes variables:

- Capacidad Calorífica: 1 Kcal/Kg °C (se supone igual a la del agua).
- Temperatura inicial: 25°C.
- Temperatura final: 85°C.
- Masa de Tamarindo:

$$m_{Tamarindo} = \left( \frac{100l}{día} \right) * (0.25) = 25 \frac{l}{d}$$

Se sabe por factor de conversión que 1 litro es equivalente a 1 kg, entonces tenemos que:

$$25 \frac{litros}{día} = 25 \frac{kg}{día}$$

Vamos a utilizar la siguiente ecuación para encontrar la cantidad de calor:

$$Q_{Tamarindo} = m * C_p * \Delta T$$

Procedemos a realizarlos cálculos:

$$Q_{Tamarindo} = \left(25 \frac{kg}{día}\right) * \left(1 \frac{Kcal}{kg} ^\circ C\right) * (85 - 25)^\circ C = 1500 Kcal/día$$

➤ Cálculo de la cantidad de calor en el Proceso de Lixiviación para Grama

Tenemos las siguientes variables:

- Capacidad Calorífica: 1 Kcal/Kg °C (se supone igual a la del agua).
- Temperatura inicial: 25°C.
- Temperatura final: 80°C.
- Masa de Grama:

$$m_{Grama} = \left(\frac{100l}{día}\right) * (0.75) = 75 \frac{l}{d}$$

Se sabe por factor de conversión que 1 litro es equivalente a 1 kg, entonces tenemos que:

$$75 \frac{litros}{día} = 75 \frac{kg}{día}$$

Vamos a utilizar la siguiente ecuación para encontrar la cantidad de calor:

$$Q_{Grama} = m * C_p * \Delta T$$

Procedemos a realizarlos cálculos:

$$Q_{Grama} = \left(75 \frac{kg}{día}\right) * \left(1 \frac{Kcal}{kg} ^\circ C\right) * (80 - 25)^\circ C = 4125 Kcal/día$$

- Cálculo de la cantidad de calor en el Proceso de Pasteurización de la Mezcla

Tenemos las siguientes variables:

- Masa de la Mezcla: 100 litros/día.
- Capacidad Calorífica: 1 Kcal/Kg °C (se supone igual a la del agua).
- Temperatura inicial: 80°C.
- Temperatura final: 85°C

Se utiliza la siguiente conversión: 1 litro es igual a 1 Kg.

Se sabe por factor de conversión que 1 litro es equivalente a 1 kg, entonces tenemos que:

$$100 \frac{\text{litros}}{\text{día}} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Utilizamos la siguiente ecuación:

$$Q = mC_p\Delta T$$

Realizamos los cálculos pertinentes:

$$Q_{\text{Pasteurización}} = \left(100 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}\right) \left(1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} \text{°C}\right) [(85 - 80)\text{°C}]$$

$$Q_{\text{Pasteurización}} = 500 \text{Kcal/día}$$

Por tanto, la cantidad de calor total utilizada en el Proceso Productivo es la Suma de los calores anteriormente encontrados:

$$Q_T = Q_{\text{Tamarindo}} + Q_{\text{Grana}} + Q_{\text{Pasteurización}}$$

$$Q_T = (1500 + 4125 + 500) \frac{\text{Kcal}}{\text{día}}$$

$$Q_T = 6125 \text{Kcal/día}$$

## VI. CONCLUSIONES

- Se determinó la formulación óptima de té frío a base de grama y tamarindo mediante los resultados obtenidos del análisis sensorial. Se realizó una encuesta a un total de 50 panelistas de diferente edad y sexo para determinar el grado de aceptación o rechazo de 9 formulaciones de bebida a base de grama y tamarindo, evaluando las características organolépticas de las mismas (color, sabor y olor). De los resultados de esta encuesta se puede concluir que la formulación 8 de la Tabla 4, con 75% en peso de extracto de grama, 25% en peso de extracto de tamarindo y 15% en peso de azúcar moreno con respecto al peso total de extractos es la formulación óptima, con un 76 y 82% de aceptación de los panelistas en cuanto a sabor y olor, respectivamente.
- Se realizó análisis fisicoquímico y bromatológico a la formulación óptima para su comparación con bebidas existentes en el mercado nacional, tales como jugo V8 y té Lipton. Se concluye que el té frío a base de grama y tamarindo es una bebida que aporta muchos nutrientes y que favorece a la salud pues tiene un alto contenido en fósforo, sales, calcio, magnesio y proteínas por tanto esta bebida es hidratante, diurética, depurativa y disminuye la presión arterial.
- Se seleccionaron los equipos necesarios a escala piloto de acuerdo con el tipo de tecnología y a la base de cálculo. Se fijó una producción diaria de 100 litros de té frío a base grama y tamarindo, equivalente a una producción mensual de 2000 litros. El equipamiento básico necesario para la producción a escala piloto incluye una mesa de acero inoxidable para la inspección de las materias primas, una báscula para el pesaje de las materias primas, una marmita industrial de 100 litros para la cocción de la grama y tamarindo y posterior pasteurización de la mezcla, un tanque de almacenamiento de producto terminado y un enfriador industrial para llevar el producto terminado a temperatura ambiente.
- Finalmente, se estimaron los costos del equipamiento básico del proceso, así como el capital de trabajo (costo de materia prima y costo de mano de obra directa) necesario para la operación de la planta por un periodo de 3 meses. Los costos totales fueron de U\$D 16530, de los cuales un 24% corresponde a costos de equipamiento básico, un 58% a costos de materias primas (grama, tamarindo, azúcar moreno, sorbato de potasio, botellas PET, etiquetas y gas LP) y 18% a costos de mano de obra directa.

- Por el número de empleados (5) y el volumen de producción (100 litros/día), se trata de una microempresa. Los resultados del presente trabajo pueden ser presentados a organismos del Gobierno, tales como el Ministerio de la Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa (MEFCCA) e Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) que disponen de áreas de agregación de valor y probablemente podrían estar interesados en la tecnificación de este producto. Además, los resultados del presente trabajo ofrecen una alternativa a los pequeños productores de grama y tamarindo (agregación de valor a la grama y al tamarindo), y a los mismos vendedores de fresco de grama en Granada.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Realizar un filtrado adecuado con varios tamaños de poro para asegurarse que las partículas más pequeñas no deseadas no estén presentes en el producto final.
- Realizar los análisis de fibra y grasa al producto terminado aplicando los métodos correspondientes de forma segura y adecuada pues en el presente trabajo solo se realizó una investigación documental de la fibra y grasa contenida en la pulpa de tamarindo debido a que no se disponía de los materiales necesarios para la realización de estos análisis en el laboratorio de alimentos.
- Ejecutar los análisis microbiológicos al producto terminado para determinar si se encuentra en los límites aceptables establecidos de microorganismos presentes en bebidas no alcohólicas, pues no se disponía de los materiales necesarios para la realización de estos los análisis en el laboratorio de alimentos.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

**ALEMÁN, A. (2017).** El Universal. ¿Sabías que el consumo de bebidas azucaradas provoca estos daños en tu cuerpo? Mexico.

**ANAYA DURAND, A., & PEDROZA FLORES, H. (2008).** Escalamiento, el arte de la ingeniería química: Plantas piloto, el paso entre el huevo y la gallina.

**ANÓNIMO, (S.F).** Definición de pH. Recuperado el 16 de mayo de 2019 de: <https://conceptodefinicion.de/ph/>

**BLASCO, J. (2013).** Deslinde, Pina de Ebro. *Cynodon dactylon* (L.) Pers.

**BACA URBINA, G. (2010).** Evaluación de proyectos, 6ta edición.

**CAPDEVILLA (2017).** Qué son las características bromatológicas de los alimentos. Recuperado en abril 2019 de: <https://www.deustosalud.com/blog/dietetica-nutricion/que-son-caracteristicas-bromatologicas-alimentos>.

**D´ANGELO, M. (2016).** Nitratos y nitritos en el agua de consumo. Recuperado el 01 de Junio de 2019 de: <https://gwc.com.ar/agua/nitratos-agua/>

**DAMAS, C. (2015).** ¿En qué consiste el análisis microbiológico y para qué sirve?. Recuperado en abril 2019 de: <https://calebdr7.wixsite.com/analisismicro/single-post/2015/11/13/%C2%BFEn-qu%C3%A9-consiste-el-an%C3%A1lisis-microbiol%C3%B3gico-y-para-qu%C3%A9-sirve>

**DE LOS RIOS, M. D., & AGIL, L. A. (1996).** Experimentación en plantas piloto. *Ingeniería química* (329), 135-140.

**GRANADOS, C. (2017).** Caracterización química y determinación de la actividad antioxidante de la pulpa de *Tamarindus indica* L. (tamarindo) Universidad de Cartagena, Facultad de Ingenierías, Campus de la Piedra de Bolívar, Cartagena, Colombia. Recuperado el 22 de Junio del 2019 de: <http://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/509/283>.

**GUTIÉRREZ, S. (2017).** Tipos Y Enfoques De La Investigación. Recuperado en abril 2019 de: <https://es.calameo.com/books/0053507292eb27564ba08>.

**HACH COMPANY. (2013).** Colorímetro portátil dr 900. Recuperado el 16 de mayo de 2019 de: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/L2810SP.pdf>

**HERNANDEZ, J. (2013).** Fichas técnicas procesado de frutas. Pulpa de tamarindo. México.

**LENNTech. (2015).** Nitratos. Recuperado el 01 de junio de 2019 de: <https://www.lenntech.es/nitratos.htm>

**LIPTON, (2016).** Beneficios del Té Verde. Recuperado el 23 de Julio del 2019 de: <http://www.lipton.cl/article/detail/1213236/beneficios-del-te-verde>

**MESA, R. (2018).** HIERBAS Y PLANTAS MEDICINALES. Propiedades Medicinales de la Grama Común.

**PALOMINO, J. (2015).** Potenciometría y acidez titularle. Recuperado el 16 de mayo de 2019 de: <https://es.slideshare.net/joseluispalomino77/potenciometra-y-acidez-titulable>

**POSE, M. (2016).** ¿calorías o kilocalorías? Recuperado el 23 de Julio del 2019 de: [http://www.masquedieta.com/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=468:%C2%BFcalor%C3%ADas-o-kilocalor%C3%ADas?&Itemid=158](http://www.masquedieta.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=468:%C2%BFcalor%C3%ADas-o-kilocalor%C3%ADas?&Itemid=158)

**RIOS, C. (2017).** V8: Me ayuda a tener una vida más saludable. Recuperado el 23 de Julio del 2019 de: <https://www.iwaymagazine.com/blogs/salud/v8-me-ayuda-a-tener-una-vida-mas-saludable>

**RUÍZ, A. (2015).** Minerales: Hierro. Recuperado el 01 de Junio de 2019 de: <https://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/dieta-equilibrada/micronutrientes/minerales/hierro-1833>

**RUÍZ, A. (2019).** Minerales: Fósforo. Recuperado el 01 de Junio de 2019 de: <https://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/dieta-equilibrada/micronutrientes/minerales/fosforo-1829>

**SAAVEDRA, E. (s.F).** Fundamentos dureza del agua La dureza del agua se debe a la... Recuperado el 01 de junio de 2019 de: <https://www.coursehero.com/file/16810487/>

**SANDRA. (2017).** Azúcar moreno beneficios. Recuperado en abril 2019 de:  
<https://worldhealthdesign.com/azucar-moreno/>

**SANTOS, R. (S.F).** Determinación del contenido de humedad en los alimentos. Recuperado el 21 de junio de 2019 de:  
[https://www.academia.edu/19659170/DETERMINACION\\_DEL\\_CONTENIDO\\_DE\\_HUMEDAD\\_EN\\_LOS\\_ALIMENTOS\\_terminar\\_manana\\_temprano\\_caracter\\_urgente](https://www.academia.edu/19659170/DETERMINACION_DEL_CONTENIDO_DE_HUMEDAD_EN_LOS_ALIMENTOS_terminar_manana_temprano_caracter_urgente)

**SILVA, J. (2019).** Análisis básico de minerales en alimentos. Lima, Perú. Recuperado el 21 de junio de 2019 de: <https://es.slideshare.net/josuesilva526/anlisis-bsico-y-mineral-de-alimentos>

**VAN DER KAMP, RICK. (2004).** Micro, pequeñas y medianas empresas (MIPyME) y servicios de desarrollo empresarial (SDE) en Nicaragua.

**VERA, A. (2003).** Infusiones heladas como bebidas alternativas en el mercado nacional. Recuperado en abril 2019 de:  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1215/ING\\_401.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1215/ING_401.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**WALPOLE, R.** Introducción al Diseño de Experimentos. Recuperado en mayo de 2020 de:

<http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Disenno/IntroDE.pdf>

## IX. ANEXOS

### 9.1. Procesamiento de la bebida

#### Recepción de la materia prima (RMP)



Figura 11: Materias primas Fuente: propia

#### Pesaje



Figura 12: Pesaje de grama y tamarindo.



Figura 13: Pesaje de benzoato de sodio y azúcar morena.

### Lavado



Figura 14: Lavado de grama.

### Cocción



Figura 15: Cocción de grama y tamarindo.

## Filtrado



Figura 16: Filtrado de grama y tamarindo.

## Mezclado



Figura 17: Mezclado de los componentes.

## Pasteurización

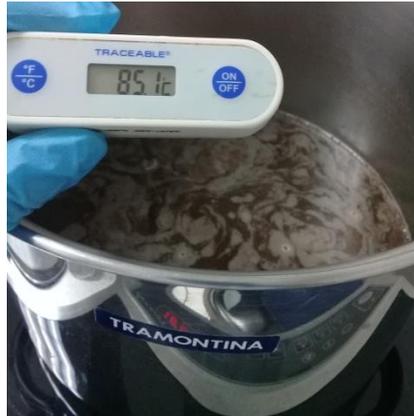


Figura 18: Pasteurización de la bebida.

## Envasado



Figura 19: Envasado de bebida.

## 9.2. Pruebas fisicoquímicas y bromatológicas realizadas

### 9.2.1. Pruebas fisicoquímicas

#### 9.2.1.1. Determinación de acidez

Según **Palomino, J. (2015)** la acidez titulable es la cantidad total de ácido en una solución determinada por titulación usando una solución estándar de **hidróxido de sodio** (titulante) y **fenolftaleína** (acido-base). La reacción está determinada por el indicador químico que cambia su color en cierto punto. La acidez titulable es usada típicamente para expresar acidez de bebidas que contienen varios ácidos orgánicos, pero mayoritariamente ácido tartárico que cuenta con un peso molecular de 150g.

#### Proceso para determinación de acidez en la bebida a base de grama con tamarindo

- ✓ Primeramente, se calcula el hidróxido de sodio a utilizar: en este caso se utilizó 0.1 gramos que se diluyó en 100 ml de agua destilada.
- ✓ Se pesa 50 gramos de la muestra.
- ✓ Se adiciona 4 gotas de fenolftaleína.
- ✓ Para la titulación, se agrega la disolución de hidróxido de sodio a una bureta, y se agregó la muestra a un matraz y se comenzó la titulación hasta notar el cambio de color
- ✓ En este proceso se gasta 21 ml de disolución de hidróxido de sodio hasta notar el cambio de color en la muestra.
- ✓

Con toda esta información se realiza el siguiente cálculo aplica la **ecuación 1**.

$$\text{Ec.1 Acidez} = (VG)(N)(P \text{ eq}) \div (VM)$$

Dónde:

**VG:** Volumen gastado de la disolución de hidróxido de sodio

**N:** Concentración de hidróxido de sodio

**P eq:** Peso equivalente del ácido tartárico

**VM:** Volumen de la muestra

#### Resultados:

$$\text{Acidez} = \frac{(21 \text{ ml}) (0.1 \text{ g}) (150 \text{ g})}{50 \text{ g}} = 6.3 \text{ mg/L}$$

Se encontró que la bebida de grama a base de grama con tamarindo hay 6.3 mg/L de acidez.

### 9.2.1.2. Determinación de pH

El **pH** es una unidad de medida de alcalinidad o acidez de una solución, más específicamente el pH mide la cantidad de iones de hidrógeno que contiene una solución determinada, el significado de su sigla es, potencial de hidrogeniones. El pH se puede medir de manera precisa a través de la utilización de una herramienta conocida como **pH-metro**, este aparato puede medir la diferencia de potencial entre un par de electrolitos. (*Anónimo s.f*).

#### Proceso para determinar el pH en la bebida de grama con tamarindo:

- ✓ Se mide 20 ml de la muestra en un beaker.
- ✓ Se introduce el electrodo del pH-metro.
- ✓ Se espera un minuto para la lectura del resultado.

#### Resultado:

El pH metro arrojó un resultado de **3.03** de potencial de hidrogeno en la muestra de bebida de grama con tamarindo.

### 9.2.2. Pruebas bromatológicas

Para la realización de estas pruebas se utiliza la maquina **HACH DR900** que es colorímetro de mano permite el acceso rápido y sencillo a los métodos de análisis que usa con más frecuencia en menos de cuatro clics. Este colorímetro es resistente al agua, al polvo y a los golpes y se ha sometido a pruebas de caídas para lograr una mayor garantía de calidad.

Este instrumento tiene una interfaz de usuario intuitiva, una amplia capacidad de almacenamiento y un puerto USB integrado para transferir información fácilmente. El colorímetro portátil ayuda también a satisfacer las principales necesidades de análisis, ya que ofrece al menos 90 de los parámetros de análisis más comunes. La combinación de todas estas características y una pantalla retro iluminada con pulsador de botón para entornos de escasa iluminación le permiten disponer de un colorímetro de mano listo para usar sobre el terreno que simplifica los análisis en los entornos más difíciles. (*Hach Company, 2013*).

### 9.2.2.1. Determinación de Hierro

**El hierro (Fe)** es un micromineral importante para la vida, aunque se encuentre en muy poca proporción en el cuerpo humano. Es primordial en el transporte de oxígeno, junto con el proceso de respiración celular. Es uno de los minerales que mayores carencias provoca, especialmente entre mujeres en edad fértil, por ello, las necesidades son mayores en mujeres, y es que la carencia de hierro provoca un tipo de anemia concreto.

#### **Proceso para determinar hierro en la bebida de grama con tamarindo:**

- ✓ Se mide 10 ml de la muestra en dos viales, uno para preparar el blanco y otro para la medición.
- ✓ Se introduce el blanco en el HACH y se programó el temporizador por 3 minutos.
- ✓ Al segundo vial con los 10 ml de muestra se le agrega un sobre (agente Ferover) (Iron phenanthronine) para determinar hierro.
- ✓ Esperar que el temporizador acabe con los 3 minutos, paso el tiempo se retira el vial con el blanco y se introduce el vial con la muestra y el agente Ferover.
- ✓ Se espera para la lectura de los resultados.

#### **Resultados:**

El HACH dio resultado de 1.50 mg/L de hierro encontrados en la bebida de grama con tamarindo.

### 9.2.2.2. Determinación de Fósforo

**El fósforo (P)** es un macromineral muy relacionado con el calcio, tanto en las funciones compartidas, como en las fuentes alimenticias donde está presente o sus recomendaciones de consumo. El fósforo forma la base de gran número de compuestos, de los cuales los más importantes son los fosfatos. El Fósforo puede ser encontrado en el ambiente más comúnmente como fosfato. Los fosfatos son sustancias importantes en el cuerpo de los humanos porque ellas son parte del material de ADN y tienen parte en la distribución de la energía. Los fosfatos pueden ser encontrados comúnmente en plantas. **(Ruiz, A. 2019)**

### **Proceso para determinar fósforo en la bebida de grama con tamarindo:**

- ✓ Se mide 10 ml de la muestra en dos viales, uno para preparar el blanco y otro para la medición.
- ✓ Se introduce el blanco en el HACH y se programó el temporizador por 2 minutos.
- ✓ Al segundo vial con los 10 ml de muestra se le agrega un sobre (agente fosfanato) para determinar fósforo.
- ✓ Esperar que el temporizador acabe con los 2 minutos, pasado el tiempo se retira el vial con el blanco y se introduce el vial con la muestra y el agente Fosfanato.
- ✓ En este caso no dio resultado en las dos primeras ocasiones en las que se realizaron las mediciones. Esto fue debido a que la bebida de grama con tamarindo posee un alto contenido de fósforo.
- ✓ Se diluye 1ml de la muestra en 99ml de agua destilada
- ✓ Se vuelve a realizar el proceso de temporizar el blanco ( esta vez con 10 ml de la solución 1 en 100 de la muestra) y pasado el tiempo se introdujo el vial con el sobre de fosfanato.
- ✓ Se espera para la lectura de los resultados

### **Resultado:**

Como se diluye la muestra en 99 ml de agua destilada el resultado que se obtuvo del HACH se multiplicó por 1000. El resultado fue:

$$22.06 \times 1000 = 22,060 \text{ mg/ L de fósforo}$$

### **9.2.2.3. Determinación de Nitratos y Nitritos**

Según (*D'Angelo, M. 2016*). El nitrato es un compuesto inorgánico compuesto por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O); el símbolo químico del nitrato es  $\text{NO}_3$ . El nitrato es un óxido natural de nitrógeno. Nitrógeno está siempre presente en el aire y reacciona con oxígeno y ozono para producir óxidos de nitrógeno de los cuales nitrato es uno. Oxidación de nitrógeno se produce también en crecimiento y descomposición de sistemas biológicos, y el nitrato está presente en el humo en cantidades significativas

### **Proceso para determinar Nitrato en la bebida de grama con tamarindo:**

- ✓ Se diluye 1 ml de muestra en 99 ml de agua destilada.
- ✓ Se mide 10 ml de la muestra en dos viales, uno para preparar el blanco y otro para la medición.
- ✓ Se introduce el blanco en el HACH y se programó el temporizador por 2 minutos.
- ✓ Al segundo vial con los 10 ml de muestra se le agrego un sobre de agente determinar Nitrato.

- ✓ Esperar que el temporizador acabe con los 2 minutos, paso el tiempo se retira el vial con el blanco y se introduce el vial con la muestra y el agente.
- ✓ Esperar resultado
- ✓

**Resultado:**

Como se diluyó la muestra en 99 ml de agua destilada el resultado que se obtuvo del HACH se multiplicó por 1000. El resultado fue:

<b><math>0.2 \times 1000 = 200 \text{ mg/ L de Nitrato}</math></b>
--

**Proceso para determinar Nitrito en la bebida de grama con tamarindo:**

- ✓ Se diluye 1 ml de muestra en 9 ml de agua destilada.
- ✓ Se mide 10 ml de la muestra en dos viales, uno para preparar el blanco y otro para la medición.
- ✓ Se introduce el blanco en el HACH y se programó el temporizador por 2 minutos.
- ✓ Al segundo vial con los 10 ml de muestra se le agrego un sobre de agente determinar Nitrito.
- ✓ Esperar que el temporizador acabe con los 2 minutos, paso el tiempo se retira el vial con el blanco y se introduce el vial con la muestra y el agente.
- ✓ Esperar resultado.

**Resultados**

Como se diluyó la muestra en 9 ml de agua destilada el resultado que se obtuvo del HACH se multiplicó por 100. El resultado fue:

<b><math>0.006 \times 100 = 0.6 \text{ mg/ L de Nitrito}</math></b>
---

**9.2.2.4. Determinación de Sulfato**

El Sulfato se trata de la sal, ya sea orgánica o mineral, que compone el ácido sulfúrico (un compuesto químico de fórmula H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

**Proceso para determinar Sulfato en la bebida de grama con tamarindo:**

- ✓ Se diluye 1 ml de muestra en 9 ml de agua destilada.
- ✓ Se mide 10 ml de la muestra en dos viales, uno para preparar el blanco y otro para la medición.
- ✓ Se introduce el blanco en el HACH y se programó el temporizador por 3 minutos.
- ✓ Al segundo vial con los 10 ml de muestra se le agrego un sobre de agente determinar Sulfato.

- ✓ Esperar que el temporizador acabe con los 3 minutos, paso el tiempo se retira el vial con el blanco y se introduce el vial con la muestra y el agente.
- ✓ Esperar resultado.

### Resultados

Como se diluyó la muestra en 99 ml de agua destilada el resultado que se obtuvo del HACH se multiplicó por 1000. El resultado fue:

$$0.1 \times 1000 = 1,000 \text{ mg/L de Sulfato}$$

### 9.2.2.5. Determinación de Dureza

Para determinar la dureza se utilizó el **método EDTA**. La dureza se define como la concentración de carbonato de calcio que es químicamente equivalente a la concentración de cationes multivalentes (principalmente *calcio* y *Magnesio* de la muestra).

**El EDTA** es un ácido tetraprótico ( $pK_{a1} = 2,0$ ;  $pK_{a2} = 2,8$ ;  $pK_{a3} = 6,2$ ;  $pK_{a4} = 10,3$ ). En su forma desprotonada, el EDTA puede producir enlaces de coordinación en seis puntos: los cuatro oxígenos y los dos nitrógenos. En la determinación de dureza con EDTA, existen varios equilibrios competitivos. La solución de la muestra se regula a un pH de  $10,0 \pm 0,1$  para tener una relación entre la estabilidad de los quelatos (la estabilidad del quelato del EDTA aumenta al aumentar el pH) y la necesidad de evitar la precipitación de los iones metálicos, por ejemplo, como  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  y  $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s})$ . En este análisis se utiliza un regulador de Cloruro de amonio/amoniaco para mantener el pH adecuado y también, evitar la precipitación de los iones metálicos ya que el amoniaco puede formar con éstos complejos débiles.

Como el EDTA y los complejos de dureza no son coloreados, se agrega un agente quelante adicional, **el Eriocromo Negro T (ENT)** para facilitar la detección del punto final. El ENT es triprótico y existe principalmente como el anión divalente de color azul,  $\text{HIn}^{2-}$  a pH 10. Antes de la titulación con EDTA se agrega una pequeña cantidad de ENT a la solución de prueba y se forma un complejo de color rojo con el  $\text{Mg}^{2+}$ . (**Saavedra, E. 2019**)

### Proceso para determinar Dureza Total en la bebida de grama con tamarindo

1. Se mide 25 mL de muestra en una probeta de 50ml.
2. Se adiciona 2ml de solución reguladora (sin amortiguador). El pH de la muestra debe ser 10.0±0.1.
3. Se adiciona indicador ENT (Negro Ericromo) en la punta de la espátula.
4. Se titula con solución de EDTA 0.01M, hasta cambio de color. La duración de la titulación no debe exceder 5 minutos.
5. Se realiza la titulación por duplicado.

### Resultados

Tabla A-1: Titulación de Dureza total.

Alimento	Solución reguladora	Volumen de EDTA gastado	ENT	
50 ml de muestra	Prueba #1	2ml	10 ml	Un poco
	Prueba #2	2 ml	10 ml	Un poco

Para realizar los cálculos adecuadamente se debe aplicar la siguiente **Ecuación 2:**

$$EC.2: Dureza\ total = ((vdt - vdk) \times F \times 1000) \div ml\ de\ muestra\ utilizada$$

Dónde:

**Vdt**= Volumen de EDTA gastado en la titulación

**Vbk**= Volumen de EDTA gastado en el blanco

**F**= Factor volumétrico establecido de la solución 1.08 mg

Luego se realizan los cálculos de calcio y magnesio con las ecuaciones 3 y 4.

$$EC. 3: Calcio\ (mg\ Ca/L) = Dureza\ total \times 0.4004$$

$$EC.4: Magnesio\ (mg\ Mg/L) = Dureza\ total \times 0.2428$$

## Resultados de Dureza total:

Tabla A-2: Dureza Total.

Prueba	ml de muestra	Vdt	Vbk	F	1000	Dureza
Prueba #1	50ml	10 ml	0.1ml	1.08 mg	*1000	213.84
Prueba #2	50ml	10 ml	0.1 ml	1.08 mg	*1000	213.84

En esta tabla se puede encontrar que los resultados de tanto de la primera prueba como de la segunda dan 213.84 pues en ambas el volumen de EDTA gastado en la titulación es el mismo.

Tabla A-3: Determinación de Calcio y Magnesio.

Pruebas	Dureza total	Factor Det Calcio	Calcio (mg Ca/L)
Pruebas 1 & 2	213.84	0.4004	85.62
		Factor Det Magnesio	Magnesio (mg Mg/L)
		0.2428	51.92

En esta tabla se determina que la bebida de grama con tamarindo cuenta con 85.62 mg/L de calcio y 51.92 mg/L de Magnesio.

### 9.2.2.6. Determinación de Humedad

La **determinación del contenido de humedad** de los alimentos es una de las más importantes y ampliamente usadas en el proceso y control de los alimentos ya que indica la cantidad de agua involucrada en la composición de los mismos. Todos los alimentos contienen agua en mayor o menor grado, y puede aparecer de dos formas: como agua libre que se libera con facilidad por evaporación o secado y como agua ligada, que se encuentra combinada químicamente a la proteína. Conocer la humedad de los alimentos permite determinar su composición centesimal, facilitar su elaboración, prolongar su conservación y, especialmente, impedir que el producto sea adulterado. (**Santos, R. S.F.**)

### Proceso para determinar humedad en la bebida de grama con tamarindo:

1. Inicialmente, el horno se calienta a 90°C
2. Luego, se procede a pesar las capsulas (3 en total), para esto se tara la pesa y luego se pesa primero la capsula vacía y luego la muestra.
3. Se mete al horno por 4 horas.
4. Se procede a sacar las tres muestras y colocarlas en el desecador por 10 minutos.
5. Se retira las muestras del desecador y cuando están frías se pesan y se anotan los resultados.

### Resultados

Para determinar el porcentaje de humedad se aplica la siguiente ecuación 5:

$$\text{EC.5: \% de humedad} = \left( \frac{\text{peso de agua en la muestra}}{\text{peso de muestra humeda}} \right) \times 100$$

Tabla A-4: Determinación de humedad.

M	Capsula (mg)	Masa (mg)	Cápsula+Masa (mg)	P. después de calentar (mg)	P. de agua evaporada (mg)	% de humedad
1	26174.6	2027.3	28201.9	26393.3	1808.6	89.21
2	26202.2	2065.0	28267.2	26418.6	1848.6	89.52
3	29507.2	2091.2	31598.4	29709.1	1889.3	90.34

**Resultados de tabla A-4:** En esta tabla se encuentran los resultados de % de humedad en tres muestras de bebida de grama con tamarindo, en promedio la humedad de la bebida es de **89.69%**.

#### 9.2.2.7. Determinación de Cenizas

**Se denomina ceniza** a la materia inorgánica que después de quemar materia orgánica y forma parte constituyente de los alimentos (sales minerales). Las cenizas permanecen como residuo luego de la calcinación de la materia orgánica del alimento. La calcinación debe efectuarse a una temperatura adecuada, que sea lo suficientemente alta como para que la materia orgánica se destruya totalmente, pero tenemos que observar que la temperatura no sea excesiva para evitar que los compuestos inorgánicos sufran alteración (fusión, descomposición, volatilización o cambio de estructura). (*Silva, J. 2019*).

### Proceso para determinar Cenizas en la bebida de grama con tamarindo:

1. Inicialmente, la mufla se precalentó a 300°C. Luego se aumentó a 550°C
2. Posteriormente, se procede a pesar las capsulas (3 en total), para esto se tara la pesa y luego se pesa primero la capsula vacía y luego la muestra.
3. Se mete la mufla por 2 horas.
4. Luego, se procede a sacar las tres muestras y colocarlas en el desecador por 10 minutos.
5. Se retira las muestras del desecador y cuando están frías se pesan y se anotan los resultados.

### Resultados

Para determinar el porcentaje de humedad se aplica la siguiente ecuación 6:

$$\text{EC. 6: \% de Cenizas} = ((P. \text{después de calentar} - \text{Capsula}) \div (\text{Capsula} + \text{Masa}) - \text{Capsula}) \times 100$$

Tabla A-5: Determinación de Cenizas.

M	Capsula (mg)	Masa (mg)	Capsula+Masa (mg)	P. después de calentar (mg)	% de Cenizas
2	27237.6	2017.3	29254.9	27243.4	0.29
3	26376.8	2052.5	28429.3	26382.5	0.29

**Resultados de tabla A-5:** En esta tabla se encuentran los resultados de % de Cenizas en tres muestras de bebida de grama con tamarindo, en promedio la humedad de la bebida es de **0.29%**.

#### 9.2.2.8. Determinación de Proteínas

De acuerdo con el ciclo del nitrógeno, una concentración alta de nitrógeno orgánico es característica de una contaminación fresca o reciente, y por consiguiente de gran peligro potencial. Todo el nitrógeno presente en compuestos orgánicos en un agua incluye el nitrógeno de aminoácidos, a minas, polipéptidos y otros compuestos orgánicos del nitrógeno.

El nitrógeno amino de la mayoría de materiales orgánicos y el amoníaco libre son convertidos a amino en presencia de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) como catalizador. Durante la digestión, el carbono y el hidrógeno son oxidados a dióxido de carbono y agua, mientras el sulfato es reducido a dióxido de azufre y el grupo amino es liberado como amoníaco, el cual no puede escapar del medio ácido y permanece como una sal de amino. Después de la adición de hidróxido de potasio (KOH), el amoníaco es liberado a pH 11 y es leído en un espeto fotómetro UV-Vis. Este método se aplica para la matriz aguas residuales industriales y superficiales. El método Kjeldahl determina el nitrógeno en el estado trinegativo. Este método no puede determinar el nitrógeno en las formas de azida, azina, azo, hidrozona, nitrato, nitrito, nitroso, oxima, semi carbazona. El nitrógeno Kjeldahl es la suma del nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal.

### **Proceso para determinar proteínas en la bebida de grama con tamarindo**

1. Tome 10 ml de muestra digestada y 10 ml del blanco digestado con las pipetas volumétricas y coloque los volúmenes en dos probetas de 25 ml cada uno.
2. Adicione a cada probeta una gota de indicador de nitrógeno Kjeldahl.
3. Adicione 5 gotas de KOH 8 N a cada probeta.
4. Llene ambas probetas con agua desionizada hasta la marca de 20 ml.
5. Adicione 3 gotas de estabilizador mineral a cada probeta. Tape e invierta varias veces para obtener una solución homogénea.
6. Afore cada probeta hasta 25 ml con agua desionizada. Tape e invierta nuevamente.
7. Adicione 1 ml de reactivo Nessler a cada probeta. Tape e invierta.
8. Espere dos minutos de reacción. Cuando el tiempo expire coloque el contenido de cada probeta en dos celdas cuadradas de 10 ml cada una.
9. Encienda el espectrofotómetro HACH y seleccione el programa almacenado 399 Nitrógeno TKN.
10. Limpie con el papel toalla la celda que contiene el blanco y colóquela en el espeto fotómetro HACH, presione tecla ZERO.
11. Limpie la celda que contiene la muestra y colóquela en el espectrofotómetro HACH, presione la tecla READ. Los resultados se expresan en ml/L de TKN.
12. Calcule la concentración de TKN en la muestra.

### **Resultados**

Para determinar la concentración de TKN se aplica la ecuación 7:

$$\text{EC.7: ppm TKN} = (75 \times A) \div (B \times C)$$

**Dónde:**

**A:** Son los mg/L leídos en la pantalla del espectrofotómetro.

**B:** es el volumen de la muestra de agua residual tomados para la digestión (40ml).

**C:** es el volumen de la muestra la digestada tomada para el análisis (10 ml).

El resultado obtenido en la pantalla fue: 2 mg/L

Aplicando la ecuación:

Ppm TKN= (75)\* 2mg/L / 40 ml \* 10 ml= 0.375 ppm de Nitrógeno total Kjeldahl

Aplicando el factor 6.25 para la determinación de proteínas:

$$0.375 \text{ mg/L} * 6.25 = \boxed{2.34\% \text{ de proteína}}$$

**9.2.2.9. Determinación de Grasa en pulpa de tamarindo**

Debido a que no se pudo realizar la determinación de grasa en la bebida de grama con tamarindo, se radicaliza una investigación documental sobre la determinación de grasa en pulpa de tamarindo. El resultado es tomado referencia para la realización de la determinación de Carbohidratos.

*Contenido de grasa:*

1. Se pesan 100 g de pulpa en un cartucho de papel de filtro y se transfiere a un equipo Soxhlet.
2. Se adiciona suficiente éter de petróleo como para extraer las grasas en un balón previamente tarado.
3. Este proceso demora una hora, transcurrido ese tiempo se evapora el solvente del balón y se pesa con el contenido de grasa extraído según la ecuación 8. (**Granados, C. 2017**)

Resultados:

$$\text{EC. 8. \%Grasas} = \boxed{((P1 - P2) \div Pm) \times 100}$$

**Dónde:**

**P<sub>1</sub>**= peso en gramos del balón con grasa

**P<sub>2</sub>**= peso en gramos del balón vacío

**P<sub>m</sub>**= peso en gramos de la muestra

El resultado obtenido es: **0.33%** de grasa en la pulpa de tamarindo

### 9.2.2.10. Determinación Fibra en pulpa de tamarindo

Contenido de fibra cruda:

1. Se pesan 2 g de pulpa en un vaso de precipitado y se desengrasa con éter, después se agrega 200 mL de ácido sulfúrico al 1,25 % caliente y se coloca a reflujo durante 30 min.
2. Se filtra en caliente a través de una tela en un embudo Buchner,
3. Se lava con agua destilada caliente hasta eliminar la reacción ácida. Con ayuda de 200 mL de NaOH al 1,25 % se transfiere todo el material que pudo haber quedado en la tela al vaso de precipitado de la reacción anterior,
4. luego se calienta durante 30 min, al cabo de los cuales se filtra de nuevo a través de la tela.
5. Se lava con agua caliente para eliminar la reacción alcalina. El residuo se filtra a través del crisol de Gooch.
6. El contenido del crisol se lleva a una estufa cerrada y se secó hasta alcanzar el peso constante a una temperatura no mayor que 110 °C, se enfrió el residuo y se pesa.
7. Después se calcina el crisol y su contenido en una mufla a 550 °C durante dos horas.
8. Se enfría y se pesa según la ecuación 9. (**Granados, C. 2017**)

**Resultados:**

$$\text{EC.9. } \% \text{fibra Cruda} = ((P1 - P2) \div Pm) \times 100$$

**Dónde:**

**P<sub>1</sub>**= peso en gramos del crisol calcinado

**P<sub>2</sub>**= peso en gramos del crisol vacío y

**P<sub>m</sub>**= peso en gramos de la muestra

El resultado obtenido es: **0.10%** de fibra cruda en la pulpa de tamarindo

### 9.2.2.11. Determinación de Carbohidratos

Los carbohidratos o Glúcidos son una clase básica de compuestos químicos en bioquímica, son moléculas compuestas en su mayor parte por átomos de carbono hidrogeno y oxígeno. Son la forma biológica primaria de almacén o consumo de energía, su función es producir energía. (**Granados, C. 2017**)

**Determinación de Carbohidratos en bebida de grama con tamarindo:**

Para determinar los carbohidratos se aplica la ecuación 10:

$$\text{EC. 10. } \% \text{ De carbohidratos} = 100 - (\% \text{Humedad} + \% \text{Proteinas} + \% \text{Grasa} + \% \text{Cenizas})$$

**Resultados:**

Aplicando la fórmula:

$$\% \text{Carbohidratos} = 100 - (\%89.69 + \%2.34 + \%0.33 + \%0.38) = 7.26\%$$

**9.2.2.12. Determinación de kcal y Calorías**

¿Qué es una kilocaloría? Es la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de 1kilogramo de agua hasta 1°C de 15° a 16° a la presión de 1 atmosfera.

¿Qué es una caloría? Es la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de 1 gramo de agua hasta 1°C de 15° a 16° en 1 atmosfera. Esto quiere decir que 1kilocaloría equivale a 1000 calorías. Lo que sucede es que se suele confundir "caloría y kilocaloría" (Pose, M. 2016)

Resultados

Se multiplica cada resultado por la equivalencia lo que resulta en:

$$\text{EC11. } Kcal = ( \text{carbohidratos} \times 4 ) + ( \text{Proteina} \times 4 ) + ( \text{Lípidos} \times 9 )$$

Para determinar la Kcal en la bebida se aplica la ecuación 11:

Tabla A-6: Determinación de valor energético.

Parámetro	Valores alcanzados	Factor de conversión (kcal/g)	Subtotal (kcal)
Proteína	2.34	4	9.36
Grasas	0.33	9	2.97
Carbohidratos	7.35	4	29.4
TOTAL			41.73