

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**FORMULACIÓN DE SNACK A BASE DE HARINA DE MAÍZ MORADO
NIXTAMALIZADO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE
CASCARILLA DE CACAO**

POR:

EDUARDO RENAN DIAZ LAINEZ

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE 2025

**FORMULACIÓN DE SNACK A BASE DE HARINA DE MAÍZ MORADO
NIXTAMALIZADO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE
CASCARILLA DE CACAO**

POR:

EDUARDO RENAN DIAZ LAINEZ

ASESOR PRINCIPAL

M.Sc. NAIROBY SEVILA CARDOSO

TESIS

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
TECNOLOGÍA ALIMENTARIA**

CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE 2025

DEDICATORIA

Esta investigación se la dedico a **Dios**, por ser el pilar de mi fuerza y motivación en cada día, y por permitir la conclusión exitosa de la parte práctica de este proyecto. Su gracia y misericordia fueron evidentes en cada etapa, brindándome la claridad y el discernimiento necesarios para resolver los desafíos presentados.

AGRADECIMIENTO

Dedico este trabajo de manera principal a Dios, por brindarme hasta este momento sabiduría y fuerza, guiándome siempre en cada etapa de mi vida.

A mis padres Aminta De Jesus Lainez y Jose Eduardo Diaz Diaz por estar presente en este proceso de formación profesional, por haber depositado su confianza su amor y su anhelo, brindándome su apoyo incondicional en cada momento. A mis hermanas: Mileydi Diaz, Noris Diaz, Yuni Diaz, por brindarme su apoyo y motivándome en todo momento y Yareli Diaz, por estar en disposición cada vez que necesite.

A mis amigos más cercanos, Mauricio Castro, Armando Amaya, Oscar Amaya, Juanangel Vázquez, Senen Mejía, Jenifer Amaya, Alejandra García por brindarme su apoyo incondicional y siempre estar en los buenos y malos momentos.

Agradezco de manera particular a Angela Lara por su apoyo en cada proceso de formación y por brindar de su ayuda siempre que lo necesite. También agradezco cada momento que compartimos juntos.

ÍNDICE

I	INTRODUCCIÓN.....	3
II	OBJETIVOS.....	4
2.1	Objetivo General.....	4
2.2	Objetivo Específicos	4
III	REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1	Inseguridad alimentaria.....	5
3.1.1	Causas y consecuencia.....	5
3.1.2	Alternativa para erradicar la inseguridad alimentaria.....	4
3.2	El cacao (<i>Teobroma cacao L.</i>).....	4
3.2.1	Variedades de cacao	5
3.2.2	Derivados del cacao.....	6
3.2.3	Propiedades y usos	8
3.2.4	Producción nacional de cacao.....	8
3.2.5	Producción regional de cacao	9
3.3	Cascarilla de cacao.....	10
3.3.1	Propiedades de la cascarilla de cacao	10
3.3.2	Aprovechamiento en la industria alimentaria	11
3.4	Maíz morado (<i>Zea mays</i>)	11
3.4.1	Origen del maíz	11
3.4.2	Propiedades del maíz morado.....	12
3.4.3	Aplicación en los alimentos.....	12

3.4.4	Producción mundial de maíz morado	12
3.5	Nixtamalización	13
3.6	Snacks saludables	13
3.6.1	Tendencias actuales	14
3.6.2	Características deseables	14
3.7	Análisis microbiológicos	15
3.8	Análisis sensorial	15
3.9	Análisis fisicoquímicos.....	15
IV	MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
4.1	Ubicación de la investigación	17
4.2	Materiales, equipos e insumos	18
4.2.1	Materiales	18
4.2.2	Equipos	18
4.2.3	Insumos.....	18
4.3	Etapa I: Recolección de materia prima	19
4.4	Etapa II: Proceso de nixtamalización.....	19
4.4.1	Formulación de nixtamalización para 1 kg maíz morado.....	19
4.4.2	Formulación de la elaboración del snack	20
4.4.3	Cocción y reposo	21
4.4.4	Lavado	21
4.4.5	Molienda.....	21
4.5	Etapa III: Mezclado	22
4.6	Etapa IV: Laminado y moldeado	22
4.7	Etapa V: Deshidratado y enfriamiento.....	22
4.8	Etapa VI: Empacado y almacenado	23

4.9	Etapa VII: Metodología de evaluación	23
4.9.1	Análisis microbiológicos	23
4.9.2	Análisis sensorial.....	24
4.9.3	Análisis fisicoquímicos	25
4.10	Etapa IX: Diseño experimental y análisis estadístico	28
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
5.1	Análisis microbiológicos	29
5.2	Análisis sensorial	30
5.3	Análisis fisicoquímicos.....	32
VI	CONCLUSIONES.....	35
VII	RECOMENDACIONES	36
VIII	BIBLIOGRAFÍAS.....	37
IX	ANEXOS.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Formulación de nixtamalización	20
Tabla 2: Formulación del snack (Ver Anexo 3).....	20
Tabla 3: Clasificación del alimento según el Reglamento Técnico Centroamericano	24
Tabla 4: Escala hedónica de 7 puntos	25
Tabla 5: Resultados de recuento de E. coli.....	29
Tabla 6: Resultados de Salmonella spp	30
Tabla 7: Resultado de la evaluación sensorial	31
Tabla 8: Resultados de análisis fisicoquímicos	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la investigación	17
Figura 2: Grafica de índice de aceptabilidad	32

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Flujograma de proceso del snack.....	40
Anexo 2: Formato de evaluación sensorial	41
Anexo 3: Base de datos que serán utilizados en el trabajo de investigación	42
Anexo 4: Proceso de nixtamalización	43
Anexo 5: Flujo de proceso para elaboración del snack.	44
Anexo 6: Resultados de recuento de E. coli.....	45
Anexo 7: Resultados análisis de salmonella spp.....	46
Anexo 8: Resultados de análisis fisicoquímicos	47

Diaz Lainez, Eduardo Renan (2025). Formulación de snack a base de harina de maíz morado nixtamalizado con sustitución parcial de harina de cascarilla de cacao. Trabajo profesional supervisado por tesis de grado ingeniería en Tecnología Alimentaria, Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras, CA 63 pp.

RESUMEN

El uso de la cáscara de cacao contribuye reduciendo subproductos de cacao y abre nuevas oportunidades para su aplicación en la industria alimentaria. Estudios existentes han reportado que la cáscara de cacao es rica en fibra dietética, proteínas y minerales esenciales. La investigación tuvo como objetivo elaborar snacks de maíz morado nixtamalizado utilizando diferentes porcentajes de cascarilla de cacao. Se elaboraron diferentes masas agregando cascarilla de cacao en diferente porcentaje (control 0%, 15%, 30% y 45%), estableciendo formulaciones, procesos y parámetros para la realización de la nixtamalización y los snacks. Se realizaron análisis microbiológicos antes de la prueba sensorial para asegurar que los snacks no presentaran riesgos en la salud, se realizó análisis de *E. coli*, *Salmonella spp.* En los análisis sensoriales se realizó una prueba afectiva utilizando una escala hedónica de siete puntos, evaluando sabor, textura, color y aceptación general con un método estadístico (ANOVA) de una vía. Se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos humedad, ceniza, grasas y aceites, fibra cruda, proteína, calcio (Ca), fósforo(P), carbohidratos, calorías. Con el objetivo de evaluar las propiedades nutricionales. Dentro de los resultados se mostró que en los análisis sensoriales no existió diferencia significativa entre los resultados estadísticamente, se aplicó índice de aceptación (IA) siendo el T2 15% de cascarilla con más aceptación. Los resultados de los análisis fisicoquímicos obtenidos: Humedad 36.01%, ceniza 1.49%, grasas y aceites 9.29%, fibra cruda 0.67%, proteínas 10.07%, Calcio (Ca) 0.023%, Fósforo (P) 0.08%, carbohidratos 43.14%, calorías 296.42 Kcal/100g. La formulación del snack con un 15% de sustitución de cascarilla de cacao demostró ser la más aceptada sensorialmente, cumpliendo con los parámetros microbiológicos establecidos y destacando su bajo contenido de humedad, buen aporte energético y presencia de fibra y minerales esenciales.

Palabras clave: Nixtamalización, Subproducto, Nutrición, Aceptación.

I INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por la seguridad alimentaria, el aprovechamiento de subproductos agrícolas y la búsqueda de alimentos funcionales ha impulsado el desarrollo de productos innovadores con valor agregado. En este contexto, el presente trabajo se planteó la formulación de un snack tipo nacho utilizando como base harina de maíz morado nixtamalizado, incorporando harina de cascarilla de cacao como sustituto parcial. Ambos alimentos poseen características nutricionales y funcionales destacadas: el maíz morado es rico en antocianinas con propiedades antioxidantes (Cai *et al.* 2023). Mientras que la cascarilla de cacao, subproducto frecuentemente desaprovechado, contiene fibra dietética, compuestos fenólicos y minerales esenciales (Rocha *et al.* 2025).

La propuesta busca ofrecer una alternativa saludable para el consumidor y también contribuir a la reducción de residuos en la agroindustria del cacao, promoviendo la sostenibilidad y el aprovechamiento integral de materias primas. Además, mediante análisis microbiológicos, físicoquímicos, sensoriales, identificando su potencial como snack funcional y sostenible. Este enfoque representa una oportunidad para diversificar la oferta alimentaria a nivel local, integrando productos locales y técnicas tradicionales como la nixtamalización.

II OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Elaborar un snack (nachos) de harina de maíz morado nixtamalizado con sustitución parcial de harina de cascarilla de cacao.

2.2 Objetivo Específicos

- Determinar el nivel de harina de cascarilla de cacao (15, 30, 45%) en la elaboración de snacks de maíz morado nixtamalizado.
- Evaluar las características sensoriales (sabor, textura, color, y aceptabilidad general) del snack.
- Realizar análisis microbiológicos, sensoriales y fisicoquímicos al tratamiento de mayor aceptación.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Inseguridad alimentaria

La inseguridad alimentaria se refiere a la situación en la que las personas u hogares tienen acceso limitado a alimentos seguros, inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades dietéticas y apoyan su salud y bienestar. La reciente pandemia de COVID-19 ha impactado significativamente la seguridad alimentaria de los hogares a nivel mundial al aumentar el desempleo e interrumpir las cadenas de suministro de alimentos. Por ejemplo, la prevalencia mundial de inseguridad alimentaria grave aumentó del 9,1 % en 2019 al 11,1 % en 2022 según (FAO, 2025).

Algunas definiciones de seguridad nutricional también consideran factores que impactan la capacidad de satisfacer las preferencias alimentarias, incluyendo alimentos alineados con los requisitos dietéticos culturales o religiosos de las personas, así como otras restricciones dietéticas como las preferencias gustativas y las alergias alimentarias (Livings *et al.* 2024).

3.1.1 Causas y consecuencia

Estudios transversales recientes han vinculado la inseguridad alimentaria con el distrés psicológico, la depresión, la ansiedad y las conductas autolesivas. Dado que la pobreza es un factor principal que contribuye a la inseguridad alimentaria, y que esta es un factor de riesgo conocido para los problemas de salud mental, la inseguridad alimentaria puede actuar como

un mediador importante que vincula la pobreza con los problemas de salud mental (Baek y Yoon 2025).

3.1.2 Alternativa para erradicar la inseguridad alimentaria

El rescate de alimentos, la práctica de recolectar excedentes de alimentos que de otro modo se desperdiciarían y redirigirlos a quienes los necesitan, se ha establecido en todo el mundo como una medida eficaz para reducir los vertederos alimentados por el desperdicio innecesario, al tiempo que proporciona una solución para salir de la pobreza. Los programas de recuperación de alimentos también son una función esencial en el área de la inseguridad alimentaria y el hambre. En la práctica, esto significa que más alimentos llegan a los más vulnerables mediante el envío de excedentes de alimentos (Singh *et al.* 2025).

Utilizar los recursos eficientemente y mejorar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad, es necesario reducir y valorizar adecuadamente el desperdicio y los subproductos alimentarios como por ejemplo en la elaboración de nuevas alternativas de alimentos así también en la incorporación como fortificantes en otros alimentos ya que los subproductos de cereales representan una valiosa fuente de fibra dietética (p. ej., β -glucanos), proteínas, péptidos bioactivos, lípidos, compuestos fenólicos, fitoesteroles y otros elementos beneficiosos para la salud (Kaddour *et al.* 2024).

3.2 El cacao (*Theobroma cacao* L.)

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una fruta tropical utilizada en la producción de chocolate. Una gran parte de sus subproductos, como la miel de cacao, se desecha, lo que contribuye a más de 52 000 ton de residuos generados por la cadena de valor del cacao (Rocha *et al.* 2025).

El cacao es una de las materias primas más populares que se encuentran en la composición de muchos productos y es disfrutado por personas de todas las edades. El cacao se produce a partir de la semilla del árbol del cacao (*Theobroma cacao*), una planta tropical que crece en la región del ecuador, y se lanza al mercado después de la fermentación y el secado (Barišić *et al.* 2023).

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es una fruta tropical utilizada para producir chocolate y otros derivados. El beneficio del cacao se centra en la producción de chocolate obtenido únicamente de las almendras que se fermentan en seco, por lo que el resto del fruto suele desecharse, lo que puede proporcionar casi el 90 % del peso del fruto de subproductos. En la cadena del cacao, los subproductos se componen de cáscaras, pulpa, testa y la sudoración del cacao (Rocha *et al.* 2025).

3.2.1 Variedades de cacao

- **Cacao Criollo**

Es el árbol que da el fruto con mejor calidad, pero entre los tipos de cacao, se caracteriza por ser el menos fructífero y representa una pequeña proporción de la elaboración mundial. Se identifica por tener semillas redondas y ligeramente planas. Éstas, sin fermentar, poseen un color ligeramente violeta y blanco. De los tipos de cacao, es el que tiene aromas afrutados con notas de frutos secos y ligeramente amargo, pero refinado. Es muy apreciado para los chocolates de mayor calidad. Con esta variedad, se preparan algunos de los mejores bombones y cualquier preparación gourmet.

- **Cacao Forastero**

El tipo de cacao forastero o amazonia es la variedad más común, su sabor es fuerte, amargo, un poco ácido y representa el 70% del consumo de cacao del mundo. Es la más robusta (Los productores dicen que confían en su resistencia a enfermedades) además que da la mayor cantidad de frutos, pero los puntos en contra son un aroma sin fineza y escaso sabor frutal. Este grano fue introducido por los europeos en los territorios colonizados cuando el chocolate era solicitado a principios del siglo XX en Europa. Los tipos de cacao forastero se cultivan principalmente en Venezuela, Perú, Ecuador, Colombia, Brasil, Costa de Marfil, Ghana, Camerún, Costa Rica, Santo Tomé y algunas plantaciones en el sudeste asiático.

- **Cacao trinitario**

Es un tipo de cacao híbrido obtenido a partir del Criollo y el Forastero. Su producción es claramente superior en comparación con el criollo y combinando las características gustativas de ambos. Es mucho más resistente a enfermedades y tiene un sabor mucho más sutil. Si alguna vez lo pruebas, puedes sentirte especial. Contiene un amplio rango de sabores, aromas y persistentes en el paladar. Pueden apreciarse sabores a heno, roble miel, manzana y melón. Se cultiva en Trinidad, Java, Sri Lanka, Papua- Nueva Guinea, Camerún y en Venezuela con el nombre de Carenero Superior. Actualmente representa aproximadamente el 5% de la producción mundial entre todos los tipos de cacao (Carvallo, 2020).

3.2.2 Derivados del cacao

- **Licor de cacao:** Es un chocolate puro en forma líquida y está compuesto por dos ingredientes principales que son la mantequilla o grasa de cacao y el cacao seco. Este

licor es la base para producir todo tipo de chocolates y a pesar de su nombre, no contiene alcohol. El licor de cacao se crea en las propias fábricas de chocolate de manera que se obtiene un control de la calidad y sabor del producto que se espera. El licor de cacao resulta de la molienda de nibs de cacao (semillas de cacao fermentadas, secas y tostadas) y es una fuente importante de grasas (54,20 %), carbohidratos (24,23 %) y proteínas (12,27 %). Con este alto contenido en grasa, el licor es el ingrediente del que se extrae la manteca de cacao mediante prensado (Silveira *et al.* 2025).

- **Manteca de cacao:** Es grasa del haba de cacao extraída durante el proceso de fabricación de chocolate y del polvo de cacao. Tiene un suave aroma y sabor a chocolate. Es el único componente utilizado en la fabricación del dulce llamado chocolate blanco. En la industria la manteca de cacao se utiliza en la fabricación de medicamentos, tabaco, cosméticos y jabones. En la medicina tradicional es un remedio para las quemaduras, se dice que es un antiséptico (Coronel, 2016).

La manteca de cacao es un ingrediente esencial en la industria, ya que se presenta en estado semisólido a temperatura ambiente. Sin embargo, este producto se funde completamente al contacto con la temperatura corporal. Los ácidos grasos (AG) más importantes presentes en la manteca de cacao son el ácido esteárico (33,3-40,2 %), el ácido oleico (32,7-37,0 %) y el ácido palmítico (24,1-33,7 %). (Silveira *et al.* 2025)

- **Pasta de cacao:** Se obtiene mediante la desintegración de granos de cacaos limpios y pelados, sin extraer ni añadir ninguno de sus componentes. Se obtiene mediante trituración de las habas del cacao, luego el grano es previamente seleccionado, tostado, descascarado, molido, refinado y sin adición de aditivos.
- **Cacao en polvo:** Es el producto obtenido de la pulverización de la torta de cacao. Según su contenido en materia grasa, será normal el que contiene un mínimo de 20% de manteca de cacao en materia seca, y, como máximo, 8% de humedad y 4% de impurezas en

materia seca desengrasada. Semi desengrasado: El que contiene un mínimo del 100% de manteca de cacao, sin llegar al 20%, ambos en materia seca, y sin que varíen los demás componentes (Coronel, 2016).

3.2.3 Propiedades y usos

Este producto se distingue por su contenido en minerales, vitaminas y antioxidantes. Con un pH inferior a 3,75, esta sustancia presenta una alta concentración de ácidos orgánicos, como ácido ascórbico, ácido cítrico, ácido acético y ácido málico, además de los ácidos orgánicos, la miel de cacao contiene un alto contenido de azúcares, responsables de sus propiedades dulces. Está compuesta principalmente por azúcares reductores como la glucosa y la fructosa, además de sacarosa. Debido a su alto contenido de azúcares, la miel de cacao presenta una alta lectura refracto-métrica, con concentraciones de sólidos solubles de 13,30 °Brix, lo que crea condiciones favorables para la fermentación (Rocha *et al.* 2025).

Estos grupos de cacao son ricos en polifenoles, particularmente flavonoides y catequinas (37%), antocianinas (4%) y proantocianidinas (58%), compuestos con fuertes propiedades antioxidantes que han demostrado proteger contra enfermedades en estudios tanto en animales como en humanos. Los granos de cacao también contienen cafeína y teobromina, dos metilxantinas con efectos fisiológicos como la estimulación del sistema nervioso central, el músculo cardíaco, la relajación del músculo liso y la acción diurética (Betancourt-Sambony *et al.* 2025).

3.2.4 Producción nacional de cacao

Honduras alcanzó un precio récord mundial de \$10,000 la tonelada de cacao, este logro subraya la calidad de su producción, especialmente en el Litoral Atlántico, una de las

principales regiones productoras del grano”, indicó la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). De acuerdo con el multilateral, la producción de cacao en la temporada 2023-2024 disminuyó un 14 % a 4.2 millones de toneladas, frente a los 4.9 millones del ciclo anterior (Ca. E. 2025).

3.2.5 Producción regional de cacao

Centroamérica tiene una escasa participación en el mercado mundial de cacao y sus derivados del 0.6%. De la región, se destaca Guatemala con el 32 % y Costa Rica con el 31 % de las exportaciones de cacao y sus derivados. En términos de productos con valor agregado, Centroamérica exporta del valor total, el 78.8 % y en “commodities” exporta el 21.2 %. Es importante notar que la tendencia de crecimiento del mercado de cacao a nivel regional ha sido del 28.6 % desde el 2011 hasta la fecha.

Nicaragua y Honduras son los principales países exportadores de cacao en grano. Nicaragua exporta el 83 % del valor total de las exportaciones regionales, seguido de Honduras con el 11 %. El Salvador y Guatemala presentan montos pequeños de exportaciones. En producto terminado, los países mejor posicionados son Costa Rica y Guatemala, entre los dos acumulan el 73 % (2015) del valor total de las exportaciones de productos terminados a base de cacao, seguidos por El Salvador que aporta el 17.9 % del total de las exportaciones. Honduras y Nicaragua entre ambas, aportan el 9.1 %. El 80 % del total de las exportaciones de cacao y sus derivados se desarrolla a lo interno del área centroamericana. Se concluye que, en este sector, hay una fuerte dinámica de comercio pero que, en su mayoría, se encuentra en manos de sectores informales de la economía regional (Aleman, 2019)

3.3 Cascarilla de cacao

Antes de la fabricación del chocolate, los granos de cacao deben tostarse, lo que genera cantidades significativas de subproductos, incluida la cáscara de cacao, que a menudo termina como residuo. Sin embargo, recientemente se ha llamado la atención sobre la posible valorización de estos subproductos como respuesta a las necesidades mundiales de desarrollo sostenible, como su uso debido a sus propiedades nutricionales. La cáscara de cacao constituye entre el 10 y el 20 % del peso del grano y es una rica fuente de nutrientes y compuestos bioactivos (Ramírez *et al.* 2024).

3.3.1 Propiedades de la cascarilla de cacao

La cáscara de cacao es rica en fibra dietética, proteínas y minerales esenciales. Sin embargo, el perfil nutricional completo de la cáscara de cacao, particularmente su perfil de aminoácidos y composición mineral permanece en gran parte inexplorado. La cáscara de cacao contiene compuestos fenólicos y metilxantinas, es decir, cafeína y teobromina, a las que se les han asignado varios efectos fisiológicos beneficiosos, como la prevención de la obesidad, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares. Además, la cáscara de cacao puede mostrar actividad antioxidante y efectos antiinflamatorios a través de varios mecanismos, mejorando la función mitocondrial en el tejido adiposo y regulando el metabolismo de lípidos y glucosa en el hígado.

A pesar de los posibles beneficios, el uso de la cáscara de cacao como producto alimenticio está sujeto a consideraciones regulatorias, que pueden fluctuar según el país o la región. La cáscara de cacao cae en una zona gris regulatoria debido a su condición de subproducto del procesamiento de alimentos. Además, su uso como ingrediente alimentario enfrenta desafíos particulares, principalmente debido a su clasificación como un ingrediente novedoso en algunas jurisdicciones (Ramírez *et al.* 2024).

3.3.2 Aprovechamiento en la industria alimentaria

Comprender el perfil nutricional y de seguridad de la cáscara de cacao contribuye a reducir los residuos en la producción de cacao y abre nuevas oportunidades para su aplicación en la industria alimentaria. Al alinearse con la tendencia global de sostenibilidad y concienciación sobre la salud, la estrategia de valorización de la cáscara de cacao podría conducir a la creación de productos alimenticios novedosos, ricos en nutrientes y seguros (Ramírez *et al.* 2024).

3.4 Maíz morado (*Zea mays*)

El maíz morado se destaca por su contenido extremadamente alto de antocianinas y compuestos fenólicos, y ha atraído cada vez más atención. El maíz es la principal fuente de seguridad alimentaria y desarrollo económico en África subsahariana, América Latina y el Caribe. Con la creciente búsqueda incesante de la salud en la sociedad moderna, los alimentos con alto contenido bioactivo se han vuelto populares (Cai *et al.* 2023).

3.4.1 Origen del maíz

El maíz morado (*Zea mays* L.) es una gramínea que pertenece a la familia de las Poaceae. Es un grupo de variedades de maíz duro (*Z. mays* var. *indurata*; también llamado maíz indio o maíz calicó) descendiente de una variedad ancestral común denominada “k'culli” en quechua. El maíz morado se originó en Perú y ahora está ampliamente distribuido en los mercados de Asia, Estados Unidos y Europa (Kim *et al.* 2023).

3.4.2 Propiedades del maíz morado

Las antocianinas del maíz tienen capacidad antioxidante y otros efectos biológicos. También poseen una mayor capacidad para eliminar radicales libres que los antioxidantes comunes también mencionar que el maíz contiene muchos metabolitos secundarios como carotenoides y compuestos fenólicos. Además, tiene un alto contenido de pigmentos funcionales en el maíz y en cáscaras (Cai *et al.* 2023).

Posee un alto contenido de compuestos bioactivos, incluyendo compuestos fenólicos considerados antioxidantes, antiinflamatorios y anticancerígenos, por lo que su uso tiene un gran potencial (Guillén *et al.* 2023).

3.4.3 Aplicación en los alimentos

El maíz coloreado se usa ampliamente en la preparación de bebidas y postres tradicionales. El maíz morado se utiliza ampliamente en las industrias alimentaria y farmacéutica debido a la presencia de varios compuestos bioactivos. En los últimos tiempos, varios estudios se han centrado en las variedades de maíz morado debido a su rica fuente de pigmentos de antocianina en la aleurona o pericarpio con reconocidas propiedades promotoras de la salud. Además, el pigmento natural se utiliza en la industria alimentaria para colorear bebidas, gelatinas y dulces (Kim *et al.* 2023).

3.4.4 Producción mundial de maíz morado

Es ampliamente cultivado y consumido a través en la región Andes en Sur América, principalmente en Perú, Ecuador, Bolivia y Argentina. El Perú exportó 0.006755 toneladas de maíz morado por un valor Free On Board (FOB) de US\$12 550 179 en el año 2020, cifras

que evidencian un incremento exponencial desde los 798 810 kilos exportados en 2019 por US\$1 249 588. Las exportaciones del maíz morado tienen como destino principal los Estados Unidos de América, donde se lograron colocaciones por US\$ 6 886 733 (55% del total de envíos), seguido de España con US\$1 693 687 (13%), Ecuador con US\$1 281 573 (10%), Bélgica con US\$637 702 (5%) y otros países con montos menores que sumaron US\$2 050 485 (Rabanal *et al.* 2022).

3.5 Nixtamalización

La nixtamalización es uno de los métodos de procesamiento normales que mejoran la calidad nutricional del maíz y ayuda a desarrollar algunos tipos de alimentos a base de maíz que podrían ser nutritivos y convenientes para su utilización. Durante el proceso, la adición de cal (CaO) y agua a los granos de maíz causa efectos fisicoquímicos significativos en el pericarpio, el germen y el endospermo que contribuyen a mejorar las propiedades nutricionales y sensoriales (Hassan *et al.* 2024).

La nixtamalización fue inventada por los pueblos indígenas mesoamericanos. Esta técnica es la responsable de aumentar el valor nutritivo del maíz al transformarlo en masa. Los productos que se elaboran con esa masa se convierten en excelentes fuentes de calcio, un mineral que el cuerpo necesita para formar y mantener huesos fuertes (FAO 2025).

3.6 Snacks saludables

Estos son productos básicos consumidos en todo el mundo. Los snacks, en particular los elaborados con cereales, ofrecen opciones prácticas y listas para consumir para estilos de vida ajetreados, proporcionando un rápido aporte nutricional. Un snack es una pequeña

porción de alimento consumida entre las comidas principales para obtener energía. Su presencia en la dieta de los adultos ha aumentado en la última década (Boukid *et al.* 2024)

3.6.1 Tendencias actuales

En los últimos años, los consumidores han mostrado un creciente interés en incorporar proteínas vegetales a sus dietas, incluyendo productos de panadería y snacks. Las proteínas vegetales, derivadas de legumbres, frutos secos y semillas, ofrecen una alternativa sostenible y saludable a las proteínas animales tradicionales. Esta tendencia se ve impulsada por el auge de las dietas basadas en plantas y una clara transición hacia fuentes de proteína vegetal (Boukid *et al.* 2024).

Las personas están cambiando sus hábitos alimenticios para priorizar la nutrición, lo que impulsa más investigaciones sobre productos de snacks innovadores y conscientes de la salud. Existe un creciente interés en la industria alimentaria para mejorar las propiedades de los snacks y fortificar estos productos utilizando partes subutilizadas o subproductos de la industria alimentaria (Acharya *et al.* 2025).

3.6.2 Características deseables

La calidad de los snacks se ve ampliamente influenciada por su tasa de expansión, densidad aparente, microestructura y propiedades texturales como la fuerza de ruptura y la textura crujiente. Por lo tanto, la textura y las características físicas son parámetros críticos para la aceptabilidad de los snacks por parte del consumidor. La adición de ingredientes ricos en proteínas y fibra a los snacks extruidos con almidón influye negativamente en estas características texturales y físicas. Se ha demostrado que un aumento del contenido de

proteínas y fibra dietética reduce la tasa de expansión y aumenta la densidad aparente (Delić *et al.* 2023).

3.7 Análisis microbiológicos

Las enfermedades causadas por patógenos alimentarios constituyen una carga importante tanto para consumidores como para operadores de empresas alimentarias. La función de los análisis microbiológicos es la prevención y el control de estas enfermedades son objetivos internacionales de salud pública. Tradicionalmente se han perseguido estos objetivos, en parte, mediante el establecimiento de parámetros tales como el criterio microbiológico, que reflejan los conocimientos y la experiencia de las buenas prácticas de higiene (BPH) y el impacto de los posibles riesgos para la salud de los consumidores (FAO,2019).

3.8 Análisis sensorial

El análisis sensorial se ha definido como la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar esas respuestas a los productos percibidos a través de los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído. El análisis sensorial comprende un conjunto de técnicas para una medición precisa de las respuestas humanas a los alimentos y minimiza los efectos potencialmente sesgados de la identidad de marca y otra información que pueda tener influencia en percepción del consumidor (Pérez 2019).

3.9 Análisis fisicoquímicos

El análisis fisicoquímico es una herramienta multidisciplinaria que fusiona principios físicos y químicos para evaluar las características intrínsecas de las sustancias. En el contexto de la

industria agroalimentaria, este enfoque se convierte en una herramienta precisa. Esto permite identificar la composición molecular de los alimentos, revelando información vital para productores, reguladores y consumidores. Además, gracias a su capacidad para desentrañar los componentes y propiedades de los productos alimenticios, el análisis físicoquímico se ha convertido en un pilar fundamental en la búsqueda de la mejora continua de la calidad y la seguridad en la cadena alimentaria (CTSA 2023).

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación de la investigación

El trabajo de investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Tecnológicas, de la Universidad Nacional de Agricultura, precisamente en el área de la planta de procesamiento de granos y cereales. Ubicada en la carretera hacia Dulce Nombre de Culmi 215, Barrio El Espino, Catacamas, Olancho.



Figura 1: Ubicación de la investigación

4.2 Materiales, equipos e insumos

4.2.1 Materiales

- Recipientes y bandejas
- Fundas de polipropileno
- Moldes
- Lápiz
- Libreta

4.2.2 Equipos

- Balanza
- Molino
- Laminadora
- Deshidratador
- Estufa
- Computadora

4.2.3 Insumos

- Agua
- Maíz morado
- Cáscara de cacao
- Sal
- Goma guar

4.3 Etapa I: Recolección de materia prima

Se recolectó un lote de maíz morado proveniente de la Colonia agrícola en un estado de grano. La cascarilla de cacao se recolectó de los desperdicios de una planta artesanal de chocolate, ubicada en la comunidad de Río Tinto Catacamas, Olancho. Se clasificó aquellos elementos indeseados que se encontraron en la materia prima, tales como piedras, y granos dañados o rotos, así como cualquier objeto extraño que pudiera afectar la calidad del producto. Esto se llevó a cabo mediante una inspección visual minuciosa y un proceso manual de selección. Toda la materia prima se almacenó en la planta de granos y cereales, donde fue el lugar de estudio de este trabajo de investigación.

4.4 Etapa II: Proceso de nixtamalización

Durante el proceso de nixtamalización, se incorporó una solución de agua y cal (CaO) el cual provoca cambios fisicoquímicos importantes en los granos de maíz. Estos granos experimentaron una transformación en su estructura celular, lo que facilitó la eliminación del pericarpio. Además, se mejoró la disponibilidad de nutrientes y se optimizó la textura del producto final. Este procedimiento permitió obtener una masa más maleable y nutritiva, adecuada para diversas preparaciones alimenticias. Los resultados esperados contribuyeron a un producto de mayor calidad nutricional y sensorial. **(Anexo 4)**

4.4.1 Formulación de nixtamalización para un (1) kg maíz morado

Para la elaboración del maíz nixtamalizado se utilizó una proporción específica de ingredientes por cada kg de maíz morado. Se utilizó un 2% de Ca(OH)_2 (cal para alimento), lo que equivale a 20 g por cada 1000 g de maíz. Además, se agregaron 2 L de agua como medio de cocción y remojo. Esta combinación permite llevar a cabo el proceso de

nixtamalización, fundamental para mejorar la textura, sabor y valor nutricional del maíz. Las cantidades están medidas con precisión para asegurar una correcta transformación del grano.

Tabla 1: Formulación de nixtamalización

Descripción	Cantidad	Unidad
Maíz Morado	1000	g
Cal (Ca (OH) ₂)	20	g
Agua	2	L

(Ver Anexo 3)

4.4.2 Formulación de la elaboración del snack

Se muestra la formulación que se utilizó con una cantidad de 454 g para cada muestra para la realización de los snacks tipo nachos, en el que se puede observar que además de la harina de maíz morado nixtamalizado y la harina de cascarilla de cacao, se utilizó como saborizante ajo en polvo y como aditivo goma guar para dar textura a los snacks (Ver Anexo 1).

Tabla 2: Formulación del snack (Ver Anexo 3)

Formulación experimental para elaboración de snack								
Cantidad en (g)	454		454		454		454	
	T1 (0%)		T2 (15%)		T3 (30%)		T4 (45%)	
	g	%	g	%	g	%	g	%
Maíz morado	341	75%	272	60%	204	45%	136	30%
Harina de cascarilla	0	0%	68	15%	136	30%	204	45%
Sal	5	1%	5	1%	5	1%	5	1%
Agua	100	22%	100	22%	100	22%	100	22%
Goma guar	5	1%	5	1%	5	1%	5	1%
Ajo en polvo	5	1%	5	1%	5	1%	5	1%
Total	454	100%	454	100%	454	100%	454	100%

4.4.3 Cocción y reposo

Para procesar el grano de maíz mediante la nixtamalización, se utilizó una proporción de dos litros de agua por cada mil gramos de maíz. Durante este proceso, se agregó un 2% de hidróxido de calcio (Ca (OH)_2) y se sometió a temperaturas de 92 °C durante 40 minutos. Posteriormente el maíz se remojo y se dejó en reposo durante 12 minutos. Para lograr la humedad de saturación en los granos.

4.4.4 Lavado

Después del remojo del maíz, se eliminó el agua residual generada durante la nixtamalización. Luego se lavaron cuidadosamente con agua limpia, lo que permitió retirar el exceso de cal adherida. Este proceso también facilitó la eliminación parcial del pericarpio disuelto. Se garantiza así una mejor calidad sanitaria y organoléptica del maíz. Este paso fue crucial para obtener una masa más homogénea y adecuada para su posterior molienda.

4.4.5 Molienda

El nixtamal de maíz morado se trituro utilizando un molino eléctrico, para reducir el tamaño de las partículas, logrando una masa homogénea y suave. Esta masa fue la base para la producción de la harina de maíz morado que se utilizó en la elaboración de los snacks. Se controló los parámetros de humedad y textura para garantizar la calidad del producto final, optimizando su utilización en la formulación de un snack saludable.

4.5 Etapa III: Mezclado

El grano de maíz nixtamalizado se combinó manualmente con la harina de cascarilla de cacao siguiendo las proporciones establecidas en las formulaciones experimentales. Este proceso garantizará una mezcla uniforme de ambos ingredientes, optimizando las propiedades sensoriales y nutricionales del snack. Se controlaron los tiempos y la intensidad del mezclado para asegurar que la harina de maíz morado y la cascarilla de cacao se integraran de manera adecuada.

4.6 Etapa IV: Laminado y moldeado

Se procedió a depositar la mezcla en recipientes diseñados específicamente para uso alimentario. Utilizando un rodillo, se logró una lámina uniforme con un grosor de 2 mm. Esta lámina fue moldeada cuidadosamente para obtener la forma triangular característica de los snacks, asegurando una presentación coherente con los estándares de calidad. El proceso de moldeado se ajustó para optimizar la consistencia y textura del producto final. Se controló la precisión en el grosor y la forma para garantizar que cada pieza tenga la calidad deseada.

4.7 Etapa V: Deshidratado y enfriamiento

Posteriormente, la lámina moldeada se sometió a un proceso de deshidratado durante 60 min. A una temperatura de 110 °C (Zagaceta et al. 2020). Este paso garantiza que los snacks adquieran una textura crujiente y una cocción uniforme en todo su grosor. Después del deshidratado, se dejó enfriar a temperatura ambiente durante aproximadamente 15 min. Durante este tiempo, se estabilizaron las propiedades físicas y sensoriales del snack, asegurando que mantenga su forma y textura deseada. Este enfriamiento fue crucial para que el producto alcanzara sus características ideales de consumo.

4.8 Etapa VI: Empacado y almacenado

El producto final se empaco cuidadosamente en bolsas de polipropileno aptas para uso alimentario, asegurando que se mantuviera la calidad y frescura del snack. Las fundas fueron selladas herméticamente para evitar la entrada de aire y contaminantes. Posteriormente, los productos empacados se almacenaron en un lugar limpio, seco y libre de humedad, lo que garantizo su conservación a largo plazo. Se controlo la temperatura y las condiciones del lugar de almacenamiento para evitar alteraciones en las propiedades sensoriales y nutricionales del snack.

4.9 Etapa VII: Metodología de evaluación

4.9.1 Análisis microbiológicos

Las pruebas microbiológicas se realizaron antes del análisis sensorial. Los análisis microbiológicos se realizaron en laboratorio nacional de residuos LANAR, ubicado en Tegucigalpa, Francisco Morazán. Se realizo un análisis microbiológico de *Salmonella spp* y *Escherichia Coli*, esto con el fin de asegurar que las muestras no presentaran ningún microorganismo patógeno que pueda perjudicar la salud de los jueces y garantizar que estén aptas para su consumo.

Estos análisis se hicieron según el Reglamento técnico centroamericano los bocadillos y snacks se clasifican dentro del Grupo 15: Bocadillos, boquitas, semillas y nueces. En este caso específicamente en el subgrupo 15.1: frituras y bocadillos(snacks). Para este producto los parámetros microbiológicos son los siguientes:

Tabla 3:Clasificación del alimento según el Reglamento Técnico Centroamericano

15.0. Grupo del Alimento: bocadillos, boquitas, semillas y nueces.

15.1. Subgrupo del alimento: frituras y bocadillos (snacks).			
Parámetro	Categoría	Tipo de riesgo	Límite permitido
<i>Escherichia coli</i>	N/A	C	< 3 NMP/g o < 10 UFC/g
<i>Salmonella</i> spp.	10		Ausencia/25g

(RTCA, 2018).

4.9.2 Análisis sensorial

Se aplico una evaluación sensorial al snack con el objetivo de determinar la aceptación del producto por parte de los consumidores, así como para identificar características que pueden mejorarse. Esta evaluación se basó en la percepción sensorial de los panelistas respecto a atributos como sabor, aroma, textura, color y apariencia general. Se empleo una prueba afectiva utilizando una escala hedónica de siete puntos para llevar a cabo la evaluación sensorial. **(Ver Anexo 2).**

Cada uno de los tratamientos fue presentado a un grupo de cincuenta personas específicamente a panelistas sin entrenamiento, y se les solicitará que den su puntuación a cuatro variables. Los snacks a base de harina de maíz morado nixtamalizado con sustitución parcial de harina de cascarilla de cacao se elaborarán en la planta de granos y cereales de la Universidad Nacional Agricultura, las pruebas sensoriales se aplicarán en Mall Premier Catacamas.

Tabla 4: Escala hedónica de siete puntos.

Puntaje	Significativo
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	Me disgusta poco
4	No me gusta ni me disgusta
5	Me gusta poco
6	Me gusta moderadamente
7	Me gusta mucho

(Ver Anexo 3)

4.9.3 Análisis fisicoquímicos

Con el objetivo de evaluar las propiedades nutricionales y estructurales del snack tipo nacho elaborado con harina de maíz morado nixtamalizado y cascarilla de cacao, se realizaron análisis fisicoquímicos. Estos análisis incluyeron la determinación de varios parámetros claves que permitieron asegurar que el producto final cumpla con los estándares de calidad y aceptabilidad esperados. Por lo cual estos análisis se hicieron según el Reglamento técnico centroamericano (RTC). Se realizó específicamente en el laboratorio químico agrícola FHIA, ubicado Col. Sula 3era Calle Sur Oeste contiguo al Instituto Patria, La Lima, Cortes. Los análisis específicos para realizar son los siguientes:

- **Determinación del contenido de humedad**

Se evaluó la cantidad de agua presente en el producto, lo cual influye en la estabilidad y la vida útil del snack. Un nivel adecuado de humedad también afecta la textura y la crocancia del producto. Método: AACC 44-15A.

- **Determinación del contenido de proteínas**

El aporte proteico del producto, un factor clave para determinar su valor nutricional. Este análisis ayudo a evaluar la calidad nutricional del snack, especialmente debido a los ingredientes como el maíz morado y la cascarilla de cacao. Método: AACC 46-1.

- **Determinación del contenido de ceniza**

Se determino la cantidad de minerales presentes en el snack, lo que proporciono información sobre la calidad y la pureza de los ingredientes utilizados. Este análisis es esencial para conocer la composición mineral del producto. Método: AACC 08-01.

- **Determinación del hierro**

Se evaluó el contenido de hierro, un mineral esencial para la salud humana. El hierro es un nutriente importante, y su presencia en el producto agregará valor nutricional, particularmente derivado de la cascarilla de cacao. Método: AOAC 32.1.09.17.

- **Determinación del Contenido de Grasas y Aceites**

Se evaluó la cantidad de lípidos presentes en el snack. Este componente es crucial no solo por su aporte calórico y su contribución al valor energético del producto, sino también por su influencia directa en la textura, el sabor y la palatabilidad. Un contenido de grasa adecuado es esencial para la sensación en boca del producto y su estabilidad, ya que la oxidación de

lípidos afecta la vida útil y genera rancidez. (Método Soxhlet o similar para la extracción de grasa).

- **Determinación del Contenido de Fibra Cruda**

Se analizó la porción de fibra dietética en el producto, que es un componente importante para la salud digestiva y la sensación de saciedad. Aunque el término "Fibra Cruda" se refiere históricamente a la fracción insoluble después de un tratamiento ácido y alcalino, este parámetro ayuda a estimar el contenido de carbohidratos no digeribles derivados principalmente de las paredes celulares de los ingredientes, como el maíz y la cascarilla de cacao. Método: AOAC 962.09 (Método de digestión ácida y alcalina).

- **Determinación del Contenido de Calcio (Ca)**

Se evaluó el contenido de Calcio, un macromineral vital para la salud ósea y muscular. Su presencia en el snack mejora significativamente el perfil nutricional del producto. La medición precisa del Calcio es fundamental para la correcta declaración nutricional y para resaltar su posible contribución a la ingesta diaria recomendada de este mineral. Método: AOAC 968.08 (Generalmente por Espectrofotometría de Absorción Atómica - AAS, tras una digestión de la muestra).

- **Determinación del Contenido de Fósforo (P)**

Se determinó la cantidad de Fósforo presente, otro mineral esencial que, junto con el Calcio, desempeña un papel clave en la estructura ósea y en procesos metabólicos como la producción de energía (ATP). El Fósforo suele estar presente de manera natural en ingredientes como cereales y derivados del cacao. Método: AOAC 965.17 (Método colorimétrico o espectrofotométrico, a menudo basado en la formación de complejos fosfomolibdicos).

- **Determinación del Contenido de Carbohidratos Totales**

El contenido de Carbohidratos representa la principal fuente de energía del snack. Se calcula por diferencia, restando de 100% el porcentaje de humedad, proteína, grasa y ceniza. Este valor es esencial para la etiqueta nutricional y para evaluar el aporte energético del producto. Método: Cálculo.

- **Determinación del Valor Calórico (Calorías)**

Se estimó el Valor Energético Total del snack, expresado en kilocalorías (Kcal) por cada 100 gramos. Este parámetro es obligatorio para la información nutricional y se calcula utilizando los factores de Atwater (4 kcal/g para carbohidratos, 4 kcal/g para proteínas y 9 kcal/g para grasas). La cuantificación de calorías es fundamental para que el consumidor pueda incluir el snack de manera informada en su dieta. Método: Cálculo.

4.10 Etapa IX: Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño completamente al azar, con la aplicación de tres tratamientos que incorporan distintos porcentajes de harina de cascarilla de cacao (15, 30 y 45%). Para evaluar las posibles diferencias entre tratamientos, se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) de una vía con una prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0.05$), utilizando el software estadístico InfoStat, para identificar qué pares de medias entre los tratamientos son significativamente diferentes entre sí, es decir, cuáles tratamientos difieren de manera real y no solo por azar.

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis microbiológicos

Análisis de E.coli.

Para la detección de microorganismo patógeno *E. coli* en la muestra analizada específicamente a un solo tratamiento ya se consideró que el procesamiento se realizó bajo las mismas condiciones, se utilizó la técnica analítica: método petrifilm 998.08 (método Oficial AOAC). Donde el resultado obtenido fue inferior a < 10 UFC/g. Lo cual indica una baja contaminación por parte de este microorganismo y una buena práctica de higiene durante la elaboración del producto. Este valor está dentro de los límites aceptables establecidos por las normativas sanitarias, lo que garantiza la inocuidad del alimento para el consumo.

Tabla 5: Resultados de recuento de E. coli

Técnica analítica utilizada: método petrifilm 998.08 (método Oficial AOAC)			
Análisis	Resultado	Límite de detección	Criterio de Aceptación y/o Rechazo
Recuento de <i>E. coli</i>	< 10 UFC/g	-----	-----
-----U. L.-----			

(Ver Anexo 6)

Análisis de Salmonella spp

Para la detección de microorganismo patógeno *Salmonella spp* en la muestra analizada, se utilizó la técnica analítica BAM Cap 5. Donde el resultado obtenido fue de ausencia/25g para *Salmonella spp*. Este resultado indica que los tratamientos evaluados cumplen con los requisitos microbiológicos establecidos, al no haber presencia de *Salmonella spp* en la

muestra analizada. Esto garantiza que el uso de las buenas prácticas de manufactura empleadas durante el proceso de elaboración del snack, fueron las más adecuadas. La ausencia de *Salmonella spp.* indica que el snack es apto para el consumo y cumplen con los estándares de calidad según lo que especifica. Reglamento Técnico Centroamericano, (2018).

Tabla 6:Resultados de *Salmonella spp*

Técnica analítica utilizada: BAM cap. 5			
Análisis	Resultado	Límite de detección	Criterio de Aceptación y/o Rechazo
<i>Salmonella spp</i>	Ausencia/25g	-----	-----
-----U. L.-----			

(Ver Anexo 7)

5.2 Análisis sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial indican que, a pesar de las variaciones numéricas en las medias, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los cuatro tratamientos (T1, T2, T3, T4) para ninguno de los atributos evaluados (Sabor, Textura, Color y Aceptación general). Se deriva de la presencia de la misma letra (a) acompañando a todas las medias, lo que anula distinciones en el valor promedio.

El T1 muestra una tendencia de preferencia numérica consistente, registrando las puntuaciones más altas en sabor (5.50) y aceptación general (5.48), lo que lo establece como la opción con la mejor aceptación, aunque no sea estadísticamente superior a los demás. Por el contrario, el T4 obtuvo las puntuaciones más bajas y mostró la mayor dispersión en sabor (± 2.13), señalando un alto desacuerdo entre los panelistas.

Tabla 7: Resultado de la evaluación sensorial

Tratamientos	Sabor	Textura	Color	Aceptación general
T1	5.50±1.82 ^a	4.96±1.96 ^a	5.38±1.66 ^a	5.48±1.58 ^a
T2	4.72±1.86 ^a	5.14±1.67 ^a	5.16±1.82 ^a	5.12±1.47 ^a
T3	4.64±1.85 ^a	5.22±1.57 ^a	5.16±1.94 ^a	4.78±1.71 ^a
T4	4.12±2.13 ^a	5.18±1.51 ^a	5.30±1.76 ^a	4.62±1.94 ^a

Medias con letras en común no son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Para visualizar con mejor claridad la aceptación que tuvieron los snacks con respecto a la evaluación sensorial realizada, se utilizó el criterio de índice de aceptabilidad (IA).

Aceptabilidad de las formulaciones

La siguiente gráfica muestra que el sabor es el factor clave que define la aceptación del snack. El tratamiento T2 es claramente el más aceptado, liderando tanto en sabor (78% de IA) como en aceptación general (74% de IA). En el extremo opuesto, el Tratamiento T4 tiene la menor aceptación general (66%), impulsada por su bajo índice de sabor (59% de IA), indicando un problema significativo en su gusto. Los atributos de textura y color son altamente aceptables (por encima del 70% en todos los casos) y no son factores diferenciadores. Por lo tanto, si bien estadísticamente los cuatro tratamientos son similares, en términos de rendimiento práctico y preferencia por los panelistas, el T2 ofrece la mayor garantía de satisfacción al ser la fórmula que con mayor consistencia agrada a los panelistas.

Índice de aceptabilidad general

$$(\%) \text{ IA} = A * 100/B$$

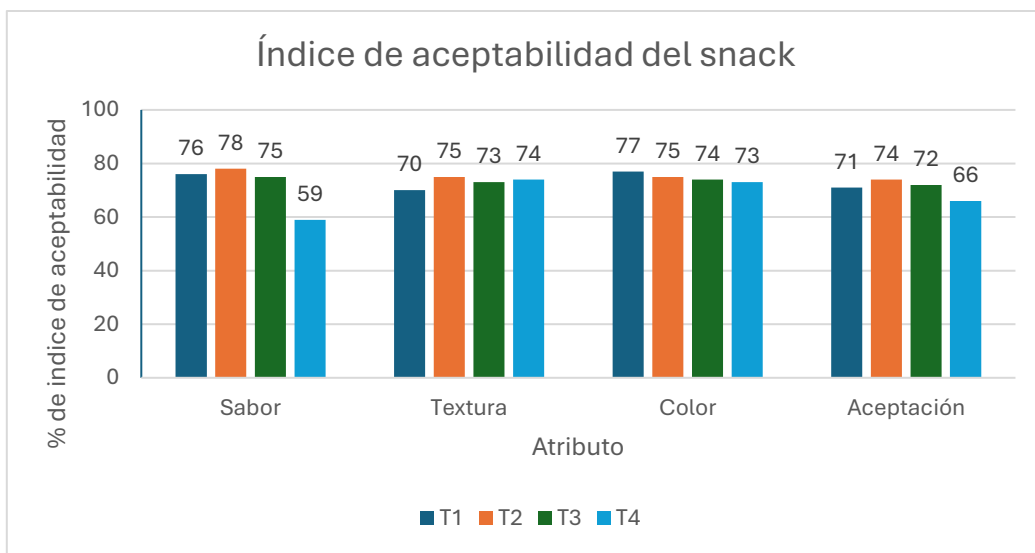


Figura 2: Gráfica de índice de aceptabilidad

5.3 Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos del snack mostraron que el producto presenta una humedad baja (3.60%), lo cual es favorable para su conservación y vida útil. El contenido de grasa (10.01%) y el valor energético (296.42 kcal/100 g) lo posicionan como un snack con buen aporte calórico.

La fibra cruda (0.97%) refleja el aporte nutricional de la cascarilla de cacao, mientras que la ceniza (1.04%) indica la presencia de minerales. Destacan también los niveles de calcio (0.023%) y fósforo (0.08%), que enriquecen el perfil nutricional del producto. En conjunto, estos resultados respaldan el potencial del snack como un alimento con alto valor nutritivo y estable.

Tabla 8:Resultados de análisis fisicoquímicos

Parámetro	Resultados [Base Húmeda]	Método
Humedad	36.01 %	AOAC 950.46
Ceniza	1.49 %	AOAC 942.05
Grasas y Aceites	9.29 %	AOCS Ba 3-38
Fibra cruda	0.67 %	AOAC 962.09
Proteína	10.07 %	AOAC 984.13
Calcio (Ca)	0.023 %	AOAC 968.08
Fósforo (P)	0.08 %	AOAC 965.17
Carbohidratos	43.14 %	Cálculo
Calorías	296.42 Kcal/100 g	Cálculo

(Ver Anexo 8)

VI CONCLUSIONES

- La elaboración del snack dejó como resultado un producto innovador, con un buen valor nutricional y aprovechamiento sostenible de subproductos en este caso la cascarilla de cacao.
- Se determinó que la sustitución del 15% (T2) es el nivel óptimo, ya que niveles superiores (30% y 45%) afectaron negativamente las características organolépticas (sabor y textura).
- La formulación del snack con 15% de sustitución de cascarilla de cacao (T2) alcanzó un 73% de aceptación general.
- El producto cumplió con los parámetros microbiológicos exigidos, demostrando inocuidad al no presentar presencia de *E. coli* (<10 UFC/g) y *Salmonella spp* (Ausencia/25g).
- El snack tiene bajo contenido de humedad 36.01 %, buen aporte energético, 0.67 % de fibra, calcio 0.023 % y fósforo 0.08 %, lo que lo posiciona como un alimento con alto valor nutritivo.

VII RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de vida útil y estabilidad del producto en diferentes condiciones de almacenamiento.
- Promover la utilización de subproductos como la cascarilla de cacao en la industria alimentaria, fomentando la sostenibilidad y el valor agregado.
- Ampliar los análisis nutricionales para evaluar otros micronutrientes de interés (como antioxidantes y polifenoles), aprovechando el potencial del maíz morado y la cascarilla.

VIII BIBLIOGRAFÍAS

Acharya, S; Kalahal, SP; Prajapati, S; Patria, DG; Lin, J. 2025. Utilization of flaxseed by-product to develop a healthy brown rice extruded snack and identification of its physicochemical properties. *Future Foods* 11:100566. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100566>.

Aït-Kaddour, A; Hassoun, A; Tarchi, I; Loudiyi, M; Boukria, O; Cahyana, Y; Ozogul, F; Khwaldia, K. 2024. Transforming plant-based waste and by-products into valuable products using various “Food Industry 4.0” enabling technologies: A literature review. *Science of The Total Environment* 955:176872. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176872>.

Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de los alimentos RTCA 67.04.50:17 Anexo Res. 402-2018 – ARSA. 2025. (en línea, sitio web). Disponible en <https://arsateca.arsa.hn/alimentos-criterios-microbiologicos-para-la-inocuidad-de-los-alimentos-rtca-67-04-5017-anexo-res-402-2018/>.

Baek, S-U; Yoon, J-H. 2025. The mediating role of food insecurity in the relationship between income poverty and depressive symptoms and suicidal ideation: A nationwide study of Korean adults. *Social Science & Medicine* :117972. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2025.117972>.

Barišić, V; Icyer, NC; Akyil, S; Toker, OS; Flanjak, I; Ačkar, Đ. 2023. Cocoa based beverages – Composition, nutritional value, processing, quality problems and new perspectives. Trends in Food Science & Technology 132:65-75. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.12.011>.

Betancourt-Sambony, F; Barrios-Rodríguez, YF; Medina-Orjuela, ME; Gutiérrez-Guzmán, N; Amorocho-Cruz, CM; Carranza, C; Girón-Hernández, J. 2025. Relationship between physicochemical properties of roasted cocoa beans and climate patterns: Quality and safety implications. LWT 216:117320. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.117320>.

Boukid, F; Mefleh, M; Mameri, H; Rosell, CM. 2024. Plant protein innovations in snacks and bakery: Synergy of market trends and scientific advances. Food Bioscience 62:105580. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105580>.

Ca. E, 2025. Honduras alcanza precio récord de \$10,000 la tonelada de cacao (en línea). Centroamérica 360. Consultado 6 abr. 2025. Disponible en <https://www.centroamerica360.com/economia/honduras-alcanza-precio-record-de-10000-la-tonelada-de-cacao/>.

Cai, T; Ge-Zhang, S; Song, M. 2023. Anthocyanins in metabolites of purple corn (en línea). Frontiers in Plant Science 14. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1154535>.

Carvallo, JA. 2020. Tipos de Cacao: Criollo, trinitario y forastero. (en línea, sitio web). Consultado 3 abr. 2025. Disponible en <https://levicechocolat.com/blogs/articulos/tipos-de-cacao-criollo-trinitario-y-forastero-conoces-la-diferencia>.

Delić, J; Ikonić, P; Jokanović, M; Peulić, T; Ikonić, B; Banjac, V; Vidosavljević, S; Stojkov, V; Hadnađev, M. 2023. Sustainable snack products: Impact of protein- and fiber-rich ingredients addition on nutritive, textural, physical, pasting and color properties of extrudates. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 87:103419. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103419>.

Gil-Ramírez, A; Cañas, S; Cobeta, IM; Rebollo-Hernanz, M; Rodríguez-Rodríguez, P; Benítez, V; Arribas, SM; Martín-Cabrejas, MA; Aguilera, Y. 2024. Uncovering cocoa shell as a safe bioactive food ingredient: Nutritional and toxicological breakthroughs. *Future Foods* 10:100461. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100461>.

Guillén Sánchez, JS; Betim Cazarin, CB; Canesin, MR; Reyes Reyes, F; Hoshi Iglesias, A; Cristianini, M; Guillén Sánchez, JS; Betim Cazarin, CB; Canesin, MR; Reyes Reyes, F; Hoshi Iglesias, A; Cristianini, M. 2023. Extraction of bioactive compounds from Peruvian purple corn cob (*Zea Mays* L.) by dynamic high pressure. *Scientia Agropecuaria* 14(3):367-373. Disponible en: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.032>.

Hassan, SM; Forsido, SF; Tola, YB; Bikila, AM. 2024. Physicochemical, nutritional, and sensory properties of tortillas prepared from nixtamalized quality protein maize enriched with soybean. *Applied Food Research* 4(1):100383. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100383>.

Kim, HY; Lee, KY; Kim, M; Hong, M; Deepa, P; Kim, S. 2023. A Review of the Biological Properties of Purple Corn (*Zea mays* L.). *Scientia Pharmaceutica* 91(1):6. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/scipharm91010006>.

Livingston, MS; Bruine de Bruin, W; Wasim, N; Wilson, JP; Lee, BY; de la Haye, K. 2024. Food and Nutrition Insecurity: Experiences That Differ for Some and Independently Predict Diet-Related Disease, Los Angeles County, 2022. The Journal of Nutrition 154(8):2566-2574. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2024.05.020>.

FAO. 2025. Nixtamalización. (en línea, sitio web). Consultado 12 abr. 2025. Disponible en <http://www.fao.org/agroecology/database/detail/es/c/1504710/>.

Rabanal-Atalaya, M; Medina-Hoyos, A; Rabanal-Atalaya, M; Medina-Hoyos, A. 2022. Cultivares de maíz morado de alto rendimiento y contenido de antocianinas en la región Cajamarca, Perú. Revista mexicana de ciencias agrícolas 13(3):381-392. Disponible en: <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2850>.

Aleman, Giselle. Región | Cadena del Cacao. 2019.. Consultado 6 abr. 2025. Disponible en <https://cadenacacaoca.info/region/>.

Rocha, GHAM; de Almeida, MC; da Silva, LLP; Flores, IS; Castiglioni, GL; De Oliveira, TF; Pereira, J. 2025. Propiedades y composición alimentaria de la miel de cacao (*Theobroma cacao* L.): Una investigación integrada. Food Research International 202:115694. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.115694>.

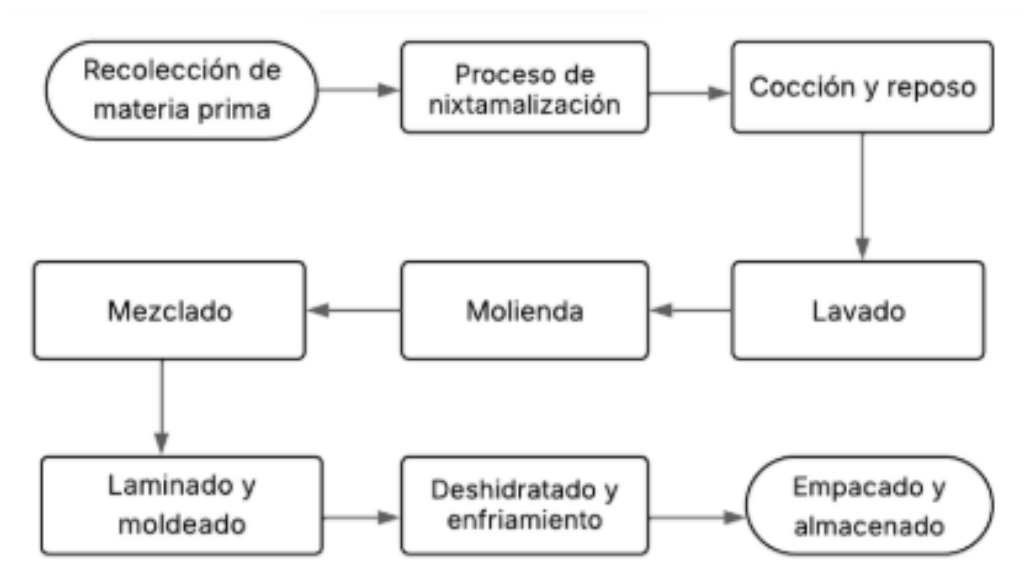
Rocha, GHAM; de Almeida, MC; da Silva, LLP; Flores, IS; Castiglioni, GL; De Oliveira, TF; Pereira, J. 2025. Food-related properties and composition of cocoa honey (*Theobroma cacao* L.): An integrated investigation. Food Research International 202:115694. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.115694>.

Silveira, PT de S; Rodrigues, EP; Ribeiro, APB; Braga, AVU; Martins, MOP; Efraim, P. 2025. Composition and physicochemical properties of cocoa butter and cocoa liquor from two varieties obtained at different harvesting times. Journal of Food Composition and Analysis 139:107122. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.107122>.

Singh, A; Prasad, S; Singh, R; Younis, K; Yousuf, O. 2025. Revolutionizing the supply chain: Cutting-edge strategies and technologies for food waste reduction. Bioresource Technology Reports 29:102047. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2025.102047>.

IX ANEXOS

Anexo 1:Flujograma de proceso del snack.





Anexo 2: Formato de evaluación sensorial

snack a base de harina de maíz morado nixtamalizado con sustitución parcial de harina de cascarilla de cacao.

Universidad Nacional de Agricultura

Facultad de Ciencias Tecnológicas

Fecha ____ / ____ / ____ Edad ____ Sexo: F M

Indicaciones:

Por favor enjuague su boca antes de probar cada una de las muestras que se le presentan, indique su nivel de agrado marcando con el número de puntaje en la casilla en blanco para medir el nivel de aceptación acorde a la muestra que usted considere de su agrado.

Puntaje	Significativo
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	Me disgusta poco
4	No me gusta ni me disgusta
5	Me gusta poco
6	Me gusta moderadamente
7	Me gusta mucho

Código	Calificación para cada muestra			
	Sabor	Textura	Color	Aceptación general

Código	Calificación para cada muestra			
	Sabor	Textura	Color	Aceptación general

Código	Calificación para cada muestra			
	Sabor	Textura	Color	Aceptación general

Código	Calificación para cada muestra			
	Sabor	Textura	Color	Aceptación general

Anexo 3:Base de datos que serán utilizados en el trabajo de investigación

Tabla 1: Formulación de nixtamalización

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/13XS11CFEooNfMtaKassxrVGX-RTbpqEr/edit?usp=sharing&ouid=104600593247197325903&rtpof=true&sd=true>

Tabla 2: Formulación del snack

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/13XS11CFEooNfMtaKassxrVGX-RTbpqEr/edit?usp=sharing&ouid=104600593247197325903&rtpof=true&sd=true>

Tabla 4: Escala hedónica de 7 puntos

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/13XS11CFEooNfMtaKassxrVGX-RTbpqEr/edit?usp=sharing&ouid=104600593247197325903&rtpof=true&sd=true>

Tabla 5: Descripción del diseño experimental

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/13XS11CFEooNfMtaKassxrVGX-RTbpqEr/edit?gid=1813310581#gid=1813310581>

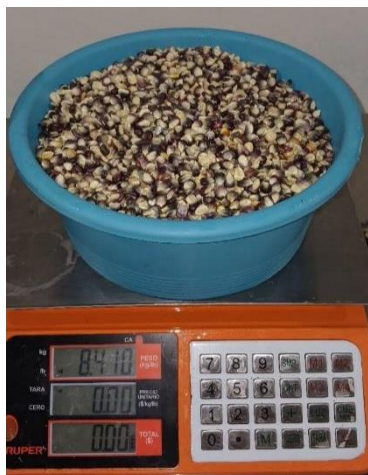
Tabla 6: Cronograma

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/13XS11CFEooNfMtaKassxrVGX-RTbpqEr/edit?usp=sharing&ouid=104600593247197325903&rtpof=true&sd=true>

Tabla 7: Presupuesto

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/13XS11CFEooNfMtaKassxrVGX-RTbpqEr/edit?usp=sharing&ouid=104600593247197325903&rtpof=true&sd=true>

Anexo 4: Proceso de nixtamalización



Anexo 5: Flujo de proceso para elaboración del snack.



Anexo 6: Resultados de recuento de *E. coli*

			
LABORATORIO NACIONAL DE ANÁLISIS DE RESIDUOS INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Recuento de <i>E. coli</i> IRA33			
CÓDIGO DE MUESTRA: 34470-1	TIPO DE MUESTRA: OTROS. Snack, Tortitas de maíz (nachos)		
REMITENTE: Eduardo Roman Diaz Lainez	FECHA DE REMISIÓN: 01 julio, 2025 05:00:00 p.m.		
TELÉFONO: (504)946-92455	FECHA DE RECIBO: 02 julio, 2025 11:23:00 a.m.		
DIRECCIÓN: Universidad Nacional de Agricultura - UNAG - B. El Espino	EMISIÓN DEL RESULTADO: 04 julio, 2025		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	OBSERVACIONES: <10 UFC/g equivale a Ausencia de <i>E. coli</i> en la muestra analizada.		
TEMPERATURA DE MUESTRA: /°C			
EMPAQUE DE LA MUESTRA: Bolsa estéril			
INSPECTOR: N/A			
FECHA Y HORA DEL MUESTREO: N/A			
INICIO DE ANÁLISIS: 02 julio, 2025			
TÉCNICA ANALÍTICA UTILIZADA: Método Perfil 918.08 (Método Oficial AOAC)			
Análisis	Resultado	Límite de detección	Criterio de Aceptación y/o Rechazo
Recuento de <i>E. coli</i>	<10 UFC/g	-----	-----
----- U. L. -----			
Esta muestra fue proporcionada por el cliente; el laboratorio no se hace responsable por el tiempo previo desde la toma de muestra hasta el ingreso al laboratorio; Es responsabilidad del cliente mantener las condiciones ambientales y el traslado correcto de la muestra. La muestra fue acolinada en las instalaciones fijas del Laboratorio.			
  			
Dra. Dora Guadalupe Nuñez Cruz Microbióloga Dra. Faridales Salgado Aguilar Gerente del Laboratorio LANAR Dra. Blanca Margarita Casestillos Gerente de Calidad			
Estos resultados corresponden a la muestra analizada. Prohibida la reproducción de este resultado sin la autorización del Laboratorio LANAR. Resultado original no tiene validez sin firma y sello.			
Page 1 of 1	Fecha de Emisión: 22/01/2024	Versión: 4	
# de Copias: 1	Elaborado por: Dr. Jose Andrade	Revisado por: Dra. Blanca Casestillos	Aprobado por: Dra. Farida Salgado
	Fecha de Elaboración: Diciembre 2023	Fecha de Revisión: Enero 2024	Fecha de Aprobación: 22/01/2024
Col. San José del Pedregal, calle José Azcona, (504) 2245 8081 / (504) 3185-6138			

Anexo 7: Resultados análisis de *salmonella* spp.

  		ORGANISMO INTERNACIONAL REGIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA	
LABORATORIO NACIONAL DE ANÁLISIS DE RESIDUOS INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Aislamiento e identificación de <i>Salmonella</i> spp. (IRA - 27-1)			
CÓDIGO DE MUESTRA: 34470--I REMITENTE : Eduardo Renán Díaz Lainez TELÉFONO : (504) 946-92455 DIRECCIÓN : Universidad Nacional de Agricultura - UNAG - B. El Espino IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: TEMPERATURA DE MUESTRA: -7°C EMPAQUE DE LA MUESTRA: Bolsa estéril INSPECTOR : N/A FECHA Y HORA DEL MUESTREO: N/A INICIO DE ANÁLISIS : 08 julio, 2025 TÉCNICA ANALÍTICA UTILIZADA: BAM Cup 5		TIPO DE MUESTRA: OTROS, Snack, Tostitas de maíz (maíz) FECHA DE REMISIÓN: 01 julio, 2025 05:00:00 p.m. FECHA DE RECIBO: 02 julio, 2025 11:23:00 a.m. EMISIÓN DEL RESULTADO: 11 julio, 2025 OBSERVACIONES: N/A	
Análisis	Resultado	Límite de detección	Criterio de Aceptación y/o Rechazo
<i>Salmonella</i> spp.	Ausencia/25g	100000	100000
..... U. L.			
Esta muestra fue proporcionada por el cliente; el laboratorio no se hace responsable por el tiempo previo desde la toma de muestra hasta el ingreso al laboratorio; Es responsabilidad del cliente mantener las condiciones ambientales y el traslado correcto de la muestra. La muestra fue analizada en las instalaciones fijas del Laboratorio.			
 Dra. Dora Guadalupe Nafiez Cruz Microbióloga			
 Dra. Blanca Castellanos Gerente de Laboratorio LANAR			
 Dra. Farida Salgado Asistente de Calidad			
Estos resultados corresponden a la muestra analizada. Prohibida la reproducción de este resultado sin la autorización del Laboratorio LANAR. Resultado original no tiene validez sin firmas y sello.			
Page 1 of 1 de Copias: 1	Fecha de Emisión: 22/01/2024 Elaborado por: Dr. José Andrade Fecha de Elaboración: Diciembre 2023	Versión: 9 Revisado por: Dra. Blanca Castellanos Fecha de Revisión: Enero 2024	Aprobado por: Dra. Farida Salgado Fecha de Aprobación: 22/01/2024
Cof. San José del Pedregal, calle José Azcona. (504) 2245 8081 / (504) 3185-6138			

CODIGO: ET-41
Versión No. 5
Página 3/3

Col. Sater Bern, calle 30, confluencia al Instituto Patria, La Uru, Panamá

Cliente¹: Doris Jentabel Zavala Mesa	Muestra N°: 0590
Dirección²: Siguatepeque, Comayagua	Fecha de ingreso: 2025/07/31
Contacto³: Doris Zavala	Fecha de Ejecución del Análisis: 2025/08/01 - 27
Entregada Por: Encuestado.	Lugar de Ejecución del análisis: Instalaciones IQA-FHSA
Mra. Recolectado Por: El cliente	Solicitud N°: 48126-8
Plan de muestreo: No Aplica	Factura N°: 26081
Método de muestreo: No Aplica	Informe Lga N°: 281-8/25
Motiv⁴: Nachos	Observaciones: No aplica
Condiciones de recepción de muestra: Cuenta el suficiente, en rose colocada y sellada por el cliente.	
Identificación⁵: Nachos	Fecha de Emisión de Informe: 2025, Septiembre 03

Parámetro	Resultados [Base Húmeda]	Método
Humedad	0.90 %	AOAC 950.46
Ceniza	6.38 %	AOAC 942.05
Grasas y Aceites	10.35 %	AOCS 8a 3-38
Fibra cruda	3.17 %	AOAC 962.09
Proteína	11.45 %	AOAC 984.13
Calcio [Ca]	0.038 %	AOAC 968.08
Fósforo (P)	0.14 %	AOAC 965.17
Carbohidratos	70.62 %	Cálculo
Calorías	422.65 Kcal/100 g	Cálculo

¹Informazioni riservate alla rete di clienti

Materials: (AOAC) Official Methods of Analysis 15th. Edition 1990.

(JAOC) American Oil Chemists' Society, third Edition Vol. 1, 1975.

Andrés Carrillo, Ph. D.

Udet Lab. Químico Agrícola

[illegible]

doi:10.1371/journal.pone.0012635.g002

Los resultados presentados en este artículo se basan en los datos recolectados en los cuestionarios de diagnóstico de las empresas y en los cuestionarios de los líderes. Todos los datos se han tratado de forma anónima.

El consumidor no se hace responsable por la información suministrada por el cliente, ni del uso de la información fuera del alcance previsto (requiere por el consumidor).

Los datos de la encuesta de hogares de la zona censada, obtenidos de la revisión de la muestra, fueron procesados en el año 2004.

Apartado Postal 2067, San Pedro Sula, Cortés, Honduras, C.A.

Tels: (504) 2668-2470, 2668-2877, 2668-2864

Correo electrónico: hia@hia-hn.org

La Lima, Cortes, Honduras, C.A.

 Email: info@this.com
 Website: www.this.org.in
 Facebook: [ThisA](#)
 Instagram: [ThisA](#)