

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ciencias y Humanidades



Desarrollo de Alimento Terapéutico Listo para Consumir (ATLC)  
Utilizando Alimentos Culturalmente Aceptados

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado por  
Maricel Andrea Teresita García Sánchez  
para optar al grado académico de Licenciada en Nutrición

Guatemala,  
2020



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ciencias y Humanidades

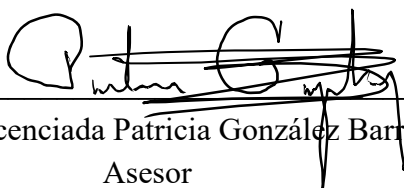


Desarrollo de Alimento Terapéutico Listo para Consumir (ATLC)  
Utilizando Alimentos Culturalmente Aceptados

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado por  
Maricel Andrea Teresita García Sánchez  
para optar al grado académico de Licenciada en Nutrición

Guatemala,  
2020

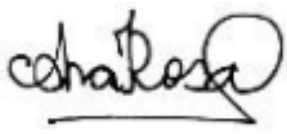
Vo. Bo. :

(f)   
Licenciada Patricia González Barrantes  
Asesor

Tribunal Examinador:

(f)   
Licenciada Patricia González Barrantes  
Asesor

(f)   
Licenciada Ana María Paz

(f)   
Licenciada Ana Isabel Rosal  
Directora Departamento de Nutrición

Fecha de aprobación: Guatemala, 9 de diciembre de 2020

## PREFACIO

El trabajo de graduación presentado a continuación surgió del interés personal en el manejo nutricional de niños con desnutrición aguda, quienes suelen encontrarse en contextos con un limitado acceso a salud. Es por esto que el estudio se enfocó en el desarrollo de un Alimento Terapéutico Listo para Consumir (ATLC), a través del cual pueda brindarse un tratamiento efectivo y accesible para la población pediátrica vulnerable.

La culminación de este trabajo fue posible gracias a mis padres, quienes me han apoyado incondicionalmente durante este proceso. Agradezco a mis amigas y futuras colegas, por acompañarme y hacer de estos cinco años de carrera inolvidables y llenos de alegría. A Dios, por darme la oportunidad de poner todo lo aprendido al servicio de los demás. Finalmente, quiero agradecer a la Licenciada Patricia González, asesora de este trabajo, por permitirme aprender de ella y motivarme siempre a la excelencia.

# ÍNDICE

PREFACIO .....	i
ÍNDICE .....	ii
LISTA DE CUADROS.....	iv
RESUMEN .....	v
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	4
III. JUSTIFICACIÓN .....	5
IV. MARCO TEÓRICO.....	6
A. Desnutrición infantil .....	6
1. Fisiopatología de la desnutrición infantil.....	6
2. Clasificación .....	7
3. Recuperación nutricional domiciliaria.....	18
B. Alimentos Terapéuticos Listos para Consumir (ATLC).....	18
C. Análisis proximal .....	20
1. Humedad y cenizas .....	21
2. Proteína .....	24
3. Lípidos .....	26
4. Carbohidratos .....	28
D. Mazapán .....	28

V. ANTECEDENTES .....	30
VI. METODOLOGÍA .....	32
A. Diseño del estudio .....	32
B. Criterios de inclusión y exclusión .....	32
1. Criterios de inclusión .....	32
2. Criterios de exclusión .....	32
C. Contextualización geográfica y temporal .....	32
D. Definición de variables .....	33
E. Recursos humanos .....	34
F. Recursos materiales .....	34
G. Procedimiento .....	35
1. Elaboración del ATLC .....	35
2. Análisis proximal .....	35
H. Registro de datos .....	36
I. Aspectos éticos .....	36
VII. RESULTADOS .....	37
A. Formulación .....	37
B. Valor nutricional calculado .....	39
C. Características físicas .....	39
D. Análisis proximal .....	39
VIII. DISCUSIÓN .....	42
IX. CONCLUSIONES .....	46
X. RECOMENDACIONES .....	47
XI. BIBLIOGRAFÍA .....	48
XII. ANEXOS .....	51

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Receta para ATLC de UNICEF. ....	20
Cuadro 2. Equipo y materiales para la elaboración de los ATLC.....	34
Cuadro 3. Valor nutricional en 100 g de ATLC según OMS. ....	35
Cuadro 4. Ingredientes de la Formulación 1 de un ATLC utilizando ingredientes culturalmente aceptados para Guatemala.....	37
Cuadro 5. Ingredientes de la Formulación 2 de un ATLC utilizando ingredientes culturalmente aceptados para Guatemala.....	38
Cuadro 6. Valor nutricional calculado de la Formulación 1 y la Formulación 2 en 100 gramos de ATLC.....	39
Cuadro 7. Características físicas de la Formulación 1 y la Formulación 2 de ATLC. ....	39
Cuadro 8. Resultados del análisis proximal para la Formulación 1 y la Formulación 2 de ATLC. ....	40
Cuadro 9. Comparación de valor nutricional calculado (VC) con valor nutricional obtenido del análisis proximal (AP) en 100 gramos de ATLC por formulación. ....	40
Cuadro 10. Comparación de valor nutricional de los ATLC, obtenido del análisis proximal, con Plumpy' Nut y valor nutricional establecido por la OMS en 100 gramos de ATLC..	40
Cuadro 11. Comparación de humedad de los ATLC, obtenido del análisis proximal, con humedad de Plumpy' Nut. en 100 gramos de ATLC.....	41

## RESUMEN

El objetivo principal de la investigación fue desarrollar un Alimento Terapéutico Listo para Consumir (ATLC) utilizando ingredientes culturalmente aceptados para Guatemala. Para ello, se realizaron dos formulaciones utilizando ingredientes similares a los empleados en la elaboración de mazapán guatemalteco. Ambos alimentos fueron sometidos a un análisis proximal para determinar el contenido de macronutrientes y humedad.

Como resultados principales se obtuvo que la Formulación 1 tuvo una densidad energética de 5.4 kcal/gramo, 11.45% de proteína y 39.10% de grasa. La Formulación 2 tuvo una densidad energética de 5.5 kcal/gramo, 12.00% de proteína y 41.28% de grasa. Ambas formulaciones cumplieron con las características físicas esperadas, las cuales fueron mantenerse sólidos a temperatura ambiente sin necesidad de refrigeración, no disgregarse con facilidad al ser manipulado y no necesitar adición de agua para ser consumidos. La Formulación 1 presentó mayor similitud con el mazapán guatemalteco, mientras que la Formulación 2 tuvo un aspecto oleoso.

Se concluyó que fue factible el desarrollo local de un ATLC de contenido proteico, lipídico y energético que cumple con estándares internacionales, integrando características físicas culturalmente aceptadas en el contexto guatemalteco. Las formulaciones desarrolladas tienen el potencial de ser utilizadas como alimentos terapéuticos indicados para niños guatemaltecos con diagnóstico de desnutrición aguda.

## I. INTRODUCCIÓN

La desnutrición infantil se considera una causa directa e indirecta de aproximadamente el 45% de la mortalidad en niños a nivel mundial (Bazzano *et al.* 2017). Las principales formas de desnutrición infantil ocurren en niños menores de cinco años que viven en países de bajos y medianos ingresos. Estas formas de desnutrición incluyen la desnutrición crónica, es decir, el retardo en talla; y la desnutrición aguda, dentro de la cual el marasmo y el kwashiorkor son clasificados como desnutrición aguda severa. La desnutrición aguda severa es un reflejo de la pobreza crónica, condiciones de vida deficientes con limitaciones en cuanto a higiene y desinfección, una alta prevalencia de enfermedades infecciosas e injurias ambientales, inseguridad alimentaria, nutrición materna y fetal deficiente, así como una ingesta subóptima en la infancia temprana (Bhutta *et al.* 2017).

La etiología de la desnutrición aguda severa es multifactorial y tiene una fuerte asociación con la mortalidad, así como con la coexistencia de distintos tipos de desnutrición en el mismo niño a través del tiempo, exacerbando aún más la mortalidad (Bhutta *et al.* 2017). La desnutrición aguda severa es definida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un puntaje  $z < -3$  desviaciones estándar (DE) de la media para el indicador peso para la talla (P/T) según los estándares de crecimiento, emaciación severa visible, presencia de edema o una circunferencia media de brazo (CMB) menor a 115 milímetros en niños de 6 a 59 meses (Bazzano *et al.* 2017).

En 2014, se estimó que más de 50 millones de niños menores a 5 años se encontraban severamente desnutridos a nivel mundial, de los cuales 16 millones presentaban emaciación severa mientras que el 23.8% presentaba retardo en talla, es decir, desnutrición crónica (Bazzano *et al.* 2017). El “2015 Global Burden of Disease Study” reportó 174,000 muertes de niños menores de 5 años, directamente relacionadas a desnutrición proteico energética. La serie de Lancet más reciente, publicada en 2013, estimó que 875,000 muertes infantiles fueron atribuidas a desnutrición aguda severa, siendo la causa del 12.6% de las muertes de niños menores de 5 años. De estas, 516,000 fueron asociadas a marasmo, siendo la causa de muerte del 7.4% de niños menores de 5 años. En 2016, un estimado de 155 millones de niños menores de 5 años presentaban retardo en talla, y 52 millones se encontraban desnutridos agudos, de los cuales 17 millones presentaban desnutrición aguda severa (Bhutta *et al.* 2017). Según UNICEF, aproximadamente 200 millones de niños menores de

5 años sufren de desnutrición crónica, de estos, el 90% vive en Asia y África. En 9 países más del 50% de estos niños sufren de desnutrición crónica. En Guatemala, el 54% de los niños padece de desnutrición crónica, situándose en niveles semejantes a los de países africanos y asiáticos. Por otro lado, el 13% de los niños menores de 5 años sufre desnutrición aguda, de los cuales 5% padece desnutrición aguda severa (UNICEF 2011).

Dentro de los principales factores de riesgo para la desnutrición aguda severa infantil se encuentran los factores ambientales, como pobreza, falta de educación, acceso limitado a servicios de salud y entornos altamente contaminados. Dentro de estos factores se incluyen el vivir en regiones con una alta tasa de enfermedades infecciosas, como infecciones del tracto respiratorio, infecciones diarreicas, VIH y tuberculosis. Los factores dietéticos de riesgo incluyen la inseguridad alimentaria tanto aguda como crónica, así como lactancia materna subóptima y prácticas de alimentación complementaria deficientes (Bhutta *et al.* 2017).

El manejo de la desnutrición aguda severa infantil tiene como objetivos la prevención de la mortalidad a corto plazo, alcanzar una recuperación nutricional sostenible para reducir la susceptibilidad a infecciones severas, y apoyar el desarrollo neurocognitivo (Bhutta *et al.* 2017).

Los Alimentos Terapéuticos Listos para Consumir (ATLC) se han convertido en un método común de tratamiento para la desnutrición aguda severa debido a su facilidad de uso y distribución durante emergencias nutricionales. La forma usual de estos alimentos es una pasta dulce a base de maní enriquecida con micronutrientes. Estos no requieren agua para su preparación y tienen una vida de anaquel de hasta 2 años, lo cual representa ventajas luego del tratamiento intrahospitalario (Bazzano *et al.* 2017).

Los ATLC han hecho posible el tratamiento domiciliario de casos no complicados de niños con desnutrición aguda severa, con los cuidados de las madres bajo la supervisión de trabajadores de salud comunitarios. Este abordaje ha permitido que más niños afectados por la desnutrición reciban un tratamiento adecuado y alcancen una recuperación completa (Bazzano *et al.* 2017). La elaboración de estos alimentos utilizando alimentos localmente disponibles tiene la capacidad de abordar las deficiencias nutricionales de niños en países en desarrollo y se ha demostrado que los consumidores prefieren aquellos alimentos con mayor familiaridad. Esto ha hecho necesario el desarrollo de ATLCs de bajo costo y nutricionalmente adecuados, utilizando ingredientes locales en distintas partes del mundo (Wakhu-Wamunga y Wamunga 2017).

El desarrollo de un Alimento Terapéutico Listo para Consumir (ATLC) tiene como alcance brindar una alternativa para la recuperación nutricional de niños guatemaltecos con diagnóstico de desnutrición aguda severa. El análisis proximal de este alimento determinará

que la cantidad de macronutrientes es adecuada para un ATLC, de acuerdo con los parámetros establecidos por la OMS. El elaborar este producto con alimentos culturalmente aceptados permitirá una mejor adherencia al tratamiento, y como consecuencia los niños con desnutrición aguda severa tendrán una mayor probabilidad de llevar a término la recuperación nutricional domiciliaria. Los resultados que se obtengan de esta tesis se convertirán en antecedentes de nuevas reformulaciones que, cumpliendo con el perfil nutricional determinado por la OMS para un ATLC, tenga características organolépticas con mayor aceptabilidad para la población guatemalteca.

## II. OBJETIVOS

### A. Objetivo general

Desarrollar un Alimento Terapéutico Listo para Consumir (ATLC) utilizando ingredientes culturalmente aceptados para Guatemala.

### B. Objetivos específicos

1. Elaborar una alternativa de ATLC que pueda ser utilizado en el tratamiento de recuperación nutricional de niños con desnutrición aguda, utilizando ingredientes culturalmente aceptados para Guatemala.
2. Determinar la cantidad de macronutrientes del ATLC elaborado a través de un análisis proximal.

### III. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto buscó desarrollar un ATLC alternativo, con alimentos culturalmente aceptados para la población guatemalteca. La propuesta de este ATLC tuvo como propósito la introducción de una alternativa que aumente la adherencia al tratamiento y que, a su vez, cumpla con las características nutricionales establecidas para este producto.

El desarrollo de una nueva formulación buscó beneficiar tanto a las madres como a los niños con diagnóstico de desnutrición aguda y desnutrición aguda severa, haciendo más factible el tratamiento domiciliario y mejorar su adherencia al mismo. Por otro lado, esta formulación representó un antecedente para nuevos Alimentos Terapéuticos Listos para Consumir que utilizan ingredientes sustitutos que son más familiares para la población, sin perder el aporte nutricional requerido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para este producto.

La determinación de la calidad nutricional del producto a través del análisis proximal, buscó establecer la factibilidad del desarrollo local de un ATLC utilizando ingredientes culturalmente aceptados, cumpliendo con la energía, proteínas y lípidos requeridos. Estos datos fueron de gran importancia, pues ofrecieron una alternativa para futuras formulaciones de ATLC de un valor nutricional apropiado para ser un tratamiento de recuperación nutricional. Estas alternativas de productos pueden representar una solución efectiva para el tratamiento de la desnutrición aguda severa en Guatemala.

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. Desnutrición infantil

#### 1. Fisiopatología de la desnutrición infantil

La desnutrición es un problema funcional y se define como un estado que resulta de una ingesta deficiente e insuficiente de nutrientes, la cual conduce a alteraciones en la composición corporal y disminución de masa celular, disminuyendo las funciones físicas y mentales, comprometiendo el pronóstico clínico ante la enfermedad (Bhutta *et al.* 2017).

Los términos emaciación, conocido como *wasting* en inglés, y retardo en el crecimiento, conocido como *stunting* en inglés, fueron introducidos por John Waterlow a principios de 1970 para diferenciar entre los niños desnutridos, a aquellos con bajo peso en relación a la talla de aquellos con una talla baja para la edad. Los términos desnutrición aguda y desnutrición crónica son utilizados para describir la emaciación y el retardo en el crecimiento respectivamente (Briend *et al.* 2015).

Estas condiciones son usualmente presentadas como dos formas aisladas de desnutrición, sin embargo, están directamente relacionadas y ocurren en las mismas poblaciones y generalmente en los mismos niños. Tanto la desnutrición aguda como la desnutrición crónica están asociadas con un aumento de la mortalidad, especialmente cuando coexisten en el mismo individuo. Ambas formas de desnutrición comparten una gran cantidad de mecanismos causales, pues según la evidencia, no se han encontrado factores de riesgo asociados a la desnutrición aguda que no estén relacionados con el retardo en el crecimiento. A nivel poblacional, la frecuencia de desnutrición crónica es mayor en el grupo etario de 18 a 24 meses, lo cual se correlaciona con la frecuencia de desnutrición aguda, siendo mayor en niños de menos de 17 meses de edad (Briend *et al.* 2015).

Cuando la ingesta energética es insuficiente para suplir las necesidades metabólicas, ocurren distintos ajustes fisiológicos para asegurar que los órganos vitales tengan un suministro adecuado, activando mecanismos en los cuales el cuerpo utiliza las reservas energéticas provenientes de la masa grasa y muscular. Si la privación de alimentos se mantiene por un periodo largo de tiempo, existen cambios en el tamaño relativo de los órganos, protegiendo al cerebro, pero afectando el corazón, riñones, el timo y los músculos.

Posteriormente, se producen cambios en los niveles de insulina y glucagón que promueven un estado metabólico de ahorro energético (Briend *et al.* 2015).

Durante la desnutrición aguda en ausencia de infección, el metabolismo se suplente principalmente de la movilización de las reservas grasas por lo que la mayoría de los órganos

obtienen energía del catabolismo de ácidos grasos. La mayoría de estos ácidos grasos no atraviesan la barrera hematoencefálica por lo que el cerebro obtiene la energía principalmente de glucosa, sin embargo, luego de un largo periodo de una ingesta energética insuficiente, éste utiliza cuerpos cetónicos para su funcionamiento, los cuales son compuestos hidrosolubles derivados del catabolismo de ácidos grasos (Briend *et al.* 2015).

En presencia de infección, el estrés nutricional se duplica. Como primer factor, la ingesta disminuye como resultado de la anorexia; y como segundo factor existe un incremento en la demanda de aminoácidos para la síntesis acelerada de proteínas de fase aguda necesarias para la respuesta inmune adaptativa. Cuando la infección o inflamación se asocian a una dieta subóptima e insuficiente, estos factores se refuerzan entre sí, conduciendo a un rápido deterioro de la masa muscular. Estos cambios en la composición corporal, indirectamente reflejados en índices antropométricos de emaciación y retardo en talla, tienen implicaciones funcionales importantes (Briend *et al.* 2015).

La explicación de la asociación de la desnutrición aguda y crónica con la mortalidad podría explicarse a través de los cambios en la composición corporal del infante, especialmente la disminución de masa muscular y masa grasa, la cual, al alcanzar un alto grado de severidad, compromete la provisión de nutrientes a órganos vitales como el corazón, riñón, hígado, sistema inmune e intestino. Los infantes con desnutrición aguda generalmente también presentan retardo en el crecimiento lineal, lo cual sugiere que ambos tipos de desnutrición tienen causas comunes y que una puede contribuir al desarrollo de la otra (Briend *et al.* 2015).

## 2. Clasificación

### a. Desnutrición crónica

La desnutrición crónica se refiere al retardo en el crecimiento lineal acompañado de consecuencias funcionales irreversibles (Onis y Branca 2016). Es una forma de desnutrición en la cual un niño no alcanza su potencial de crecimiento lineal debido a nutrición inadecuada, infecciones y factores ambientales, tanto prenatales como postnatales. La ocurrencia temprana de este retardo está asociado a pobre desarrollo cognitivo, motor y psicosocial, así como a un aumento en la mortalidad. (Adekanmbi *et al.* 2011). La interrupción del crecimiento generalmente empieza intraútero y continua al

menos durante los primeros dos años de vida. El fracaso del crecimiento lineal sirve como marcador de diversos desórdenes patológicos asociados con un aumento de la morbilidad, pérdida de potencial de crecimiento físico, desarrollo neurológico y función cognitiva reducidos, así como riesgo elevado de enfermedades crónicas no transmisibles durante la adultez (Onis y Branca 2016).

El retardo en el crecimiento es un indicador global del bienestar infantil y un reflejo preciso de inequidades sociales. Este tipo de desnutrición es la más prevalente, con un estimado de 161 millones de niños menores de 5 años a nivel mundial en el año 2013. Este fenómeno, usualmente no es reconocido en comunidades donde la baja estatura es considerada normal, sin embargo, actualmente se reconoce como un problema prioritario de salud pública. Su relevancia internacional radica en que afecta a un gran número de niños globalmente, y a las consecuencias funcionales a corto y largo plazo, incluyendo cognición y rendimiento académico deficiente, así como menores salarios y pérdida de productividad en etapas posteriores (Onis y Branca 2016).

Se ha identificado una ventana crítica, dentro de la cual el crecimiento lineal es más sensible a factores ambientalmente modificables relacionados a alimentación, infecciones y atención psicosocial. Este periodo de sensibilidad comprende los primeros mil días de vida. De acuerdo con el patrón característico de retardo en el crecimiento durante la infancia temprana, se ha establecido el periodo desde la concepción hasta los dos años de vida como el periodo crítico, durante el cual, el fracaso en el crecimiento es parte de un proceso activo de desnutrición crónica o retardo de la talla para la edad. Luego del nacimiento, el promedio del indicador talla para la edad en puntaje  $Z$  muestra una tendencia a disminuir hasta aproximadamente los 24 meses de edad, especialmente en poblaciones de infantes privados de adecuadas condiciones de vida. Durante este periodo, los infantes sanos experimentan un crecimiento acelerado, el cual es crítico para el desarrollo neurológico a largo plazo, ya que el cerebro también crece de manera acelerada durante los primeros dos años de vida (Onis y Branca 2016).

El periodo que comprende de los 6 a los 24 meses de vida es importante debido a que, se inicia la alimentación complementaria, es decir, la introducción de alimentos distintos a la leche materna y los niños gradualmente adquieren independencia. En esta etapa, los factores ambientales que influyen el crecimiento y desarrollo se multiplican. Es por esto que las malas prácticas de alimentación complementaria se han identificado como un factor de riesgo directo asociado al retardo del crecimiento lineal (Stewart *et al.* 2013).

## 1) Causas

Los principales factores que contribuyen al retardo en el crecimiento incluyen factores domésticos, familiares, alimentación complementaria inadecuada, prácticas inadecuadas de lactancia e infecciones. (Stewart *et al.* 2013).

Las condiciones periconcepcionales, incluyendo el estado nutricional de la madre antes del embarazo, así como su ingesta energética y de nutrientes, tienen un impacto en los procesos tempranos de crecimiento y desarrollo. El medio materno establece límites físicos y biológicos para el crecimiento de los descendientes. Las infecciones maternas como malaria o VIH pueden conducir a restricción del crecimiento intrauterino (RCIU) y posteriormente retardo en el crecimiento en la infancia. El embarazo adolescente interfiere con la disponibilidad de nutrientes para el feto por la demanda competitiva de los mismos, debido al crecimiento en curso de la madre. Por otro lado, los embarazos poco espaciados aumentan el riesgo de reservas maternas depletadas, teniendo consecuencias negativas tanto para la madre como para el niño. (Stewart *et al.* 2013)

Dentro de los factores domésticos existen diversos determinantes socioeconómicos asociados al retardo del crecimiento lineal. El bajo nivel educativo de los cuidadores está relacionado con una mala alimentación infantil, y es causal de otras prácticas asociadas al retardo del desarrollo y crecimiento. La pobreza en el hogar conduce a inseguridad alimentaria, lo cual al interactuar con inadecuada estimulación infantil impide el desarrollo a través de diversos mecanismos (Stewart *et al.* 2013).

El inicio tardío de la lactancia materna, la lactancia materna no exclusiva o la ausencia de esta, aumentan el riesgo de morbilidad infantil, comprometiendo el crecimiento de poblaciones en desventaja. El cese temprano de la lactancia también conduce al retardo en el crecimiento y desarrollo a través de la inadecuada ingesta energética, deficiencia de nutrientes y ausencia de componentes inmunológicos presentes en la leche humana (Stewart *et al.* 2013).

De acuerdo con el marco conceptual de la OMS para el Retardo en el crecimiento: contexto, causas y consecuencias, se enfatizan tres aspectos de la alimentación complementaria que contribuyen al desarrollo y crecimiento retardado. El primero es la baja calidad de los alimentos, ya que una alimentación limitada de variedad conduce a un aporte inadecuado de nutrientes. Además, las dietas altas en alimentos vegetales con antinutrientes como los fitatos y polifenoles, son comunes en poblaciones con situación de pobreza. El segundo aspecto son las prácticas inadecuadas, las cuales incluyen alimentación poco frecuente, comidas altamente diluidas con baja densidad energética, alimentación inadecuada durante enfermedad y la provisión de cantidades insuficientes de alimentos. El tercer aspecto se refiere a la inocuidad del agua y los alimentos, relacionado principalmente al mecanismo infeccioso que causa retardo en el crecimiento. Las prácticas domésticas de

higiene, como el lavado de manos, saneamiento del agua, preparación de alimentos y condiciones sanitarias afectan el riesgo de diarrea y otras patologías que interfieren con el crecimiento (Stewart *et al.* 2013).

Las infecciones representan una causa proximal del retardo en el desarrollo y crecimiento. La diarrea, enfermedades respiratorias, malaria y fiebre son determinantes que actúan a través de la inflamación y la desviación, secuestro o pérdida de nutrientes. Se estima que el 25% del retardo en talla puede ser atribuido a cinco o más episodios de diarrea antes de los primeros dos años de vida. Las infecciones severas pueden conducir a una depleción que resulta en bajo peso para la edad, lo cual a largo plazo ocasiona un deterioro del crecimiento lineal, especialmente si coexiste con una baja disponibilidad de alimentos para la recuperación posterior a la enfermedad (Stewart *et al.* 2013).

La infección subclínica es un factor que contribuye al crecimiento y desarrollo poco favorable. La enteropatía ambiental es un ejemplo de una condición subclínica en la cual, la exposición constante a microorganismos patógenos conduce a anomalías en la estructura y función del intestino delgado. Esta enteropatía se caracteriza por atrofia en las vellosidades, hiperplasia críptica, infiltración células T pro inflamatorias en la mucosa intestinal y un aumento de permeabilidad de patógenos entéricos. Estudios en niños con permeabilidad intestinal alterada sugieren que estos tienen una menor absorción de zinc y vitamina A (Stewart *et al.* 2013).

## 2) Consecuencias

Los efectos intergeneracionales del retardo en el crecimiento lineal han sido documentados, siendo establecido como un factor de riesgo para la perpetuación del ciclo de la pobreza. Los posibles mecanismos que explican estos efectos en el crecimiento son características genéticas compartidas, cambios en la programación metabólica, efectos epigenéticos y espacio intrauterino reducido para el crecimiento fetal (Onis y Branca 2016).

La evidencia señala que el retardo en el crecimiento tiene consecuencias tanto inmediatas como a largo plazo en la salud y el desarrollo. Entre algunas de estas se encuentra la salud reproductiva de las mujeres, en donde el retardo del crecimiento es un factor de riesgo. Por otro lado, existe una mayor susceptibilidad a infecciones, rendimiento académico deficiente, disminuida capacidad intelectual y menor productividad económica.

La nutrición inadecuada y las infecciones recurrentes forman parte de un círculo vicioso de deterioro del estado nutricional y el aumento de la susceptibilidad a estas. Las infecciones deterioran el estado nutricional a través de la disminución del apetito, absorción intestinal alterada, catabolismo aumentado y la utilización de nutrientes para la respuesta inmunológica y no para el crecimiento. Al mismo tiempo, la desnutrición crónica aumenta

el riesgo de infección debido a su impacto negativo en la función de la barrera epitelial y la alteración de la respuesta inmune (Stewart *et al.* 2013).

A largo plazo, los individuos que a los 2 años de vida presentaron retardo en el crecimiento lineal, es probable que crezcan como adultos de talla baja. Durante la infancia existe la oportunidad de alcanzar un crecimiento normal, conocido como catch-up, ya sea por una mejora en la alimentación o por un retraso en la maduración esquelética y el crecimiento acelerado durante la pubertad, el cual resulta en un periodo más largo para el aumento de la talla. Según un estudio de cohorte realizado en Brasil, Guatemala, India y Filipinas; el presentar 1 DE menos en el indicador talla para la edad a los 2 años, está asociado a 3.2 cm menos de estatura en la adultez, mientras que 1 DE menos para el mismo indicador durante la infancia media se asoció con 1.9 cm menos de estatura en la edad adulta. Los efectos neurológicos debido al desarrollo subóptimo por deficiencias de micronutrientes como yodo y hierro, tienen efectos a largo plazo que son irreversibles, incluso cuando el crecimiento no se ve afectado (Stewart *et al.* 2013).

Entre mujeres, una menor estatura tiene implicaciones importantes en la reproducción. El retardo en talla materna, que se define como una estatura menor a 145 cm, es un factor de riesgo de mortalidad perinatal, así como de un trabajo de parto obstruido y asfíxia perinatal (Stewart *et al.* 2013).

El retardo en la talla también podría asociarse al desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles en adultos. Estudios de infantes nacidos con bajo peso al nacer han demostrado asociaciones consistentes con presión arterial elevada, disfunción renal y alteraciones en el metabolismo de glucosa. No existe evidencia clara de la asociación entre el retardo en talla como un factor de riesgo para obesidad, sin embargo, una ganancia de peso acelerada entre los 2 a 3 años en individuos nacidos con longitud disminuida, podría conducir a un alto riesgo para el desarrollo de enfermedades crónicas en etapas posteriores (Stewart *et al.* 2013).

Las consecuencias económicas se relacionan al gasto en salud y la pérdida de oportunidades. A nivel inmediato, este tipo de desnutrición aumenta los costos a nivel del hogar por el cuidado de un niño en situación de enfermedad. La estatura baja en adultos se ha vinculado a una disminución del rendimiento académico y productividad económica. Esta deficiencia tiene consecuencias importantes a nivel individual, doméstico y comunitario. Estudios han demostrado que adultos que a los 2 años tuvieron retardo en talla, completaron aproximadamente un año menos de educación en comparación con adultos de talla normal. Por cada aumento del 10% en la prevalencia del retardo en el crecimiento mayor, la proporción de niños que alcanzan a concluir la primaria se ha estimado que disminuye en un 7.9% (Bhutta *et al.* 2017). Se estima que los niños con

retardo en talla tienen un ingreso 20% menor cuando son adultos en contraste con aquellos que han tenido un crecimiento lineal óptimo (Stewart *et al.* 2013).

### 3) Diagnóstico

La desnutrición crónica es identificada al evaluar la longitud en niños menores de dos años y la talla en niños de dos años en adelante, e interpretar las mediciones comparándolas con los valores aceptables que han sido estandarizados. Existe un acuerdo internacional en el cual se establece que un niño presenta retraso en el crecimiento si el indicador longitud o talla se encuentra por debajo de -2 DE de la media en los Estándares de Crecimiento Infantil de la Organización Mundial de la Salud para la misma edad y sexo. Igualmente, se considera un retardo en el crecimiento severo cuando este indicador está por debajo de -3 DE de la media (Onis y Branca 2016).

El consenso internacional actual indica que todos los niños de distintos grupos étnicos tienen un potencial similar de crecimiento. Actualmente, más de 140 países utilizan la robusta metodología de los estándares de la OMS, la cual describe con precisión el crecimiento fisiológico y concierne el crecimiento infantil en todo el mundo. De acuerdo con el Estudio Multicéntrico de Referencia de Crecimiento, cuando la salud, el ambiente y las necesidades de un niño se satisfacen de manera óptima, el potencial de crecimiento humano es universal hasta al menos los 5 años. Además, el crecimiento fetal y la longitud neonatal son similares entre diversos sitios geográficos cuando el estado nutricional y salud maternal es adecuado, y existen pocas restricciones ambientales para el crecimiento (Onis y Branca 2016).

#### a. Desnutrición aguda

La desnutrición aguda afecta alrededor de 20 millones de niños menores de 5 años y anualmente causa 1 millón de muertes al aumentar la susceptibilidad a morir de infecciones severas (Williams y Berkley 2017). Esta forma de desnutrición predomina en niños que se encuentran en países de bajos y medianos ingresos (Bhutta *et al.* 2017). El grupo etario más vulnerable para padecer de desnutrición aguda se encuentra entre los 6 a los 18 meses, cuando la velocidad de crecimiento y el desarrollo neurológico son especialmente elevados. Por otro lado, la introducción precoz de alimentos en niños menores de 6 meses en entornos de escasos recursos ha aumentado el riesgo de desnutrición aguda en esta población (Williams y Berkley 2017).

Esta puede ser definida por dos entidades clínicas distintas; la primera es un tipo de desnutrición aguda severa conocida como marasmo, la cual se define por una circunferencia media de brazo (CMB) menor a 115 mm en niños de 6 a 59 meses de edad o un indicador peso para la longitud/talla menor a -3 DE según los estándares de crecimiento infantil de la OMS. La segunda entidad clínica es el edema nutricional, llamado kwashiorkor, cuya característica principal es el edema bilateral. Los niños con desnutrición aguda severa

pueden clasificarse también según la presencia o ausencia de complicaciones médicas (Williams y Berkley 2017). Esta clasificación es efectiva para tamizar e identificar desnutrición aguda, sin embargo, no aborda deficiencias nutricionales específicas o la variabilidad biológica entre los niños (Bhutta *et al.* 2017).

La desnutrición aguda severa no complicada incluye niños con un estado clínico adecuado, ausencia de signos de infección y que mantienen el apetito, es decir que han aprobado la prueba del apetito, lo cual es un indicador de ausencia de alteraciones metabólicas. Por otro lado, la desnutrición aguda severa complicada incluye niños con signos clínicos de infección, alteraciones metabólicas, edema severo, hipotermia, vómitos, deshidratación severa, anemia severa o pérdida de apetito, los cuales requieren manejo intrahospitalario (Williams y Berkley 2017).

Tradicionalmente, todos los niños con desnutrición aguda severa eran manejados de forma intrahospitalaria con antibióticos parenterales de amplio espectro, incluso en ausencia de signos clínicos de infección. Durante la última década, la llegada de los clínicamente efectivos alimentos terapéuticos listos para consumir (ATLC), han resultado en la recomendación del manejo ambulatorio en niños con desnutrición aguda severa no complicada, abarcando a más del 80% de los casos (Williams y Berkley 2017).

#### 1) Etiología

El término desnutrición aguda severa es utilizado para describir el reflejo de la interacción entre pobreza crónica, condiciones de vida subóptimas con deficiencias de higiene y desinfección, la alta prevalencia de enfermedades infecciosas e insultos ambientales, inseguridad alimentaria, estado nutricional materno y fetal deficiente, así como una ingesta de nutrientes inadecuada durante la infancia. La etiología de la desnutrición aguda severa es multifactorial y tiene una fuerte asociación con la mortalidad infantil. Además, con frecuencia los distintos tipos de desnutrición coexisten en un mismo niño a través del tiempo, lo cual posteriormente exacerba la mortalidad. Las regiones con altas prevalencias de desnutrición aguda severa generalmente tienen altos índices de mortalidad infantil, por lo que esta representa un factor de riesgo importante en estas poblaciones (Bhutta *et al.* 2017).

Los factores de riesgo incluyen componentes sociales y ambientales. Estos son principalmente la pobreza, baja escolaridad, acceso limitado a servicios de salud y entornos contaminados, así como vivir en áreas con elevadas prevalencias de enfermedades infecciosas, como infecciones del tracto respiratorio, diarrea, VIH y tuberculosis. Otros factores de riesgo son dietéticos, tales como la inseguridad alimentaria aguda o crónica, periodos de hambruna, así como prácticas de lactancia materna inadecuadas y alimentación complementaria subóptima (Bhutta *et al.* 2017).

## 2) Fisiopatología

Los cambios metabólicos y mecanismos fisiopatológicos asociados al marasmo se asocian a periodos prolongados de inanición y caquexia, la cual se define como emaciación inducida por enfermedad crónica. Durante las primeras etapas de periodos de ayuno, los ácidos grasos libres y cuerpos cetónicos son oxidados utilizando las reservas grasas del tejido adiposo como fuente de energía. Además, las proteínas miofibrilares pueden ser degradadas a aminoácidos y transformadas en glucosa a través de la gluconeogénesis. Posteriormente, luego de un periodo prolongado de ayuno cuando las reservas grasas han sido depletadas, las proteínas miofibrilares son exhaustivamente degradadas para mantener los procesos metabólicos esenciales. La regulación a corto plazo de la oxidación y síntesis de macronutrientes depende de insulina y glucagón, mientras que la regulación a largo plazo es mediada por la hormona del crecimiento, hormonas tiroideas, catecolaminas y corticosteroides (Bhutta *et al.* 2017).

Adicional a esto, la liberación de citoquinas en la caquexia, especialmente de factor de necrosis tumoral (TNF), IL-1 e IL-6, pueden influenciar de forma negativa la composición corporal a través de la disminución del apetito y de la ingesta, así como de los efectos catabólicos directos en el músculo esquelético y tejido adiposo. La autofagia está implicada en la depleción muscular, la cual al perpetuarse puede ser perjudicial para las células musculares al remover componentes importantes para su metabolismo y contracción, como lo es la mitocondria (Bhutta *et al.* 2017).

Los mecanismos fisiopatológicos kwashiorkor aún son poco conocidos, a pesar de ser una condición nombrada hace tiempo. De acuerdo con un estudio realizado por Cecily Williams, se documentó que la mayoría de niños con kwashiorkor en Ghana eran alimentados de manera monótona con maíz, siendo deficiente en aminoácidos esenciales como lisina y triptófano. Algunos signos característicos de esta condición, como la hipoalbuminemia, pueden ser inducidos por una dieta baja en proteína y alta en mono y disacáridos. A pesar de ello, el grado de hipoalbuminemia no presenta una correlación fuerte con la severidad del edema o con su velocidad de resolución (Bhutta *et al.* 2017).

Con respecto a las infecciones, los niños severamente desnutridos tienen una alta susceptibilidad a infecciones mortales, lo cual es consecuencia de la inmunodeficiencia secundaria. El motivo de consulta a servicios médicos de niños con desnutrición aguda severa suelen ser infecciones severas y no la desnutrición por sí sola. Las barreras cutáneas, respiratorias y mucosa intestinal suelen encontrarse dañadas en estos niños, y los efectos de esto se componen de una disfunción entérica subclínica asociada a alteraciones en la microbiota intestinal. Puede hallarse también una activación aumentada de marcadores de activación inmunológica sistémica como citoquinas pro inflamatorias, TNF, IL-1, IL-6, IL-12, las cuales alteran la hormona factor de crecimiento insulínico IGF 1, resultando en emaciación y crecimiento lineal subóptimo. En presencia de desnutrición, esta activación

inmune sistémica puede ser causada por infección aguda o crónica, enteropatía inflamatoria y translocación bacteriana a nivel intestinal. Otras alteraciones inmunológicas incluyen la disfunción de las células T y la reducción de la actividad bactericida de los neutrófilos (Bhutta *et al.* 2017).

La desnutrición aguda severa afecta el metabolismo de los macronutrientes y función endocrina. El marasmo se asocia principalmente a una pérdida de grasa subcutánea y depleción muscular inducida por largos periodos de inanición, mientras que el kwashiorkor se asocia a una respuesta metabólica alterada en la cual una dieta alta en carbohidratos y baja en proteína conduce a una respuesta glicolítica continua y catabolismo proteico, el cual no es suficiente para cubrir los requerimientos de aminoácidos para mantener las vías esenciales de síntesis proteica. Además, se han reportado reducidas concentraciones de aminoácidos esenciales y no esenciales, las cuales han sido más pronunciadas en niños con kwashiorkor (Bhutta *et al.* 2017).

Con respecto al metabolismo de los lípidos, se ha observado la estimulación de la lipólisis durante el ayuno, cuando los niveles de insulina se encuentran bajos. Un estudio reciente ha identificado niveles elevados de acilcarnitina en presencia de desnutrición aguda severa, independiente de la presencia de edema. Por otro lado, la homeostasis de glucosa se encuentra alterada y es común el hallazgo de hipoglicemia. El kwashiorkor se asocia a una reducción en la producción endógena de glucosa en comparación a los niños que presentan marasmo o en condiciones normales, lo cual contribuye al desarrollo de hipoglicemia. Adicional a esto, el aclaramiento de glucosa plasmática y su utilización por parte de los tejidos se encuentra alterada tanto en kwashiorkor como en marasmo. Un factor que contribuye a esto es la disminución de la respuesta endocrina del páncreas. Se han observado concentraciones bajas de leptina en niños con desnutrición aguda severa, lo cual es un reflejo de la pérdida de tejido adiposo. La leptina tiene una función directa en la función inmune, metabolismo y regulación del apetito, por lo que sus niveles se asocian inversamente a la mortalidad (Bhutta *et al.* 2017).

La desnutrición aguda severa es un factor de riesgo para diversas alteraciones fisiológicas. Estudios de cohorte han reportado atrofia el músculo cardíaco, así como una disminución del gasto cardíaco. Con respecto a la función hepática, los cambios en el metabolismo a nivel del hígado se asocian a esteatosis hepática, especialmente en niños con kwashiorkor. Por otro lado, se ha observado una disminución en la tasa de filtrado glomerular, así como signos de disfunción tubular con una reducción de la osmolaridad urinaria. En cuanto a la función cerebral, se ha observado una atrofia en niños con kwashiorkor, los cuales manifiestan alteraciones de la conducta e irritabilidad, mientras que los niños con marasmo generalmente se muestran apáticos, letárgicos y con alteraciones del lenguaje (Bhutta *et al.* 2017).

### 3) Diagnóstico

La principal herramienta para la detección de desnutrición aguda severa es la antropometría, la cual se correlaciona con factores epidemiológicos, biológicos y clínicos. El criterio diagnóstico actual se enfoca en el grupo con mayor riesgo de desnutrición aguda, es decir, aquellos niños que presentan un peso bajo en relación a la talla, y no aquellos que presentan un peso bajo para la edad, el cual se debe principalmente a un retardo en el crecimiento lineal. La Organización Mundial de la Salud recomienda expresar los indicadores en puntaje Z, lo cual se interpreta como el número de desviaciones estándar por encima o por debajo del valor de referencia de la media (Bhutta *et al.* 2017).

La desnutrición aguda severa se define como un indicador peso para la longitud/talla  $-3$  DE por debajo de la media, o la presencia de edema bilateral. De acuerdo con otros estudios, la circunferencia media de brazo (CMB) es un parámetro más estricto para evaluar el riesgo de mortalidad. La asociación entre el CMB y la mortalidad puede atribuirse a que en niños pequeños puede encontrarse tanto la emaciación como el retardo en el crecimiento, lo cual aumenta el riesgo. Una circunferencia media de brazo menor a 115 mm fue introducida en el año 2013 por la OMS, como un criterio diagnóstico independiente para el diagnóstico de desnutrición aguda severa en niños de 6 a 59 meses (Bhutta *et al.* 2017).

La identificación del edema criterio diagnóstico de kwashiorkor que puede ser independiente de las medidas antropométricas. Este puede ser evaluado al presionar firmemente por debajo del tercero a cuarto hueso tarsal en la cara dorsal del pie del niño durante 3 a 5 segundos, y posteriormente observar fóvea por 2 a 3 segundos. El edema puede ser clasificado según la localización; grado 1+ indica edema limitado a los miembros inferiores, 2+ indica edema presente en los brazos y grado 3+ indica edema en el rostro. La presencia de edema simétrico bilateral en los pies es un signo común en poblaciones infantiles que se encuentran en un alto riesgo (Bhutta *et al.* 2017).

### 4) Tratamiento

Los objetivos del manejo de la desnutrición aguda severa son la prevención de mortalidad a corto plazo, alcanzar la recuperación nutricional necesaria para reducir la susceptibilidad a infecciones y favorecer el desarrollo neurocognitivo. El manejo se basa en una serie de parámetros y programas establecidos por la Organización Mundial de la Salud, los cuales han sido ampliamente adoptados en todo el mundo (Bhutta *et al.* 2017). La OMS indica que, al seguir las guías para el manejo intrahospitalario de desnutrición aguda severa, la mortalidad debería de ser menor al 10%, sin embargo, esto puede variar según el estado de los sistemas de salud en los diferentes países del mundo. A pesar de que sistemas de salud débiles y la inadecuada implementación de estos parámetros contribuyen a un alto número de muertes prevenibles atribuidas a desnutrición aguda severa complicada; esta condición es una causa indudable de mortalidad incluso en centros con

recursos relativamente suficientes, que reportan una implementación completa de las guías de la OMS (Tickell *et al.* 2016).

Los niños con desnutrición aguda severa complicada requieren de manejo intrahospitalario. El objetivo de esto es abordar las alteraciones en el metabolismo de carbohidratos y energía, las cuales afectan los niveles plasmáticos de glucosa y la regulación de la temperatura corporal, así como la distribución de fluidos y electrolitos (Bhutta *et al.* 2017). Las recomendaciones de este manejo incluyen aporte de micronutrientes, alimentación, manejo de fluidos y otras situaciones clínicas. En cuanto al aporte de micronutrientes, se recomienda la administración de una dosis baja de vitamina A, reservando las dosis altas para aquellos pacientes con signos clínicos de deficiencia severa, además se recomienda la administración de zinc para pacientes con diarrea y la suplementación diaria con cobre, ácido fólico, hierro, magnesio y potasio, durante al menos dos semanas. Para el manejo de fluidos se recomiendan soluciones intravenosas con dextrosa al 5% para tratar la deshidratación severa (Tickell *et al.* 2016).

Con respecto a la alimentación en el manejo de desnutrición aguda severa complicada, debe tomarse en cuenta el riesgo de síndrome de realimentación, por lo que no se recomienda la administración de fórmula F-100 sin diluir, debido a que se asocia a un aumento en la carga renal, hipernatremia y muerte (Tickell *et al.* 2016). La alimentación terapéutica debe iniciarse de manera cautelosa en estos pacientes utilizando alimentos a base de leche con un contenido bajo de proteína y sodio, y alto contenido de potasio. Esto se puede llevarse a cabo específicamente con 130 ml/kg de la formulación F-75, la cual tiene un aporte de 97.5 kcal/kg/día. El inicio de la alimentación tiene como objetivo mejorar los procesos metabólicos, motilidad intestinal y absorción de nutrientes. Las mejoras clínicas durante este periodo se manifiestan como un aumento en el apetito y la reducción del edema si este se encontraba presente. Cuando el apetito es restablecido y los signos de infección mejoran, es posible la transición a Alimentos Terapéuticos Listos para Consumir (ATLC) o alimentos a base de leche como F-100, los cuales tienen un mayor aporte energético y proteico que favorecen la ganancia de peso (Bhutta *et al.* 2017).

Hasta el año 2000, el manejo de todos los casos desnutrición aguda severa se trataba de un manejo intrahospitalario con alimentos terapéuticos a base de leche y administración empírica de antibióticos de amplio espectro, sin embargo, actualmente el manejo ha sido revolucionado con la detección de la desnutrición aguda severa no complicada. Estos pacientes pueden ser tratados dentro de su comunidad a través de un abordaje basado en un enfoque de cuidado proactivo. El manejo se hace a través de la administración de una dosis de ATLC a una dosis de 175 kcal/kg/día, cuyo objetivo es favorecer la ganancia de peso y suplementación de micronutrientes para optimizar los procesos metabólicos (Bhutta *et al.* 2017).

### 3. Recuperación nutricional domiciliaria

El manejo de la desnutrición aguda severa comprende principalmente dos potenciales fases: estabilización y rehabilitación. En la fase de estabilización, aplicable para pacientes con complicaciones, el niño recibe tratamiento para la deshidratación, desbalance electrolítico e infecciones. Durante la fase de rehabilitación, aplicable para pacientes con complicaciones resueltas o pacientes no complicados, el principal enfoque es el crecimiento y ganancia de peso, por lo que los requerimientos energéticos y proteicos se ven considerablemente incrementados. La rehabilitación intrahospitalaria de niños con desnutrición aguda severa no es siempre deseada o práctica, especialmente en áreas rurales, por lo que la recuperación nutricional domiciliaria se presenta como una mejor solución. Para este propósito, los Alimentos Terapéuticos Listos para Consumir son ampliamente utilizados (Anel *et al.* 2019).

La transición de pacientes intrahospitalarios a un manejo dentro del hogar requiere de la certeza de que los padres o cuidadores entienden las fases del tratamiento, así como lo que se espera de ellos. Además, es importante que estos sean involucrados en los servicios nutricionales, médicos y sociales disponibles (Bhutta *et al.* 2017).

Se ha reportado que la utilización de ATLC para la recuperación nutricional ha reducido la mortalidad mayormente en niños que han sido tratados dentro de sus comunidades, en comparación a aquellos que han sido tratados dentro de un hospital. Debido a esto, los programas de recuperación nutricional a nivel comunitario se han expandido y han demostrado tener una menor tasa de mortalidad en comparación con datos históricos de tratamiento intrahospitalario. Los resultados del tratamiento de niños con desnutrición aguda severa no complicada tratados dentro de la comunidad, han demostrado ser significativamente mejores que en aquellos con desnutrición aguda severa complicada con un perfil antropométrico similar (Bhutta *et al.* 2017).

### B. Alimentos Terapéuticos Listos para Consumir (ATLC)

La Organización Mundial de la Salud ha recomendado la utilización de Alimentos Terapéuticos Listos para Consumir (ATLC) para el tratamiento de la desnutrición aguda severa. Este es un alimento rico en calorías, proteína, vitaminas y minerales, el cual se presenta en empaques debidamente esterilizados y puede ser almacenado a temperatura ambiente con una vida de anaquel de 2 años (Thapa *et al.* 2017). El desarrollo de estos alimentos terapéuticos a mitad de los años 90 ha traído consigo un abordaje innovador en cuanto al manejo de desnutrición aguda severa (DAS). Estos se definen como energéticamente densos, a base de pastas de lípidos que proveen un adecuado contenido de energía, proteína, grasa, vitaminas y minerales para tratar la desnutrición aguda severa en niños de 6 a 59 meses (Tadesse 2015). Tienen un aporte aproximado de 5.5 kcal/g (Manary 2006). Estos tienen un perfil nutricional similar a la fórmula láctea terapéutica F100.

Pueden ser consumidos directamente del empaque sin necesidad de ser previamente cocidos, mezclados o diluidos; no requieren refrigeración y son seguros para el manejo de DAS dentro de la comunidad. Estudios previos han demostrado que estos alimentos son altamente aceptados y pueden ser utilizados para el tratamiento de esta forma de desnutrición en distintas regiones y culturas (Tadesse 2015).

Los alimentos terapéuticos como los ATLC y fórmulas lácteas F-75 y F-100, han sido diseñados para la estabilización y rehabilitación metabólica y nutricional. Su uso tiene como finalidad abordar de forma anticipada las necesidades calóricas y proteicas, así como los requerimientos de electrolitos y minerales. También buscan limitar la exposición a nutrientes que pueden ser dañinos para niños metabólicamente inestables o aquellos con infecciones. A pesar de esto, la biodisponibilidad de estos alimentos terapéuticos aún no se ha establecido y puede presentar variaciones según el entorno y las comorbilidades de algunos pacientes (Bhutta *et al.* 2017).

Las formulaciones de F-75 y F-100 fueron derivadas y optimizadas basadas en estudios metabólicos de niños hospitalizados con desnutrición aguda severa, con el propósito de proveer micronutrientes y macronutrientes probablemente deficientes. Los ATLC fueron desarrollados con el mismo contenido nutricional que la fórmula terapéutica F-100, pero en una presentación deshidratada que puede ser administrada en el entorno del hogar sin necesidad de una preparación previa, minimizando el riesgo de contaminación. Estos alimentos terapéuticos listos para consumir no cuentan con una formulación específica, sin embargo, se han establecido concentraciones mínimas de micronutrientes y macronutrientes, así como el cumplimiento de estándares de control de calidad e inocuidad microbiológica, los cuales son dictados por la OMS y UNICEF (Bhutta *et al.* 2017).

Generalmente, estos alimentos son formulados utilizando pasta de maní, leche en polvo, azúcar, aceite y micronutrientes (Bhutta *et al.* 2017). Estos son preparados con tecnología simple que ha sido exitosamente extrapolada a países en vías de desarrollo con infraestructura industrial mínima. Los ATLC tienen una actividad de agua baja, lo cual minimiza la posibilidad de crecimiento bacteriano (Manary 2006).

Los costos elevados de un ATLC se atribuyen principalmente a la utilización de leche en polvo dentro de la formulación, lo cual puede ser modificado al utilizar métodos locales de producción. Ensayos investigando el uso de ATLC sin leche en polvo han sugerido un menor efecto sobre el crecimiento infantil. Por otro lado, la composición de ácidos grasos esenciales poliinsaturados en la formulación actual no es óptima, sin embargo, una reducción de omega-6 y un aumento de omega-3 representan un reto para la vida de anaquel del producto (Bhutta *et al.* 2017).

Los ATLC fueron introducidos en Guatemala por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social MSPAS en el año 2010, con el fin de ser utilizados en el tratamiento comunitario de la desnutrición aguda severa. Recientemente se han presentado propuestas de alimentos clasificados como suplementos basados en lípidos, los cuales al igual que un ATLC, son alimentos de fácil uso con una proporción adecuada de proteína y micronutrientes, sin embargo, tienen una menor cantidad de calorías y se enfocan en complementar los requerimientos nutricionales de niños dentro de la etapa de 6 a 24 meses de edad. Este tipo de alimentos han sido implementados en distintas regiones de Guatemala dentro de programas nutricionales no gubernamentales, obteniendo resultados positivos (Cuj *et al.* 2015).

Cuadro 1. Receta para ATLC de UNICEF.

<b>Ingredientes</b>	<b>Peso (%)</b>
Leche entera	30
Maní	25
Aceite vegetal	15
Azúcar	28
Mezcla mineral	1.6

(Wakhu-Wamunga y Wamunga 2017)

### C. Análisis proximal

Los productos alimenticios requieren de un análisis como parte de su control de calidad, desarrollo de otros productos, o dentro de programas de investigación con el objetivo de monitorear su composición y asegurar su inocuidad. Las principales razones por las cuales los componentes de los alimentos son medidos son: la formulación y desarrollo de nuevos productos, evaluación de nuevos procesos, identificación de productos que no pueden ser aceptados, determinar la calidad de los ingredientes, monitorear la composición durante un proceso, determinar problemas sugeridos por los consumidores, y comparar la composición del alimento con otros alimentos. La elección del método analítico es dictada por la naturaleza de la muestra y el objetivo del estudio. Para esto, debe tomarse en cuenta la rapidez del método, así como su precisión, exactitud y durabilidad (Nielsen 2006).

La composición proximal de los alimentos incluye el contenido de los macronutrientes, dentro de los cuales se encuentra la humedad, cenizas, proteína, lípidos y carbohidratos.

Otros componentes del alimento como las vitaminas, pigmentos, sabores, edulcorantes no nutritivos y preservantes constituyen una proporción mucho más pequeña del alimento (Nielsen 2006). El análisis proximal es utilizado para estimar el contenido relativo de proteína, lípidos, agua, ceniza y carbohidratos de una muestra de alimento. El término composición proximal es usualmente utilizado para referirse a los componentes humedad, proteína cruda, extracto de éter, fibra cruda, ceniza cruda y extracto libre de nitrógeno, los cuales son expresados como porcentaje contenido en la muestra. La proteína, lípidos y carbohidratos contribuyen a la energía total del alimento, mientras que el agua y cenizas únicamente contribuyen a la masa (Thangaraj 2016).

Los resultados que se obtienen en el análisis de alimentos dependen de la obtención de una muestra representativa y de su conversión apropiada para el análisis. Una vez la muestra es seleccionada, esta comúnmente es reducida a partículas pequeñas al ser molida. En la molienda, deben tomarse las precauciones para evitar pérdida o ganancia de humedad, así como contaminación de metales del equipo utilizado. Algunas muestras deben ser protegidas de degradación enzimática, oxidación lipídica, crecimiento microbiano y contaminación (Thangaraj 2016).

## 1. Humedad y cenizas

### a. Humedad

El contenido de humedad de los alimentos es importante por razones de calidad, costos y conveniencia de transporte, estándares legales y uniformidad para expresar otras determinaciones analíticas. Los sólidos totales se refieren a la materia seca que queda del alimento luego de la remoción de humedad (Nielsen 2006).

El objetivo de este análisis es determinar el porcentaje de agua en la muestra, secándola a un peso constante. El principio es la evaporación del agua a temperatura elevada y la pérdida de agua se expresa como el porcentaje de humedad (Thangaraj 2016). Existen diversos métodos para el análisis de humedad, cada uno con principios, procedimientos, aplicaciones y fuentes de error (Nielsen 2006).

La ecuación general para la determinación del contenido de humedad en una muestra es:

$$\%W = (A-B) / A \times 100$$

En donde:

%W = Porcentaje de humedad en la muestra

A = Peso inicial de la muestra (g) y B = Peso de muestra seca (g)

(Thangaraj 2016)

### 1) Secado en horno

Los métodos de secado en horno para el análisis de humedad dependen de calentar la muestra bajo o condiciones específicas para evaporar el agua, con una pérdida de peso igual al contenido de humedad (Nielsen 2006).

Los hornos de tiro forzado son un método oficial para diversos alimentos, estos requieren tiempos y temperaturas que van de 100 a 130 °C por 1 a 24 horas, lo cual puede convertirlo en un método lento y puede causar la descomposición de otros constituyentes del alimento si no se tiene un manejo adecuado. Los hornos de vacío permiten el secado bajo presiones reducidas, disminuyendo el tiempo de secado y la descomposición (Nielsen 2006).

En el secado en hornos de microondas, la muestra es colocada entre dos almohadillas de fibra de vidrio, pesado en una balanza dentro del horno y posteriormente calentada utilizando energía de microondas bajo condiciones seleccionadas de tiempo y potencia. Este método es considerado suficientemente preciso para determinaciones de rutina y dentro de sus ventajas se encuentra su rapidez (Nielsen 2006).

### 2) Destilación

Los procedimientos de destilación involucran la codestilación de la humedad en una muestra de un alimento con un solvente de punto de ebullición elevado. La mezcla destilada es colectada y medida por volumen.

En este método la muestra de alimento es calentada en tolueno, el tolueno y el agua son codestilados, la mezcla es colectada y el volumen de agua removido del alimento es medido. Los métodos de destilación previenen la exposición de la muestra al oxígeno y causan menor descomposición. Estos no son adaptables a las pruebas de rutina, sin embargo, presentan ventajas en muestras con un alto contenido de compuestos volátiles como especias, o alto contenido de grasa como nueces o aceites (Nielsen 2006).

### 3) Karl Fischer

Este método se basa en la reacción química entre el reactivo Karl Fischer (KFR) y el agua de la muestra de alimento. La reacción implica la reducción de yodo por el dióxido de azufre en la presencia de agua para producir un cambio que puede ser detectado visualmente o con un potenciómetro en una titulación volumétrica del agua con KFR. El volumen del reactivo utilizado en la titulación, junto con el agua equivalente determinada utilizando un estándar primario, permiten el cálculo del contenido de humedad (Nielsen 2006).

Este método es preferido para alimentos de baja humedad, como frutos secos, confitería, chocolate y café tostado. No se utiliza calor y es rápido y sensible, sin embargo,

está sujeto a errores por interferencia de algunos constituyentes del alimento como ácido ascórbico, compuestos carbonilo y ácidos grasos insaturados (Nielsen 2006).

#### 4) Métodos físicos

Los métodos físicos son utilizados comúnmente para la determinación rápida de humedad en alimentos. Dentro de estos se incluye la hidrometría, refractometría y espectroscopía infrarroja. Estos no involucran la remoción de agua como en los métodos de secado en horno o Karl Fischer. En los métodos físicos se utilizan propiedades específicas del contenido de humedad del alimento. Algunos de estos son aplicados directamente en la línea de producción para controles intermedios de humedad y sólidos totales (Nielsen 2006).

##### a. Cenizas

Las cenizas de los alimentos representan el contenido mineral total, haciendo referencia a los residuos inorgánicos luego de la ignición u oxidación completa de la materia orgánica. La determinación de cenizas es parte del análisis proximal para la evaluación nutricional del alimento, y es el primer paso en la preparación de la muestra para el análisis de minerales. El contenido de cenizas se determina con métodos secos, húmedos o métodos de microondas (Nielsen 2006).

El principio de esta determinación es incinerar la muestra a una temperatura elevada, por una duración suficiente para convertirla en ceniza. El contenido de ceniza se expresa con un porcentaje de la muestra seca (Thangaraj 2016).

La ecuación general para la determinación de cenizas de la muestra es:

$$\% \text{ Contenido de cenizas} = (A/B) \times 100$$

En donde:

A = Peso de cenizas (g) y B = Peso de muestra seca (g)  
(Thangaraj 2016)

##### 1) Método seco

En el método seco, la muestra es colocada en una mufla a una temperatura entre 500-600°C. Esto incinera la materia orgánica, dejando la materia inorgánica para ser cuantificada gravimétricamente. Este procedimiento dura entre 12-18 horas y el riesgo de perder compuestos volátiles elevado, sin embargo, es un proceso rápido y pueden analizarse varias muestras al mismo tiempo (Nielsen 2006).

##### 2) Método húmedo

En el método húmedo, la materia orgánica de la muestra es oxidada utilizando ácidos y agentes oxidantes, resultando únicamente con la materia inorgánica. Este tratamiento líquido se realiza bajo temperaturas bajas. Este método es utilizado principalmente en la preparación de una muestra para análisis de minerales específicos, ya que estos se quedan en la solución y no ocurre pérdida por volatilización. Se pueden manejar un número limitado de muestras una a la vez, y se utilizan agentes corrosivos (Nielsen 2006).

### 3) Microondas

El sistema de microondas puede utilizarse tanto en el método seco como en el húmedo. Los microondas programados o muflas pueden deshidratar la muestra. El tiempo de análisis se reduce de horas a minutos en comparación con el método seco convencional, sin embargo, las muestras deben ser procesadas una a la vez (Nielsen 2006).

## 2. Proteína

La proteína de los alimentos es un componente importante de su valor nutricional y funcionalidad. Las proteínas alimenticias proveen nitrógeno principalmente en forma de aminoácidos esenciales. Estas tienen un alto valor nutricional y contribuyen a las propiedades funcionales de los alimentos, concediendo textura y sabor, las cuales son características organolépticas que influyen en su consumo (Moore *et al.* 2010).

Es por esto que su cuantificación es una herramienta utilizada alrededor del mundo en la cadena de suministro de alimentos. Algunas de las razones para determinar proteína en alimentos e ingredientes alimenticios incluyen: establecer del valor de la proteína para propósitos de comercio, evaluar la calidad de ingredientes a base de proteína, evaluar la conformidad de los ingredientes para compradores/vendedores, establecer la autenticidad de alimentos o ingredientes a base de proteína y analizar el contenido nutricional de alimentos para etiquetado (Moore *et al.* 2010).

La medición de la proteína en los alimentos afecta la salud pública en términos de nutrición y seguridad alimentaria. Las deficiencias severas de proteína en infantes y niños pueden conducir a kwashiorkor y afectar el desarrollo físico y mental. En muchas partes del mundo, la determinación de proteína en los alimentos asegura el valor nutricional de los alimentos (Moore *et al.* 2010).

Para las ciencias nutricionales, las proteínas son comúnmente definidas por su composición de aminoácidos. Métodos como PDCAAS, que determinan la biodisponibilidad de aminoácidos esenciales de una fuente de proteína en comparación a una proteína de referencia, son utilizados para etiquetados nutricionales. Este cálculo

incluye el contenido total de proteína, el cual es medido por el método Kjeldahl. Según la AOAC International (2005) la definición potencial de proteína total es la sumatoria de todos aminoácidos de enlace peptídico en un alimento, luego de que esta ha sido suficientemente aislada del alimento para medir de forma precisa el contenido de aminoácidos (Moore *et al.* 2010).

a. Métodos basados en contenido de nitrógeno

1) Método Kjeldahl

Este método fue reportado en 1883 por Kjeldahl como una manera de cuantificar la proteína cruda total de los alimentos al medir el contenido total de nitrógeno orgánico. Desde sus inicios ha sido ampliamente aceptado para la determinación de proteína en distintos alimentos e ingredientes. Apareció por primera vez como un método oficial AOAC en 1887 para la determinación de proteína en leche (Moore *et al.* 2010).

El principio del método de Kjeldahl es la cuantificación indirecta del contenido de proteína de alimentos a través de la medición directa de nitrógeno y una multiplicación subsecuente por un factor de conversión. Durante los análisis de Kjeldahl manuales, el contenido de nitrógeno es analizado en cuatro pasos: digestión húmeda para convertir el nitrógeno en sulfato de amonio, neutralización con álcali para convertir en sulfato de amonio en amonio libre, destilación del amonio a ácido bórico y titulación inversa del exceso de ácido bórico con álcali estandarizado. El factor de conversión genérico de nitrógeno a proteína es 6.25 desde el siglo 19. En términos de selectividad, es específico para el contenido total de nitrógeno orgánico, esto incluye nitrógeno en enlaces proteicos, nitrógeno de aminoácidos libres, ácidos nucleicos, fosfolípidos y compuestos de nitrógeno glicosilados (Moore *et al.* 2010).

Este método ha sido validado y estandarizado para contenido total de proteína cruda en una variedad de matrices alimenticias, y ha sido adoptado por AOAC International, AACC International, ISO, y AOCS. Dentro de sus principales ventajas se encuentra su compatibilidad con casi todas las matrices alimenticias, un alto nivel de precisión y aceptación en la comunidad de análisis de alimentos. Su principal desventaja es la baja selectividad para proteína y fuente de error asociada a la precisión de la conversión nitrógeno a proteína (Moore *et al.* 2010).

2) Proteína verdadera con Kjeldahl

El método Kjeldahl mide tanto el nitrógeno proteico como otras formas de nitrógeno orgánico presente en los alimentos. Esto fue reconocido como una debilidad del método en el siglo 19, y consecuentemente se propuso el método de “proteína verdadera” por contenido total de nitrógeno luego de que la proteína ha sido precipitada y separada del nitrógeno no proteico (Moore *et al.* 2010).

Este fue adoptado por la AOAC Internacional en 1994. Su principio es la precipitación de la proteína de la matriz alimenticia con la adición de ácido tricloroacético (TCA). La proteína precipitada es aislada por filtración y es analizada para determinar el contenido total de nitrógeno orgánico utilizando el método Kjeldahl. El contenido de nitrógeno precipitado es multiplicado por un factor de conversión nitrógeno-proteína de 6.38. El uso de TCA y papel filtro es la única diferencia con respecto al método Kjeldahl estándar. Este ha sido validado por la AOAC (2005) únicamente para aplicaciones en leche fluida (Moore *et al.* 2010).

### 3) Método Dumas

Los procedimientos de combustión datan del siglo 18, siendo desarrollados para medir el contenido de nitrógeno en los alimentos. Dumas recibe el crédito por desarrollar el método más fiable de combustión para estimar el contenido de proteína de los alimentos por medio del contenido de nitrógeno (Moore *et al.* 2010).

El principio de este método es la combustión de las muestras en un horno de inducción entre 950 a 1050°C en presencia de oxígeno para formar agua. El nitrógeno total es medido posteriormente utilizando un detector de conductividad térmica, y posteriormente se utilizan factores de conversión para calcular el contenido de proteína de la muestra analizada. Este procedimiento de combustión puede estimar contenidos de proteína equivalentes a los obtenidos con métodos de Kjeldahl si se utilizan coeficientes apropiados para la conversión nitrógeno-proteína (Moore *et al.* 2010).

#### b. Espectroscopía infrarroja (IR)

La espectroscopía infrarroja (IR) es ampliamente utilizada para la determinación de proteína en leche, sin embargo, puede ser utilizada para una amplia gama de productos alimenticios. Las longitudes de onda IR características de los enlaces peptídicos, son utilizadas para estimar el contenido proteico por medio del procedimiento de espectroscopía. Estos instrumentos de análisis tienen un costo elevado y deben ser calibrados correctamente, sin embargo, las muestras pueden ser rápidamente analizadas (Nielsen 2006).

### 3. Lípidos

El término lípidos se refiere a un amplio rango de compuestos solubles en solventes orgánicos y poco solubles en agua. El contenido de lípidos de los alimentos es determinado comúnmente a través de métodos de extracción de solvente, sin embargo, los métodos de extracción sin solvente orgánico son aplicables para muestras líquidas (Nielsen 2006). Los métodos de extracción con solvente proveen un extracto lipídico que se cuantifica por gravimetría, sin embargo, existen otros métodos que utilizan la titulación (Priego-Capote y de Castro 2004).

Para propósitos de etiquetado nutricional, la grasa ha sido definida como triglicéridos, sustancias extraídas con éter o lípidos totales. Para unificar el criterio, la US Food and Drug Administration (FDA) definió “grasa total” como la suma de todos los ácidos grasos obtenidos del extracto lipídico, expresado como triglicéridos (Priego-Capote y de Castro 2004).

a. Extracción con solvente

1) Métodos tradicionales

Las técnicas de extracción tradicionales se clasifican en continuas, semicontinuas y discontinuas. El método Goldfish es continuo, por lo que el solvente se encuentra en un matraz de ebullición fluyendo continuamente sobre la muestra colocada en un dedal de cerámica (Nielsen 2006).

El método Soxhlet es semicontinuo, utilizando solvente volatilizado y condensado del matraz de ebullición (Nielsen 2006). El principio de este método es la solubilidad de los lípidos en solventes orgánicos no polares tales como hexano, éter de petróleo o dióxido de carbono líquido supercrítico con o sin un modificador de solvente (Thangaraj 2016). Este es un método AOAC y dentro de sus ventajas se encuentra el contacto del solvente con la muestra durante todo el proceso de extracción, no se requiere filtración luego de la extracción, fácil manipulación y procedimientos ampliamente conocidos en el campo de extracción (Priego-Capote y de Castro 2004).

El método Mojonnier es discontinuo, utilizando una combinación de solventes y no se requiere la remoción previa de la humedad de la muestra. La muestra es tratada con una solución de amonio, etanol al 95%, éter dietílico y éter de petróleo. El material solvente es colocado en un plato de secado y luego de una serie de extracciones, la combinación de solventes es evaporada y la grasa es determinada por peso (Nielsen 2006).

2) Métodos rápidos

Los métodos rápidos de extracción utilizan energía de microondas, presiones o temperaturas elevadas con el fin de reducir el tiempo de análisis y reducir o eliminar el uso de solventes (Nielsen 2006).

En métodos de extracción con solvente asistidos por microondas, la muestra es secada en un horno microondas, extraída con agitación mecánica y secada nuevamente en el microondas para evaporar el solvente. En una extracción de fluido supercrítico, este es llevado a una combinación específica de presión y temperatura. La grasa disuelta en este fluido es precipitada, secada y pesada. En una extracción con solvente acelerada, la grasa es extraída cuando la muestra es expuesta a un solvente no polar en condiciones estáticas o

dinámicas, bajo una temperatura elevada y condiciones de presión específicas. En estos, el solvente es evaporado del extracto de grasa y esta es finalmente pesada (Nielsen 2006).

b. Extracción sin solvente orgánico

Los métodos Babcock y Gerber fueron desarrollados para el análisis de lípidos de productos lácteos, utilizando un tratamiento de ácido en lugar de solventes orgánicos (Nielsen 2006).

El método Babcock emplea ácido sulfúrico en una botella de Babcock para la digestión de proteína, lo cual genera calor y libera el contenido de grasa. Por medio de centrifugación y adición de agua caliente, la grasa sube a través de la botella y se cuantifica por volumen. El método de Gerber es similar, con la diferencia de la utilización tanto de ácido sulfúrico como de amil alcohol (Nielsen 2006).

4. Carbohidratos

El contenido total de carbohidratos en los alimentos es de interés para propósitos de etiquetado nutricional e investigación en laboratorio. Este es calculado por diferencia luego de la determinación de los demás componentes del análisis proximal (Nielsen 2006). El cálculo del contenido total de carbohidratos se realiza adicionando el porcentaje de humedad, porcentaje de grasa, porcentaje de proteína cruda, porcentaje de cenizas y fibra cruda; con este resultado se hace una sustracción del 100% del alimento. De esta manera se obtiene la cantidad de extracto libre de nitrógeno o carbohidratos (Ijarotimi y Keshinro 2013).

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ grasa} + \% \text{ proteína cruda} + \% \text{ cenizas} + \% \text{ fibra cruda})$$

(Ijarotimi y Keshinro 2013)

D. Mazapán

El sabor dulce acompaña al ser humano desde su nacimiento, dando origen a la relación entre esta cualidad sensorial y la sensación de bienestar que produce. Esta sensación tiende a ser conservada durante toda la vida, por lo que es habitual la elección de alimentos dulces dentro de los patrones dietéticos. La tecnología de elaboración de dulces ha evolucionado, sin embargo, se ha conservado la tradición artesanal de algunos dulces, tales como el mazapán (Blanco y Orzáez 2002).

El mazapán se elabora a partir de una mezcla de almendras crudas, peladas y molidas, y azúcares de distintas clases y derivados. El origen de este dulce es incierto, sin embargo, ha perdurado a lo largo del tiempo, conservando la esencia de la receta original. Existen

diversas teorías sobre su origen en diferentes regiones de Europa y África. El término “mazapán” sugiere un origen español. Este dulce aparece citado como un postre regio de las fiestas de Toledo, España, alrededor de 1150 y más adelante se vincula a las religiosas de San Clemente, en Toledo. Ya sea de manera artesanal o industrial, su fabricación se ha mantenido fiel a esta receta en sus distintas variedades (Blanco y Orzáez 2002).

Durante la época colonial, una amplia gama de sabores y procesos gastronómicos se recibieron en Guatemala. Tanto de castellanos como de otros grupos europeos, a través de lo cual la cocina guatemalteca fue adquiriendo una forma definida. De esta manera, muchas de las recetas que se elaboraron como parte de la cultura guatemalteca, estuvo en manos de hombres y mujeres mestizas con acceso limitado a la instrucción académica. Estas personas no podían leer las recetas que se encontraban en libros europeos, pero sí imitar los procesos de elaboración de alimentos que realizaban las personas de origen hispano (Barrientos *et al.* 2012).

Actualmente, el mazapán es uno de los dulces típicos más populares de Guatemala. Este es propio de distintas celebraciones guatemaltecas, dentro de las que destacan las fiestas patronales de diversos lugares. Es un dulce que puede ser preparado de distintas maneras de acuerdo con la creatividad de quien lo elabora (Gabriela 2017).

## V. ANTECEDENTES

Los alimentos terapéuticos listos para consumir (ATLC) son alimentos sólidos que fueron desarrollados al modificar la formulación del alimento líquido F-100, recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la fase de recuperación rápida en niños con desnutrición aguda severa (DAS). Los productos resultantes de esta modificación han demostrado ser altamente efectivos en promover la ganancia de peso en niños y adultos con emaciación severa o moderada (Briend *et al.* 2015). Estos alimentos además de ser efectivos en la rehabilitación de niños con desnutrición pueden ser producido de manera fácil e inocua en la mayoría de los contextos alrededor del mundo (Wakhu-Wamunga y Wamunga 2017).

El estudio realizado por Tekele *et al.* (2015) evaluó sensorialmente la aceptabilidad de un ALTC a base de garbanzo producido localmente. El grupo objetivo fueron madres de niños de 6 a 59 meses con desnutrición moderada, los cuales fueron tomados de servicios de consulta externa de 10 distintos puestos de salud en Etiopia. Se formularon 4 ATLC utilizando garbanzo, garbanzo y soya, garbanzo y maíz, garbanzo con maíz y soya. Todos los productos contenían en diferente proporción aceite de palma, leche descremada en polvo, azúcar y una premezcla de vitaminas y minerales. El diseño del estudio fue un análisis descriptivo cuantitativo, en el cual se utilizó una escala hedónica facial de 5 puntos para determinar la preferencia y aceptabilidad de estas formulaciones entre las madres y los niños. Se concluyó que el producto que contenía únicamente garbanzo tuvo una mayor preferencia en comparación a las otras formulaciones, y que tanto esta formulación como la de garbanzo y soya fueron aceptados por los participantes del estudio (Tekele *et al.* 2015).

En un estudio conducido en Kenya por Wakhu-Wamunga y Wamunga (2017) el objetivo fue desarrollar un ALTC utilizando soya, evaluar la aceptabilidad del producto desarrollado localmente, probar su efectividad en modelos de animales con desnutrición, y analizar su costo de producción. Se desarrollaron tres formulaciones utilizando soya, maíz, maní, azúcar, aceite vegetal y una mezcla de minerales, utilizando como guía la formulación de UNICEF. Se realizó una caracterización utilizando una escala hedónica de 9 puntos para determinar la aceptabilidad del color, sabor, textura, apariencia y aceptabilidad general. Esta evaluación se llevó a cabo con 50 estudiantes de la Universidad de Eldoret, 27 mujeres y 23 hombres de 21 a 30 años. Se obtuvo que en general, todos los

productos tuvieron una aceptabilidad positiva por los consumidores, lo cual se atribuye a la familiaridad de estos con los ingredientes pues se ha estudiado que la utilización de ingredientes que generalmente se encuentran en los hogares, resulta en mayores rangos de aceptabilidad de los productos. Se concluyó que estos productos tienen un alto potencial de ser adoptados para consumo humano en Kenya para el tratamiento de desnutrición aguda severa (Wakhu-Wamunga y Wamunga 2017).

En Ghana, Akenteng *et al.* (2017) condujeron un estudio cuyo objetivo fue desarrollar y evaluar un alimento terapéutico para el manejo de desnutrición aguda severa elaborado con productos locales. Los ingredientes utilizados para la formulación fueron banano, agua de coco, soya, azúcar y aceite de oliva. Los sujetos de estudio fueron 50 madres lactantes o cuidadoras del servicio de Salud Reproductiva e Infantil en el Hospital del Distrito de Manhyia en la Metrópolis de Kumasi. Los criterios utilizados para seleccionar a las madres o cuidadoras fueron 1) Madres con niños entre 6 a 59 meses y 2) que los niños se encontraran sanos o desnutridos con o sin complicaciones. Los productos formulados fueron evaluados a través de una escala hedónica de 9 puntos con los atributos de apariencia, consistencia, dulzor y sabor. El análisis químico de estos reveló un contenido energético de 95.96 kcal y 1.61 gramos de proteína en 100 gramos. A pesar de que el contenido nutricional de estas formulaciones no alcanzó todos los valores recomendados para un ATLC, es posible que algunos niños con desnutrición aguda severa se beneficien de él ya que cumple con las recomendaciones nutricionales de un alimento terapéutico según la OMS. Los resultados de la evaluación sensorial indicaron que la apariencia, el dulzor y sabor de las formulaciones no presentaron diferencias significativas. El estudio concluyó que el producto desarrollado tiene el potencial de tratar efectivamente la desnutrición en niños menores de 5 años.

Un estudio realizado en Nigeria por Eloho *et al.* (2018), tuvo como objetivo producir ATLC utilizando ingredientes localmente disponibles, determinando su composición y evaluando su aceptabilidad. El estudio produjo evaluó inicialmente ocho muestras de ATLC elaborados con harina de soya, harina de acha, harina de maíz guinea, harina de arroz, cangrejo de río en polvo, pasta de maní, nuez de marañón, leche en polvo, azúcar, aceite vegetal, palmera de dátil y una mezcla en polvo de vitaminas y minerales. De estas formulaciones, solamente las tres con mayor aceptabilidad y costo efectividad fueron sometidas a evaluaciones adicionales. El valor energético de los ATLC evaluados fue comparable con el ATLC importado (Plumpy’Nut), así como el contenido de proteína y grasa. Este estudio concluyó que la producción local de ATLC es crítico para la sostenibilidad del manejo de la desnutrición aguda severa, y demostró que al elaborar estos alimentos con ingredientes locales satisface los requerimientos mínimos que la OMS requiere para el tratamiento de DAS no complicada (Eloho *et al.* 2018).

## VI. METODOLOGÍA

### A. Diseño del estudio

El presente estudio tuvo un enfoque cuantitativo, fue una investigación de carácter descriptivo con un diseño no experimental transversal.

### B. Criterios de inclusión y exclusión

#### 1. Criterios de inclusión

- a. ATLC que no necesite la adición de agua para ser consumido
- b. ATLC que se mantenga sólido a temperatura ambiente
- c. ATLC que no necesite refrigeración
- d. ATLC que no se disgregue al ser manipulado

#### 2. Criterios de exclusión

- a. ATLC que no cumpla con uno o más de los criterios de inclusión

### C. Contextualización geográfica y temporal

El desarrollo del ATLC se realizó durante los meses de julio y agosto de 2020. El análisis proximal fue llevado a cabo en el mes de septiembre de 2020 en Laboratorio DSG Desarrollo de Soluciones Globales, ubicado en la zona 7 de la Ciudad de Guatemala.

#### D. Definición de variables

<b>Nombre de variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Dimensional</b>
Características físicas	Un ATLC debe cumplir con una actividad de agua baja, no se necesita agregar agua para consumir, se mantiene sólido a temperatura ambiente sin necesidad de refrigeración y no se disgrega con facilidad al ser manipulado.	Cualitativa nominal	Sí cumple – Aceptado No cumple – Rechazado
Humedad	Contenido total de agua en el alimento el cual al ser removido deja únicamente los sólidos totales.	Cuantitativa continua	Porcentaje (%)
Proteína	Suma de todos aminoácidos de enlace peptídico en un alimento, luego de que esta ha sido suficientemente aislada del alimento para medir de forma precisa el contenido de aminoácidos.	Cuantitativa continua	Porcentaje (%)
Grasa	Suma de todos los ácidos grasos obtenidos del extracto lipídico, expresado como triglicéridos.	Cuantitativa continua	Porcentaje (%)
Carbohidratos	Extracto libre de nitrógeno calculado por diferencia luego de la determinación de los demás componentes del	Cuantitativa continua	Porcentaje (%)

---

análisis proximal.

<b>Nombre de variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Dimensional</b>
Energía	Valor calorífico estimado multiplicando el contenido de carbohidratos, proteínas y grasa por los factores recomendados.	Cuantitativa continua	Kcal/g

---

#### E. Recursos humanos

Maricel Andrea García Sánchez, estudiante de Licenciatura en Nutrición de la Universidad del Valle de Guatemala, tesista.

Licenciada María Patricia Gonzalez Barrantes, catedrática del Departamento de Nutrición de la Universidad del Valle de Guatemala, asesora.

#### F. Recursos materiales

Cuadro 2. Equipo y materiales para la elaboración de los ATLC.

<b>Materiales y equipo</b>	<b>Cantidad</b>
Pesa de alimentos Tecnipesa ( $\pm$ 1g)	1
Pyrex	2
Recipientes hondos	2
Espátulas de cocina	1

## G. Procedimiento

1. Elaboración del ATLC
  - a. Se formuló el Alimento Terapéutico Listo para Consumir (ATLC) de acuerdo con la proporción de macronutrientes establecidos por la OMS en Thapa et al. (2017) (Cuadro 3) y una densidad energética aproximada de 5.5 kcal/g que un ATLC debe cumplir.
  - b. Se elaboró el ATLC en una cocina doméstica, esperando obtener un alimento sólido con baja actividad de agua ( $A_w=0.241-0.290$ ), que no necesite agregar agua para ser consumido, que se mantenga sólido a temperatura ambiente sin necesidad de refrigeración y que no se disgregue con facilidad al ser manipulado.
  - c. Se determinó por parte del investigador que el producto elaborado cumpliera con las características establecidas, las cuales fueron registradas en una bitácora de observaciones antes de proceder al análisis proximal.

Cuadro 3. Valor nutricional en 100 g de ATLC según OMS.

<b>Nutrientes</b>	<b>Valor</b>
Energía (kcal)	520-550
Proteína (g)	10-12
Lípidos (g)	45-60

(Thapa *et al.* 2017)

2. Análisis proximal
  - a. La muestra del ATLC elaborado fue enviada al Laboratorio DSG Desarrollo de Soluciones Globales, de acuerdo con las instrucciones de envío de muestras indicadas:
    - 1) 500 gramos de muestra en un recipiente cerrado y estéril
    - 2) Recipiente que evite derrames, daño o pérdida de la muestra en el transporte
    - 3) Rotulado claramente con la identificación de la muestra
    - 4) Rotulado con la fecha de elaboración de la muestra
    - 5) Rotulado con los ingredientes de cada muestra
  - b. La humedad del ATLC se determinó por método de secado en estufa (ver Anexo 1).
  - c. Las cenizas se determinaron por método de gravimetría (ver Anexo 2).
  - d. La fibra cruda se determinó por método AOAC 962.09 (ver Anexo 3).
  - e. La proteína se determinó por método AOAC 976.05 (ver Anexo 4).
  - f. La grasa se determinó por extracción Soxhlet (ver Anexo 5).
  - g. Los carbohidratos fueron calculados por diferencia (ver Anexo 6).
  - h. La energía fue calculada multiplicando los macronutrientes por los factores recomendados (ver Anexo 7).

- i. Los datos obtenidos en análisis proximal fueron enviados a la tesista por DSG Laboratorio (ver Anexo 8 y 9).

#### H. Registro de datos

Durante la formulación se llevó un registro de las proporciones de ingredientes utilizados para la elaboración del ATLC, así como una bitácora de observaciones de las características físicas que este debía cumplir, las cuales incluyeron que no se necesite agregar agua para consumir, se mantenga sólido a temperatura ambiente sin necesidad de refrigeración y no se disgregue con facilidad al ser manipulado.

#### I. Aspectos éticos

Este proyecto fue sometido a aprobación por la Decanatura de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad del Valle de Guatemala, así como autorizado por el Departamento de Nutrición. El procedimiento no involucró contacto con seres humanos de forma presencial, ni virtual.

## VII. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del desarrollo de un Alimento Terapéutico Listo para Consumir (ATLC) utilizando ingredientes culturalmente aceptados para Guatemala.

### A. Formulación

La Formulación 1 fue elaborada con harina de almendra, azúcar glass, aceite vegetal de maíz, leche entera en polvo y leche entera fluida 3.5%, y la Formulación 2 fue elaborada con aceite vegetal de maíz, azúcar glass, leche entera en polvo, harina de almendra, leche entera fluida 3.5% y leche descremada en polvo. A continuación, se presentan las proporciones de cada ingrediente.

Cuadro 4. Ingredientes de la Formulación 1 de un ATLC utilizando ingredientes culturalmente aceptados para Guatemala.

<b>Ingredientes</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Harina de almendra	35
Azúcar glass	25
Aceite vegetal de maíz	22
Leche entera en polvo	15
Leche entera fluida pasteurizada (3.5%)	3

Cuadro 5. Ingredientes de la Formulación 2 de un ATLC utilizando ingredientes culturalmente aceptados para Guatemala.

<b>Ingredientes</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Aceite vegetal de maíz	27
Azúcar glass	25
Leche entera en polvo	20
Harina de almendra	18
Leche entera fluida pasteurizada (3.5%)	5
Leche descremada en polvo	5

## B. Valor nutricional calculado



El valor nutricional de las formulaciones fue calculado para 100 gramos utilizando las Tablas de Composición de Alimentos del INCAP y las etiquetas nutricionales de la harina de almendra y azúcar glass. A continuación, se presenta el valor nutricional calculado.

Cuadro 6. Valor nutricional calculado de la Formulación 1 y la Formulación 2 en 100 gramos de ATLC.

<b>Formulación</b>	<b>Energía (kcal)</b>	<b>Densidad energética (kcal/g)</b>	<b>Proteína (g)</b>	<b>Carbohidratos (g)</b>	<b>Grasa (g)</b>
1	591.4	5.9	11.6	36.7	44.8
2	570.1	5.7	11.1	38.2	42.2

## C. Características físicas

Cuadro 7. Características físicas de la Formulación 1 y la Formulación 2 de ATLC.

<b>Formulación</b>	<b>Imagen</b>	<b>Características físicas</b>
1		Alimento se mantiene sólido a temperatura ambiente, no se disgrega con facilidad al ser manipulado. Apariencia y sabor similar a mazapán.
2		Alimento se mantiene sólido a temperatura ambiente, se disgrega levemente al ser manipulado. Apariencia oleosa, sabor similar a mazapán.

#### D. Análisis proximal

Ambas formulaciones fueron seleccionadas para realizar el análisis proximal. A continuación, se presentan los resultados del análisis proximal que se realizó en el Laboratorio DSG Desarrollo de Soluciones Globales:

Cuadro 8. Resultados del análisis proximal para la Formulación 1 y la Formulación 2 de ATLC.

<b>Análisis</b>	<b>Formulación 1</b>	<b>Formulación 2</b>
Carbohidratos solubles (%)	37.52	34.37
Cenizas (%)	2.31	2.39
Fibra cruda (%)	4.22	3.76
Humedad (%)	5.40	6.20
Grasa (%)	39.10	41.28
Proteína (%)	11.45	12.00
Energía (kcal/kg)	5,426	5,521
Densidad energética (kcal/g)	5.4	5.5

Cuadro 9. Comparación de valor nutricional calculado (VC) con valor nutricional obtenido del análisis proximal (AP) en 100 gramos de ATLC por formulación.

<b>Nutriente</b>	<b>Formulación 1</b>		<b>Formulación 2</b>	
	<b>VC</b>	<b>AP</b>	<b>VC</b>	<b>AP</b>
Carbohidratos (g)	36.7	37.52	38.2	34.37
Proteína (g)	11.6	11.45	11.1	12.00
Grasa (g)	44.8	39.10	42.2	41.28
Energía (kcal)	591.4	542.6	570.1	552.1

Cuadro 10. Comparación de valor nutricional de los ATLC, obtenido del análisis proximal, con Plumpy' Nut y valor nutricional establecido por la OMS en 100 gramos de ATLC.

<b>Nutriente</b>	<b>Formulación 1</b>	<b>Formulación 2</b>	<b>Plumpy' Nut</b>	<b>OMS</b>
Carbohidratos (g)	37.52	34.37	48.4	-
Proteína (g)	11.45	12.00	13.8	10-12
Grasa (g)	39.10	41.28	32.2	45-60
Energía (kcal)	542.6	552.1	539.5	520-550

Cuadro 11. Comparación de humedad de los ATLC, obtenido del análisis proximal, con humedad de Plumpy' Nut. en 100 gramos de ATLC.

<b>Análisis</b>	<b>Formulación 1</b>	<b>Formulación 2</b>	<b>Plumpy' Nut</b>
Humedad (%)	5.4	6.2	1.3

## VIII. DISCUSIÓN

El objetivo principal de la investigación fue desarrollar un Alimento Terapéutico Listo para Consumir (ATLC) utilizando ingredientes culturalmente aceptados para Guatemala. Para ello, se realizaron dos formulaciones (Cuadros 4 y 5), utilizando ingredientes similares a los empleados en la elaboración de mazapán guatemalteco. Ambos alimentos fueron sometidos a un análisis proximal para determinar el contenido de macronutrientes y humedad.

En los Cuadros 5 y 6 se presentan los ingredientes y proporciones de las formulaciones propuestas. La selección de ingredientes se realizó con base en su disponibilidad local, similitud con los utilizados en recetas de mazapán y la calidad proteica. La almendra, azúcar glass, aceite vegetal de maíz, leche entera fluida y leche en polvo se encuentran localmente disponibles en Guatemala. El mazapán guatemalteco es elaborado a partir de almendras y azúcares de distintos tipos, por lo que el uso de estos ingredientes permitió asemejar las características organolépticas del ATLC a las de este dulce típico. Algunas recetas de mazapán utilizan huevo, sin embargo, este no fue utilizado en las formulaciones. Este ingrediente no fue seleccionado, con el fin de minimizar el riesgo microbiológico al ser un alimento que no debe requerir de refrigeración.

En la Formulación 1 se utilizó la harina de almendra como ingrediente mayoritario y fuente principal de proteína. De acuerdo con el estudio realizado por Suárez López, Kizlansky y López (2006), la almendra tiene un Escore de Aminoácidos corregido por digestibilidad (PDCAAS) de 42.94%, siendo la lisina el aminoácido limitante, por lo que el aporte proteico de este ingrediente no se encuentra tan biodisponible. La calidad proteica es un factor importante en un ATLC, puesto que este debe suplir las necesidades de proteína de niños con desnutrición aguda. Por otro lado, la Formulación 2 tuvo una menor proporción de harina de almendra, siendo la leche entera fluida y la leche entera en polvo las principales fuentes de proteína. La leche fluida y en polvo tiene un Escore de Aminoácidos corregido por digestibilidad (PDCAAS) de 95%, por lo que es una proteína altamente biodisponible. En ambas formulaciones se utilizó el azúcar glass como fuente principal de carbohidratos y aceite vegetal de maíz para alcanzar el contenido de grasa, lo cual coincide con la formulación propuesta por UNICEF (Cuadro 1). El valor nutricional de las formulaciones fue calculado para 100 gramos, utilizando las Tablas de Composición de Alimentos del INCAP y las etiquetas nutricionales de la harina de almendra y azúcar

glass. Ambas herramientas cuentan con validez suficiente, por lo que permitieron una estimación precisa de los macronutrientes. Las proporciones de los ingredientes fueron ajustadas buscando que el contenido de proteínas, grasa y energía se asemejaran a los rangos propuestos por la OMS para 100 gramos de ATLC (Cuadro 3).

Los resultados del valor nutricional calculado para ambas formulaciones se presentan en el Cuadro 6. El contenido de proteína de la Formulación 1 y 2 fue de 11.6 gramos y 11.1 gramos respectivamente. Estos valores se encontraron dentro del rango esperado, que era entre 10 a 12 gramos. Con respecto al contenido de grasa, este se esperaba entre 45 a 60 gramos. Para la Formulación 1 se calculó un contenido de grasa de 44.8 gramos, siendo un valor muy cercano al rango establecido, mientras que para la Formulación 2 se obtuvo un contenido de 42.2 gramos. Ambos fueron aceptables, pues de acuerdo con Eloho et al. (2018), los lípidos de un ATLC deben aportar entre el 40 y 60% de la energía. El aporte energético calculado para la Formulación 1 y 2 fue de 591.4 kcal y 570.1 kcal respectivamente. Ambos valores estuvieron por encima del rango esperado, 520 a 550 kcal, sin embargo, fueron aceptados pues estos se encontraron cercanos a la densidad energética esperada, la cual era de 5.5 kcal/g.

La preparación de estos ATLC requirió de tecnología simple. Los ingredientes fueron pesados en una balanza nutricional portátil y fueron homogenizados en recipientes hondos de acero utilizando espátulas de cocina. Debido a la naturaleza de los ingredientes, los productos finales no requirieron de horneado u otro tratamiento térmico. De acuerdo con el estudio realizado por Manary (2006), la tecnología sencilla que requiere la elaboración de estos alimentos permite que esta pueda ser extrapolada exitosamente a países en vías de desarrollo con infraestructura industrial mínima. Por otro lado, Wakhu-Wamunga y Wamunga (2017) coinciden en que estos alimentos pueden ser producidos con facilidad y de manera inocua en la mayoría de los contextos mundiales. Esto representa una ventaja para un país como Guatemala, pues la elaboración de ATLC puede ser implementada de forma local, especialmente en regiones que tienen un acceso limitado a productos nutricionales para la rehabilitación de niños con desnutrición. Sin embargo, es importante destacar que para que el alimento cumpla con el contenido de micronutrientes de un ATLC, este debe ser fortificado o debe brindarse suplementación adicional de minerales y vitaminas a quienes lo reciban.

Con respecto a las características físicas, los alimentos debían cumplir con los criterios de mantenerse sólidos a temperatura ambiente sin necesidad de refrigeración, no disgregarse con facilidad al ser manipulado y no necesitar adición de agua para ser consumidos. Adicional a esto, al ser elaborados utilizando como base los ingredientes del mazapán, estos debían guardar similitud con las características de éste. En el Cuadro 7 se muestran las imágenes de los productos finales y las observaciones realizadas. La Formulación 1 cumplió con todos los criterios y obtuvo una apariencia y sabor similares a los del mazapán. La Formulación 2 también cumplió con los criterios, sin embargo, difiere en cuanto al

aspecto oleoso, lo cual se debe a que el ingrediente mayoritario fue el aceite vegetal de maíz. El color de ambos alimentos fue un color crema suave, comparable con el del mazapán guatemalteco. La importancia de la similitud de los ATLC con un alimento reconocido en Guatemala, como lo es el mazapán, radica en que de acuerdo con Wakhu-Wamunga y Wamunga (2017), las personas prefieren aquellos alimentos con los que tienen mayor familiaridad. Al ser un producto terapéutico, es fundamental que el ATLC sea culturalmente aceptado, pues esto aumentará las probabilidades de llevar a término el tratamiento de recuperación nutricional domiciliaria.

Los resultados del análisis proximal (Cuadro 8), mostraron la composición de energía y macronutrientes de ambas formulaciones. En cuanto a la energía, tanto la Formulación 1 como la Formulación 2 cumplieron con la densidad energética esperada, siendo 5.4 kcal/g y 5.5 kcal/g respectivamente. El contenido proteico fue de 11.45% en la Formulación 1, y 12.00% en la Formulación 2, lo cual se encuentra dentro de los estándares internacionales establecidos por la OMS. Siendo la proteína uno de los macronutrientes más importantes para la recuperación de niños con desnutrición aguda, es fundamental que los ATLC cumplan con su aporte. Por otro lado, el contenido de grasa de la Formulación 1 y 2 fue de 39.10% y 41.28% respectivamente, siendo valores que se encuentran alrededor del límite inferior de lo esperado. De acuerdo con Eloho et al. (2017), la grasa es un componente esencial en la formulación de un ATLC, pues la desnutrición aguda conduce a una emaciación severa y pérdida de grasa subcutánea. El contenido adecuado de energía, proteína y lípidos en un ATLC es fundamental para la regeneración tisular y recuperación de funciones fisiológicas normales de quienes lo consumen. Esto respalda la factibilidad de la elaboración local de un ATLC de contenido proteico y energético adecuado. Sin embargo, su calidad nutricional podría mejorar, al encontrar alternativas de ingredientes que aumenten el aporte de grasa sin alterar significativamente las características físicas.

En comparación al valor nutricional calculado, en el Cuadro 9 se muestra que el contenido de macronutrientes obtenido del análisis proximal fue similar a los valores teóricos. Esto se debe a que las herramientas utilizadas para calcular el valor nutricional durante la formulación proveen valores precisos en cuanto al contenido de energía, proteína, lípidos y carbohidratos de los ingredientes utilizados. Esto sugiere que dentro de un contexto en el cual un análisis proximal no es posible, podrían desarrollarse ATLC basados en los valores teóricos que ofrece la Tabla de Composición de Alimentos del INCAP y las etiquetas nutricionales de ingredientes empacados industrialmente.

En este estudio, se encontró que el valor energético, contenido proteico y lipídico de los ATLC desarrollados, fueron comparables con el ATLC importado actualmente utilizado terapéuticamente (Plumpy' Nut), y con los valores establecidos por la OMS (Cuadro 10). El alimento Plumpy' Nut, tiene un valor energético de 539.5 kcal/100g, mientras que la Formulación 1 y 2 obtuvieron un valor energético de 542.5 kcal/100g y

552.1 kcal/100g. El contenido proteico de Plumpy' Nut es levemente mayor, con 13.8g/100g, sin embargo, el contenido proteico de las formulaciones de este estudio cumple con las recomendaciones de la OMS. El contenido de grasa de Plumpy' Nut es de 32.2g/100g, lo cual es menor a los valores establecidos por la OMS. El contenido de grasa de la Formulación 1 y 2 también se encuentra por debajo de estos valores, sin embargo, se aproxima más a la recomendación internacional en comparación con el ATLC importado. Estos resultados indican que es factible la elaboración local de un ATLC de contenido proteico, lipídico y energético que cumple con estándares internacionales, integrando características físicas culturalmente aceptadas en el contexto guatemalteco.

Con respecto al contenido de humedad de las formulaciones (Cuadro 11), se encontraron valores de 5.4% y 6.2%, mientras que Plumpy' Nut tiene un contenido de humedad de 1.3%. Por otro lado, los ATLC presentados en el estudio de Wakhu-Wamunga y Wamunga (2017) reportan humedades de 4.98%, 6.80% y 7.65% para formulaciones a base de soya, maíz y maní. Estos resultados guardan similitud con la Formulación 1 y 2, por lo que se recomienda realizar pruebas de vida de anaquel con el fin de evaluar las implicaciones que esto tiene en su conservación.

En los estudios de Wakhu-Wamunga y Wamunga (2017) y Eloho *et al.* (2017), se demostró que el desarrollo de ATLC con ingredientes localmente disponibles y culturalmente aceptados, representa una alternativa válida para el tratamiento de niños con desnutrición aguda en países en vías de desarrollo. Esto coincide con los resultados de este estudio, pues ambas propuestas fueron desarrolladas bajo recomendaciones internacionales, y a través del análisis proximal se comprobó que su calidad nutricional tiene el potencial de ser utilizado como un alimento terapéutico indicado para niños guatemaltecos con diagnóstico de desnutrición aguda. La elaboración local de ATLC en Guatemala, representa una contribución para la recuperación nutricional domiciliaria, así como para la reducción de la prevalencia de desnutrición infantil aguda.

## IX. CONCLUSIONES

1. Fue factible el desarrollo local de un ATLC de contenido proteico, lipídico y energético que cumple con estándares internacionales, integrando características físicas culturalmente aceptadas en el contexto guatemalteco.
2. La Formulación 1 y Formulación 2 tienen el potencial de ser utilizadas como alimentos terapéuticos indicados para niños guatemaltecos con diagnóstico de desnutrición aguda.
3. Para que las formulaciones desarrolladas cumplan con el contenido de micronutrientes de un ATLC, deben ser fortificadas o debe brindarse suplementación adicional de minerales y vitaminas a quienes lo reciban.
4. Ambas formulaciones cumplieron con las características físicas esperadas, sin embargo, la Formulación 1 presentó mayor similitud con el mazapán guatemalteco.
5. La Tabla de Composición de Alimentos del INCAP y las etiquetas nutricionales de ingredientes empacados industrialmente fueron herramientas precisas para el cálculo del valor nutricional de los ATLC.
6. El valor energético, contenido proteico y lipídico de los ATLC desarrollados, fueron comparables con el ATLC importado actualmente utilizado terapéuticamente (Plumpy' Nut).

## X. RECOMENDACIONES

7. Evaluar la calidad proteica de ambas formulaciones a través de un análisis de digestibilidad.
8. Llevar a cabo una evaluación sensorial de los ATLC con el grupo objetivo del ATLC o madres del grupo objetivo para determinar su aceptabilidad.
9. Determinar los costos de producción y el costo por porción de 100 gramos de los ATLC y comparar con otras materias primas como pepita y ajonjolí.
10. Fortificar los ATLC con minerales y vitaminas de acuerdo con las recomendaciones de la OMS, utilizando los micronutrientes espolvoreados “Chispitas” disponibles en Guatemala.
11. Elaborar un manual de producción local de los ATLC para su implementación en comunidades guatemaltecas.
12. Realizar pruebas de vida de anaquel para determinar las implicaciones del contenido de humedad de los ATLC en su conservación.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

1. Akenteng, M. W., Annan, R. A., Lutterodt, H. E., Dzogbefia, V. P., & Apprey, C. (2017). Developing and Testing the Acceptability of Therapeutic Food for the Management of Severely Malnourished Children. In *Journal of Food Science and Engineering* (Vol. 7, Issue 2). <https://doi.org/10.17265/2159-5828/2017.02.005>
2. Anel, S., Martani, L., Alfred, M., Etienne, N., & Jimmy, V. (2019). Ready-to-use therapeutic food for home-based treatment of severe acute malnutrition in children from six months to five years of age. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (6), 3–6. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009000.pub2>
3. Babu Ram Thapa, MD, Pooja Goyal, MSc, Jagadeesh Menom, MD, Ajay Sharma, M. (2017). Acceptability and Efficacy of Locally Produced Ready-to-Use Therapeutic Food Nutreal in the Management on Severe Acute Malnutrition in Comparison With Defined Food: A Randomized Control Trial. *Food and Nutrition Bulletin*, 38(1), 18-26.
4. Barrientos, L., Barrientos, T., Chajón, A., Villar Anleu, L., Hernández, S. (2012). Ucab, Sabores del Mediterráneo: El Legado Hispano. En *Raíces Mayas de Gastronomía Guatemalteca* (27). Guatemala: INGUAT.
5. Bazzano, A. N., Potts, K. S., Bazzano, L. A., & Mason, J. B. (2017). The Life Course Implications of Ready to Use Therapeutic Food for Children in Low-Income Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph14040403>
6. Bhutta, Z. A., Berkley, J. A., Bandsma, R. H. J., Kerac, M., Trehan, I., & Briend, A. (2017). Severe childhood malnutrition. *Nature Reviews Disease Primers*, 3, 17067. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.67>
7. Blanco García, S., Orzáez Villanueva, M. (2002). El mazapán dentro de la historia de los dulces. *Ámbito Farmacéutico*, 21, 7.
8. Briend, A., Akomo, P., Bahwere, P., De Pee, S., Dibari, F., Golden, M. H., ... Ryan, K. (2015). Developing food supplements for moderately malnourished children: Lessons learned from ready-to-use therapeutic foods. *Food and Nutrition Bulletin*, 36(1), S53–S58. <https://doi.org/10.1177/15648265150361S109>
9. Briend, A., Khara, T., & Dolan, C. (2015). Wasting and stunting-similarities and differences: Policy and programmatic implications. *Food and Nutrition Bulletin*, 36(1), S15–S23. <https://doi.org/10.1177/15648265150361S103>

10. Choudhury, N., Ahmed, T., Hossain, M. I., Islam, M. M., Sarker, S. A., Zeilani, M., & Clemens, J. D. (2018). Ready-to-Use Therapeutic Food Made From Locally Available Food Ingredients Is Well Accepted by Children Having Severe Acute Malnutrition in Bangladesh. *Food and Nutrition Bulletin*, 39(1), 116–126.
11. Cuj, M., Mazariegos, M., & Fischer, E. (2016). Aceptabilidad De Complemento En Guatemala(Cuj), 26(1).
12. Eloho, S., Grace, N., & Chioma, I. (2017). Formulation and Evaluation of Ready-To-Use Therapeutic Foods Using Locally Available Ingredients in Bauchi, Nigeria. In *European Journal of Nutrition & Food Safety* (Vol. 8, Issue 1, pp. 1–10). <https://doi.org/10.9734/ejnfs/2018/37833>
13. Gabriela. (2017). Receta para preparar mazapán guatemalteco. 2020, de GUATEMALA.COM Sitio web: <https://aprende.guatemala.com/cultura-guatemalteca/cocina/receta-mazapan-guatemalteco/>
14. Ijarotimi, S., & Keshinro, O. (2013). Determination of Nutrient Composition and Protein Quality of Potential Complementary Foods Formulated from the Combination of Fermented Popcorn, African Locust and Bambara Groundnut Seed Flour. In *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* (Vol. 63, Issue 3, pp. 155–166). <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0079-z>
15. Manary, M. J. (2006). Local production and provision of ready-to-use therapeutic food (RUTF) spread for the treatment of severe childhood malnutrition Mark.pdf.
16. Moore, J. C., DeVries, J. W., Lipp, M., Griffiths, J. C., & Abernethy, D. R. (2010). Total Protein Methods and Their Potential Utility to Reduce the Risk of Food Protein Adulteration. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 9, Issue 4, pp. 330–357). <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00114.x>
17. Nielsen, S. (Ed.). (2006). Proximate Assays in Food Analysis. In *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. John Wiley & Sons, Ltd.
18. Onis, M. De, & Branca, F. (2016). Review Article Childhood stunting: a global perspective, 12, 12–26. <https://doi.org/10.1111/mcn.12231>
19. Priego-Capote, F., & Luque de Castro, M. D. (2005). Focused microwave-assisted Soxhlet extraction: a convincing alternative for total fat isolation from bakery products. *Talanta*, 65(1), 98–103.
20. Stewart, C. P., Iannotti, L., Dewey, K. G., Michaelsen, K. F., & Onyango, A. W. (2013). Contextualising complementary feeding in a broader framework for stunting prevention. *Maternal and Child Nutrition*, 9(S2), 27–45. <https://doi.org/10.1111/mcn.12088>
21. Suárez López, M. M., Kizlansky, A., & López, L. B. (2006). [Assessment of protein quality in foods by calculating the amino acids score corrected by digestibility]. *Nutricion hospitalaria: organo oficial de la Sociedad Espanola de Nutricion Parenteral y Enteral*, 21(1), 47–51.
22. Tadesse, E., Berhane, Y., Hjern, A., Olsson, P., & Ekström, E. C. (2015). Perceptions of usage and unintended consequences of provision of ready-to-use therapeutic food

- for management of severe acute child malnutrition. A qualitative study in Southern Ethiopia. *Health Policy and Planning*, 30(10), 1334–1341. <https://doi.org/10.1093/heapol/czv003>
23. Tekele, A., Tessema, M., Hailu, T., Samuel, A., Assefa, T., Moges, T., Tesfaye, B., Zerfu, D., Tembo, B. N., & Kebede, A. (2015). Sensory Evaluation Acceptability for a Food Supplementary Chickpea-Based Ready-to-Use among Moderately Malnourished Children Aged 6-59 Months. In *Journal of Agricultural Science and Technology B* (Vol. 5, Issue 3). <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2015.03b.008>
  24. Thangaraj, P. (2016). Proximate Composition Analysis. In T. Parimelazhagan (Ed.), *Pharmacological Assays of Plant-Based Natural Products* (Vol. 71, pp. 21–31). Springer International Publishing.
  25. Tickell, K. D., & Denno, D. M. (2016). Inpatient management of children with severe acute malnutrition: a review of WHO guidelines. *Bulletin of the World Health Organization*, 94(9), 642–651. <https://doi.org/10.2471/blt.15.162867>
  26. Wamunga, F. W., & Wamunga, B. J. (2017). Locally Developed Ready-To-Use-Therapeutic-Food (RUTF) for Management of Malnutrition Using Animal Models. In *Journal of Clinical Nutrition & Dietetics* (Vol. 03, Issue 01). <https://doi.org/10.4172/2472-1921.100044>
  27. Williams, P. C. M., & Berkley, J. A. (2018). Guidelines for the treatment of severe acute malnutrition: a systematic review of the evidence for antimicrobial therapy. *Paediatrics and International Child Health*, 38, S32–S49. <https://doi.org/10.1080/20469047.2017.1409453>
- Yang, J., & Lee, J. (2019). Application of Sensory Descriptive Analysis and Consumer Studies to Investigate Traditional and Authentic Foods: A Review. In *Foods* (Vol. 8, Issue 2, p. 54). <https://doi.org/10.3390/foods8020054>

## XII. ANEXOS

Anexo 1. Resumen del método utilizado para la determinación de humedad enviado por DSG Laboratorio.

- ii. Pesar una cantidad adecuada de muestra en duplicado en crisoles
- iii. Introducir en la mufla a 600°C durante 3 horas
- iv. Trasladar al desecador durante 2 horas
- v. Pesar
- vi. Reportar la masa remanente en porcentaje

Anexo 2. Resumen del método utilizado para la determinación de cenizas enviado por DSG laboratorio.

1. Pesar una cantidad adecuada de muestra en duplicado en crisoles
2. Introducir en la estufa de secado durante 60 minutos
3. Trasladar al desecador durante 2 horas
4. Pesar
5. Reportar la pérdida de peso en porcentaje

Anexo 3. Resumen del método oficial AOAC 962.09 para la determinación de fibra cruda enviado por DSG Laboratorio.

1. Pesar 1 gramo de producto desgrasado
2. Colocar a digestión con hidróxido de sodio (NaOH)
3. Filtrar residuo
4. Colocar el residuo a digestión con ácido clorhídrico (HCl) y filtrar
5. Colocar residuo en un crisol
6. Colocar en mufla hasta obtener las cenizas

Anexo 4. Resumen del método oficial AOAC 975.05 para la determinación de proteína cruda enviado por DSG Laboratorio.

1. Pesar 1 gramo del producto desgrasado e introducir en un balón
2. Introducir una pastilla catalizadora para la digestión
3. Colocar a digestión durante 2 a 4 horas, hasta que el residuo se torne color azul cristalino
4. Colocar la digestión en el equipo de destilación Kjeldahl
5. Recibir en una solución de ácido bórico
6. Titular con ácido clorhídrico (HCl)

Anexo 5. Resumen del método utilizado para la determinación de grasa enviado por DSG Laboratorio.

1. Pesar una cantidad adecuada de muestra
2. Envolver muestra en papel filtro
3. Introducir en el extractor Soxhlet
4. Encender el equipo y permitir la extracción con el solvente durante 60 minutos
5. Colocar en el destilador hasta separar el solvente de la grasa
6. Colocar el balón con la grasa en el desecador durante el menos 4 horas y pesar
7. Reportar la grasa obtenida como porcentaje del producto

Anexo 6. Fórmula utilizada para el cálculo de carbohidratos en el producto enviada por DSG Laboratorio.

$$\text{HC disp.} = 100 - (\text{Humedad} + \text{Cenizas} + \text{Proteína} + \text{Grasa total} + \text{Fibra dietética total})$$

Anexo 7. Fórmula utilizada para el cálculo del contenido energético del producto enviada por DSG Laboratorio.

$$\text{EB (Kcal/Kg)} = (4 \text{ PC \%} + 9 \text{ EE \%} + 1 \text{ FC \%} + 3.75 \text{ ELN \%}) \times 10$$

Donde: EB = energía bruta, PC = proteína cruda, EE = extracto etéreo, FC = fibra cruda y ELN = extracto libre de nitrógeno

## Anexo 8. Informe de resultados del Laboratorio DSG Desarrollo de Soluciones Globales para la Formulación 1.



**LABORATORIO DSG**  
DESARROLLO DE SOLUCIONES GLOBALES  
31 Avenida 0-56 zona 7, Utatlán 1  
Tel: (502) 2441-4918, (502) 2439-6808

(R03-PAD004)

### Informe de Resultados: 2020-01254

Fecha: 5/10/2020

<b>Cliente:</b>	Andrea Garcia.	<b>Referencia:</b>	
<b>Dirección:</b>	Ciudad	<b>Fecha y Hora Muestreo:</b>	22/09/2020 10:30
<b>Orden:</b>		<b>Lugar de Muestreo:</b>	Tomada por el cliente
<b>Muestra enviada por:</b>	Andrea Garcia.		
<b>Fecha de Recepción:</b>	23/09/2020		

<b>Código:</b> 17089	<b>Descripción:</b> Alimento Terapéutico listo para consumir					<b>Lote:</b>
<b>Referencia:</b> 1	<b>Tipo:</b> Alimento					
<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>	<b>u.m.</b>	<b>LD/LC</b>	<b>Metodología</b>	<b>Fecha de Análisis</b>	
Carbohidratos Solubles (ELN)	37.52	%*	NA	Por fórmula	02/10/2020	
Cenizas	2.31	%*	0.10	Gravimetría	02/10/2020	
Energía (Calorías)	5,426	Kcal/kg*	NA	Por Formula	02/10/2020	
Fibra Cruda	4.22	%*	0.50	AOAC: 962.09	02/10/2020	
Grasa	39.10	%*	0.50	Extracción Soxhlet	02/10/2020	
Humedad	5.40	%*	0.10	Pérdida por secado en la estufa	02/10/2020	
Proteína	11.45	%*	0.50	A0AC 976.05	02/10/2020	

\* u.m. = unidad de medida LD/LC = Límite de Detección/Cuantificación ND = No detectable al LD/LC.

Los resultados en este informe corresponden únicamente a los ítems sometidos a ensayo. Prohibida la modificación o reproducción parcial de este informe sin la aprobación escrita de DSG. Cuando la muestra es entregada por el cliente, él es responsable de la información de la misma. En ese caso los resultados corresponden a la muestra tal y como fue recibida

**ULTIMA LINEA**



Juan Carlos Gonzalez Soto  
Ingeniero Químico  
Colegiado No. 1785

Ing. Juan Carlos Gonzalez  
Colegiado No. 1785  
Director Técnico Fisicoquímica

Anexo 9. Informe de resultados del Laboratorio DSG Desarrollo de Soluciones Globales para la Formulación 2.



**LABORATORIO DSG**  
DESARROLLO DE SOLUCIONES GLOBALES  
31 Avenida 0-56 zona 7, Utatlán 1  
Tel: (502) 2441-4918, (502) 2439-6808

(R03-PAD004)

**Informe de Resultados: 2020-01254**

Fecha: 5/10/2020

<b>Cliente:</b>	Andrea Garcia.	<b>Referencia:</b>	
<b>Dirección:</b>	Ciudad	<b>Fecha y Hora Muestreo:</b>	22/09/2020 10:30
<b>Orden:</b>		<b>Lugar de Muestreo:</b>	Tomada por el cliente
<b>Muestra enviada por:</b>	Andrea Garcia.		
<b>Fecha de Recepción:</b>	23/09/2020		

<b>Código:</b> 17090	<b>Descripción:</b> Alimento Terapéutico listo para consumir					<b>Lote:</b>
<b>Referencia:</b> 2	<b>Tipo:</b> Alimento					
<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>	<b>u.m.</b>	<b>LD/LC</b>	<b>Metodología</b>	<b>Fecha de Análisis</b>	
Carbohidratos Solubles (ELN)	34.37	%*	NA	Por fórmula	02/10/2020	
Cenizas	2.39	%*	0.10	Gravimetría	02/10/2020	
Energía (Calorías)	5,521	Kcal/kg*	NA	Por Formula	02/10/2020	
Fibra Cruda	3.76	%*	0.50	AOAC: 962.09	02/10/2020	
Grasa	41.28	%*	0.50	Extracción Soxhlet	02/10/2020	
Humedad	6.20	%*	0.10	Pérdida por secado en la estufa	02/10/2020	
Proteína	12.00	%*	0.50	A0AC 976.05	02/10/2020	

\* u.m. = unidad de medida LD/LC = Límite de Detección/Cuantificación ND = No detectable al LD/LC.

Los resultados en este informe corresponden únicamente a los ítems sometidos a ensayo. Prohibida la modificación o reproducción parcial de este informe sin la aprobación escrita de DSG. Cuando la muestra es entregada por el cliente, él es responsable de la información de la misma. En ese caso los resultados corresponde a la muestra tal y como fue recibida

**ULTIMA LINEA**

**Juan Carlos Gonzalez Soto**  
Ingeniero Químico  
Colegiado No. 1785

Ing. Juan Carlos Gonzalez  
Colegiado No. 1785  
Director Técnico Físicoquímica