

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN CIENCIA ANIMAL

**PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS**



**DESARROLLO DE UNA TORTILLA DE MAÍZ ENRIQUECIDA CON HARINA DE
CHAPULÍN (*Sphenarium purpurascens*) PARA MEJORAR SUS
CUALIDADES NUTRICIONALES.**

Por:

JOSSELIN OSORIO MEJIA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo Coahuila, México; diciembre 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS

DESARROLLO DE UNA TORTILLA DE MAÍZ ENRIQUECIDA CON HARINA DE CHAPULÍN (*Sphenarium purpurascens*) PARA MEJORAR SUS CUALIDADES NUTRICIONALES.

Presentada por:

JOSSELIN OSORIO MEJIA

Que ha sido aprobada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

El presente trabajo ha sido asesorado y aceptado de acuerdo con el artículo 89 del Reglamento Académico para Alumnos de Licenciatura por el siguiente comité asesor:

M.E LAURA OLIVIA FUENTES LARA

ASESOR PRINCIPAL

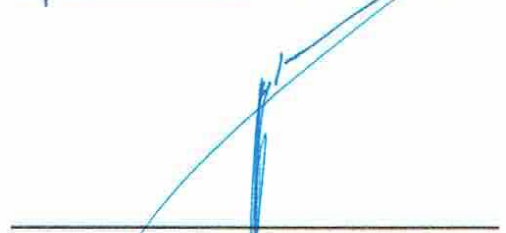
DEPARTAMENTO DE NUTRICION ANIMAL



DR. ADALBERTO BENAVIDES MENDOZA

COASESOR

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



M.C. OSCAR NOÉ REBOLLOSO PADILLA

COASESOR

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



SALTILLO, COAH, MÉXICO, diciembre 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS

DESARROLLO DE UNA TORTILLA DE MAÍZ ENRIQUECIDA CON HARINA DE CHAPULÍN (*Sphenarium purpurascens*) PARA MEJORAR SUS CUALIDADES NUTRICIONALES.

Presentada por:

JOSSELIN OSORIO MEJIA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Con la participación en la ejecución técnica de este proyecto de investigación:

T.A. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel

Saltillo, Coahuila, México; diciembre 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS

DESARROLLO DE UNA TORTILLA DE MAÍZ ENRIQUECIDA CON HARINA DE CHAPULÍN (*Sphenarium purpurascens*) PARA MEJORAR SUS CUALIDADES NUTRICIONALES.

Presentada por:

JOSSELIN OSORIO MEJIA

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



M.E. LAURA OLIVIA FUENTES LARA

PRESIDENTE



DR. ADALBERTO BENAVIDES MENDOZA

VOCAL



M.C. OSCAR NOÉ REBOLLOSO PADILLA

VOCAL



M.C. PEDRO CARRILLO LÓPEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



Saltillo, Coahuila, México; diciembre 2023

DEDICATORIA

Dedico este presente trabajo a ustedes que creyeron en mí; incluso cuando yo dudaba de mis propias capacidades. Su fe me impulsó a alcanzar metas que nunca imaginé que fueran posibles. A ustedes que son lo más importante de mi vida.

A MI HERMANO:

Daniel Osorio Mejía

A MI MADRE:

Ana María Mejía Alonso

A MI TIO:

Fredy Mejía Alonso

A MI PAREJA:

Gustavo Misael Rodríguez Díaz

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Eternamente gracias por darme salud, sabiduría y por permitirme llegar hasta donde estoy en estos momentos, gracias por protegerme durante mi camino, así como también darme mucha fuerza para superar todos los obstáculos y dificultades en este trayecto de mi vida. Gracias Dios por ser mi mayor fortaleza, sobre todo gracias por bendecirme día con día de mi vida.

A MI HERMANO: DANIEL OSORIO MEJIA

El pilar más grande de mi vida, mis logros, mis metas, todo es inspirado en ti y por ti, nunca existirá nada con que compensar todo ese apoyo incondicional que me brindaste, a ti que confiaste en mi desde un principio. Gracias por todos los esfuerzos y sacrificios que has pasado para darme lo mejor, por ti daría lo que fuera, eres el amor de mi vida y mi razón de existir.

TE AMO

A MI MADRE: ANA M. MEJIA ALONSO

A el amor de mi vida y la persona más importante en vida, especial y sobre todo a la que amo con toda el alma, gracias por enseñarme los valores de la vida, sobre todo por enseñarme a luchar por lo que se quiere. Eternamente gracias por ser esa magnífica persona que se esforzó ante todo para ser madre y padre al mismo tiempo. A usted que contra viento y marea lucho por hacer de mí una excelente persona.

TE AMO

A MI TIO: FREDY MEJIA ALONSO

Al mejor tío del mundo, no solo eres mi tío si no también un padre para mí, me brindaste todo tu cariño incondicional cuando más lo necesite, gracias por todas esas risas, de verdad gracias por ser parte de mi vida. Eres muy importante en mi vida y mi ejemplo a seguir.

TE AMO

A MI PAREJA: G. MISAEEL RODRIGUEZ DIAZ

A ti siendo mi mayor motivación e inspiración en mi vida, gracias por entenderme en todo momento, te agradezco por tantas ayudas y tantos aportes en mi vida. Eternamente gracias por siempre preocuparte por mí en cada instante y siempre ver lo mejor para mí porvenir. Me siento bendecida de contar contigo en mi vida, de verdad eres una persona fundamental para mí, siendo el amor de mi vida.

TE AMO

A MI TIO: JOSELUIS MEJIA ALONSO

Gracias, tío por el apoyo que me brindo, es un ejemplo a seguir. Lo quiero mucho y siempre estaré agradecida por todo.

A LA FAMILIA MEJIA ALONSO

A ustedes gracias por sus pláticas que me brindaron, gracias por aquellos momentos felices. Los quiero profundamente y que siempre estaré agradecido por todo lo que han hecho por mí.

A LA FAMILIA RODRIGUEZ DIAZ

A ustedes que me recibieron y me abrieron las puertas de su casa, gracias por todos esos momentos felices, por esas grandes pláticas, por sus consejos y ayuda en general. Gracias por permitirme ser parte de su familia. Los quiero mucho y sobre todo los admiro.

A MI ALMA TERRA MATER

Mi nido quien me abrió las puertas desde el comienzo de esta carrera, lugar que me brindo todo lo necesario para formarme y prepararme profesionalmente, aquí fue donde adquiriré todo lo necesario. Muchas gracias

A MIS ASESORES

Principalmente a mi asesora M.E Laura Olivia Fuentes quien me brindo su confianza y esa oportunidad en este desarrollo de trabajo de tesis, gracias por todo ese apoyo,

paciencia y conocimiento que me adquirió, a quien admiro por su alto potencial. Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza y a M.C Oscar Noé Reboloso Padilla quienes me aportaron sus conocimientos para el trabajo final, son grandes investigadores y admiro mucho eso de ellos. A T.L.Q Carlos Arévalo quien me ayudo en las técnicas del laboratorio, gracias por brindarme todo su conocimiento y así el experimento saliera como se esperaba.

A MIS AMIGAS

A Jacqueline Arrendo Ramírez, Elizabeth Vázquez Jiménez y Ana Luisa Torres Ruiz muchas gracias por su apoyo en este trayecto de la carrera, sus ánimos, abrazos, y por brindarme esa fortaleza para esos momentos difíciles, gracias por esas experiencias increíbles. A ustedes que se convirtieron en mi familia en esta etapa universitaria. Las quiero mucho.

A MIS PROFESORES

A ustedes quienes me brindaron su profesionalismo y conocimiento para prepararme día con día, gracias por sus grandes enseñanzas.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO

Por medio de la presente, yo Josselin Osorio Mejía, estudiante egresado de la carrera de Ingeniería en Ciencia y Tecnología de Alimentos manifiesto que he realizado mi trabajo de tesis denominada "Desarrollo de una tortilla de maíz enriquecida con harina de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) para mejorar sus cualidades, nutricionales" como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos, declaro que este trabajo ha sido desarrollado íntegramente y afirmo que no existe plagio de ninguna naturaleza. Así mismo dejo constancia de que las citas de los autores han sido debidamente identificadas, por lo que no se asumen como propias las ideas obtenidas de las diversas fuentes.



M.E Laura Olivia Fuentes Lara
ASESOR



Josselin Osorio Mejía
ALUMNO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE CUADROS	III
ÍNDICE GRAFICO	V
RESUMEN	VI
I.INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN	3
1.2 OBJETIVO GENERAL	4
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
II.REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 ZIMATLÁN DE ÁLVAREZ (VALLES CENTRALES)	5
2.1.1 UBICACIÓN GEGRÁFICA	5
2.1.2 CLIMA	6
2.2 CHAPULÍN (<i>SPHENARIUM PURPURASCENS</i>)	6
2.2.1 DEFINICIÓN	6
2.2.2 ALIMENTO PROTEICO	7
2.2.3 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	8
2.2.4 BIOLOGÍA Y CICLO DE VIDA	9
2.3 TORTILLA DE MAÍZ	12
2.3.1 DEFINICIÓN	12
2.3.2 GENERALIDADES	13
2.3.3 PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN	13
2.3.4 MASA DE MAÍZ	15
2.3.5 VALOR NUTRIMENTAL TORTILLA	15
III.MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 LOCALIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL	16
3.2 MATERIA PRIMA UTILIZADA	16
3.3 MATERIALES UTILIZADOS	16
3.4 EQUIPOS UTILIZADOS	17
3.5 REACTIVOS UTILIZADOS	18
3.6 ETAPA 1: FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE LA TORTILLA	19

3.6.1	OBTENCIÓN DE HARINA DE CHAPULIN	19
3.7	ETAPA 2: CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA TORTILLA	22
3.7.1	PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA SU POSTERIOR ANÁLISIS	22
3.7.2	DETERMINACIÓN DE HUMEDAD	23
3.7.3	DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES	24
3.7.4	DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO O GRASA BRUTA MÉTODO SOXHLET	25
3.7.5	DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA	26
3.7.6	DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA MÉTODO MACROKJELDHAL	28
3.7.7	DETERMINACIÓN DE MINERALES: MÉTODO HÚMEDO	30
3.7.8	DETERMINACIÓN DEL EXTRACTO LIBRE DE NITRÒGENO (ELN)	31
3.7.9	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO CALÓRICO (KCAL)	32
<u>IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>		33
4.1	HUMEDAD Y MATERIA SECA TOTAL	34
4.2	CENIZATOTAL	35
4.3	EXTRACTO ETÉREO O GRASA TOTAL	36
4.4	FIBRA CRUDA	36
4.5	PROTEÍNA CRUDA	37
4.6	EXTRACTO LIBRE DE NITRÒGENO (CARBOHIDRATOS)	38
4.7	CONTENIDO CALÓRICO	39
4.8	MINERALES (Zn) (Fe) (Ca) (K) (Na)	40
<u>V.CONCLUSIONES</u>		45
<u>VI.BIBLIOGRAFÍA</u>		46

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN ZIMATLÁN DE ÁLVAREZ	5
FIGURA 2. CHAPULÍN <i>SPHENARIUM PURPURASCENS</i>	6
FIGURA 3. ALIMENTO SUSTENTABLE	7
FIGURA 4. CHAPULINES MAYOR PROPORCIÓN DE PROTEÍNA	8
FIGURA 5. REPRESENTACIÓN DE 5 ESTADOS NINFALES	12
FIGURA 6. TORTILLAS DIFERENTES TIPO MAÍZ	13
FIGURA 7. PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN	14
FIGURA 8. CHAPULÍN EN CHAROLA DE ALUMINIO	20
FIGURA 9. PESO DE MASA DE MAÍZ	21
FIGURA 10. IDENTIFICACIÓN DE TORTILLAS CON FORMULACIÓN CORRESPONDIENTE	22
FIGURA 11. MOLIENDA FINA DE CADA FORMULACIÓN.	23
FIGURA 14. EQUIPO SOXHLET	26
FIGURA 15. APARATO DE REFLUJO LABCONCO	28
FIGURA 15. TITULACIÓN DE DESTILADO HASTA OBTENER COLOR ROSA PÁLIDO	30
FIGURA 16. FILTRACIÓN CON PAPEL FILTRO SIN CENIZAS N° 42	31

ÍNDICE DE CUADROS

<u>CUADRO 1. MATERIALES UTILIZADOS</u>	<u>16</u>
<u>CUADRO 2. EQUIPOS UTILIZADOS</u>	<u>18</u>
<u>CUADRO 3. REACTIVOS UTILIZADOS</u>	<u>18</u>
<u>CUADRO 4. FORMULACIONES DE CHAPULÍN Y MASA DE MAÍZ</u>	<u>19</u>
<u>CUADRO 5. COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LAS VARIABLES, CONCENTRACIÓN DE CHAPULÍN</u>	<u>33</u>
<u>CUADRO 6. RESULTADOS DE MATERIA SECA TOTAL Y HUMEDAD</u>	<u>34</u>

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<u>GRÁFICO 1. COMPARACIÓN DE MEDIAS DE CENIZA TOTAL; FORMULACIONES DE CHAPULÍN</u>	35
<u>GRÁFICO 3. COMPARACIÓN DE MEDIAS DE FIBRA CRUDA; FORMULACIONES DE CHAPULÍN</u>	37
<u>GRÁFICO 4. CONTENIDO DE MEDIA DE PROTEÍNA CRUDA; FORMULACIONES DE CHAPULÍN.</u>	38
<u>GRÁFICO 5. CONTENIDO DE MEDIA DE ELN (CHO); CONCENTRACIÓN DE CHAPULÍN.</u>	39
<u>GRÁFICO 6. CONTENIDO DE MEDIA DE KCAL (CONTENIDO CALÓRICO); CONCENTRACIÓN DE CHAPULÍN.</u>	40
<u>GRÁFICO 7. COMPARACIÓN DE MEDIA DE ZINC (ZN); FORMULACIÓN DE CHAPULÍN</u>	41
<u>GRÁFICO 8. COMPARACIÓN DE MEDIAS DE HE (HIERRO); FORMULACIÓN CHAPULÍN</u>	42
<u>GRÁFICO 9. COMPARACIÓN DE MEDIDAS DE CA (CALCIO); FORMULACIÓN CHAPULÍN</u>	43
<u>GRÁFICO 10. COMPARACIÓN DE MEDIAS K (POTASIO); FORMULACIÓN CHAPULÍN</u>	44

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con la finalidad de desarrollar una tortilla de maíz enriquecida con harina de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) para mejorar sus cualidades, en diferentes formulaciones para determinar sus contenidos y valor nutricional

Sé realizaron distintas formulaciones de maíz y harina de chapulín con porcentaje de 0, 4, 6, 8 y 10 %.

Sé realizó la caracterización química (% MST, %H, %C, %PC, %EE, %FC, %ELN, kcal/100 g, minerales: %K, % Ca, mg/L Zn y Fe) de las distintas formulaciones de maíz nixtamalizado y harina de chapulín. Se analizaron los resultados mediante un paquete estadístico y se compararon los resultados encontrando que la formulación con 10 % de harina de chapulín es la mejor opción en cuanto al contenido de nutrientes, obteniendo: 6.39 % de cenizas, 17.01 % de proteína cruda, 7.76 % de extracto etéreo, 7.73 % de fibra cruda, 84.09 % de ELN o carbohidratos y un contenido calórico de 406.00 kcal/100 g. En cuanto a los minerales se obtuvo también que la mejor formulación fue la del 10% de harina de chapulín obteniendo: 0.83% de potasio (K), 0.56% de calcio (Ca), 38.33 ppm de zinc (Zn) y 136 ppm de hierro (Fe).

Palabras clave: Harina de Chapulín, tortilla, formulaciones

Correo electrónico: josse.2001.bb@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

La tortilla de maíz ha sido desde tiempos antiguos, hasta la actualidad, una alimentación de las familias mexicanas. Así como también ha sido un plato de masa de maíz cocida variando sus dimensiones, en atención al procedimiento a través del cual se fabrican, distinguiendo tres sistemas, el sistema milenario artesanal, el mecanizado y el tipo industrial.

El principal componente de las tortillas son los carbohidratos, que oscilan entre el 44.08 % y el 87.56 % esto se basa dependiendo de condiciones de nixtamalización, así como también del tipo de maíz (Escalante, 2020). La tortilla sola provee 38.8 % de las proteínas, 45.2 % de las calorías y 49.1 % del calcio de la dieta diaria de la población de México y en zonas rurales provee aproximadamente el 70 % del total de calorías y el 50 % de las proteínas ingeridas diariamente (González Hernández, y otros, 1997).

Por tal forma existe una dieta de la población particular forma parte de la memoria colectiva, no solo especifica la ingesta de los alimentos si no también expresa también relaciones socioeconómicas (Luna Guevara, 2016). También se realizan estrategias para una modificación o enriquecimiento que benefician a las poblaciones que sufren de desnutriciones, esto realizándolo a base de mejoramientos de la calidad de la tortilla o para los alimentos que complementan la mayor cantidad de las dietas (Lanchance, 1972).

Uno de los principales problemas que afecta a nuestro país es la falta de una buena nutrición. De acuerdo con Ramírez, en México se presentan 4 tipos de alimentación: buena, regular, mala y muy mala, observándose principalmente en algunos estados serias carencias dietéticas, ya que no se cubren los requerimientos necesarios en los diversos nutrimentos. La mala nutrición ha originado la existencia de desnutrición entre los habitantes de las áreas rurales a pesar de que gran parte hacen acopio de varios recursos silvestres tanto de

origen vegetal como animal, entre los que se encuentran los insectos (Ramos-Elorduy, 2001).

Los chapulines es una plaga devastadora para los cultivos en el centro y sur de México, pero la recolectan como un recurso alimentario en dichas zonas, es una fuente sana, sustentable, así como bajo costo y sobre todo no es contaminante ni para la salud, si para el medio ambiente. Podría ayudar a combatir la desnutrición y la obesidad en el país, así como tal ayudaría a reducir el consumo de la carne convencional y a bajar la emisión de gases de efecto invernadero generados por las actividades ganaderas (Guzmán, 2018).

Los chapulines contienen nutrientes como proteínas, calcio, hierro, niacina, riboflavina y fósforo, esto hace que se consideren como un alimento con alto aporte nutricional y, por lo tanto, poseen un gran valor. Ello les confiere una alternativa para la alimentación en las comunidades rurales de México que sufren de carencias alimenticias. Por otro lado, se les ha considerado como el alimento del futuro (Villanueva Acatitlán, 2019).

Estos insectos además de ser fuente de vitaminas como la riboflavina, el ácido pantoténico, la biotina y en algunas excepciones el ácido fólico (Rumpold y Schlüter, 2013). En comparación con la carne de cerdo y bovina, contienen más calcio, zinc y hierro, lo que significa que su consumo puede considerarse como una alternativa real para vencer la hambruna oculta presente en la mayoría de los países en desarrollo (Sirimungkararat et al., 2010; Gibson, 2015), donde la prevalencia de personas con deficiencia de zinc y hierro se sitúa entre 17 y 25 %. Adicionalmente, debido a los bajos niveles de sodio presente en los insectos comestibles, este tipo de alimento puede llegar a incorporarse fácilmente en la dieta de personas con hiponatremia (Rumpold y Schlüter, 2013).

El chapulín como alimento permitirá reducir el número de insectos que dañan a los cultivos, es una muy buena fuente de alimentación humana como animal, en caso de zonas rurales que es donde se consume con mayor proporción ayudara a reducir aquellas desnutriciones, tomando en cuenta su calidad nutritiva tanto

como su buena presentación y sabor. Tomando en cuenta que para su recolecta no se necesita de mucha tecnología (Basilio y otros, 2009).

1.1 JUSTIFICACIÓN

Existe una cuestión de que uno de los principales alimentos en el pueblo mexicano es la tortilla de maíz, consideramos que su consumo es altamente significativo en poco más de un 90 % de la población y esto se convierte a un alimento acompañante de la mayoría de las comidas.

Para ello la tortilla de maíz, tiene un contenido de minerales como calcio, magnesio y potasio, así como también es una fuente de energía por la vitamina B1 que contiene el maíz, como también fibra y lípidos. Por lo que al maíz le hace falta complementar sus nutrientes, como el caso de la proteína, no es suficiente como debería de aportar para el complemento adecuado que requiere el ser humano.

Debido a lo mencionado anteriormente se desarrolla el siguiente proyecto, donde se realiza un enriquecimiento de harina de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) a la tortilla de maíz, y una caracterización química para verificar y diferenciar dichos nutrientes que contiene cada uno.

La tortilla de maíz enriquecida con harina de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) aporta una gran cantidad de proteína y como bien sabemos la proteína es una fuente principal en nuestro cuerpo tanto para el desarrollo de niños, adolescentes y mujeres embarazadas; es una manera muy natural hasta cierto modo porque los chapulines son insectos que hacen una gran diferencia que otro tipo de carnes, y su contenido nutrimental aporta beneficios, considerando que el chapulín es una carne proteica, sana, sustentable, y hasta cierta forma ayuda a no contaminar.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una tortilla de maíz enriquecida con harina de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) en diferentes concentraciones para determinar sus contenidos y valor nutricional.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las formulaciones de harina de chapulín para la elaboración de la tortilla.
- Elaborar las tortillas con las diferentes formulaciones.
- Realizar caracterización química de cada una de las formulaciones de masa de maíz nixtamalizado y harina de chapulín para determinar sus cualidades nutritivas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ZIMATLÁN DE ÁLVAREZ (VALLES CENTRALES)

2.1.1 UBICACIÓN GEGRÁFICA

El municipio de Zimatlán de Álvarez se localiza al sureste en la región de los valles centrales en el estado de Oaxaca y el distrito al que pertenece es Zimatlán. Para poder trasladarse a la ciudad de Oaxaca de Juárez se recorre alrededor de 30 kilómetros de distancia. El mapa de la República Mexicana señala que dicho municipio está ubicado entre los paralelos 16° 52' latitud norte y entre los meridianos 96° 47' longitud oeste. Los Límites que tiene con otros lugares son: al norte con el municipio de Ciénega de Zimatlán, al oeste con Vigalo, al sur con San Nicolás Quialana y San Pedro Huixtepec (Municipios. Mx, 2023).

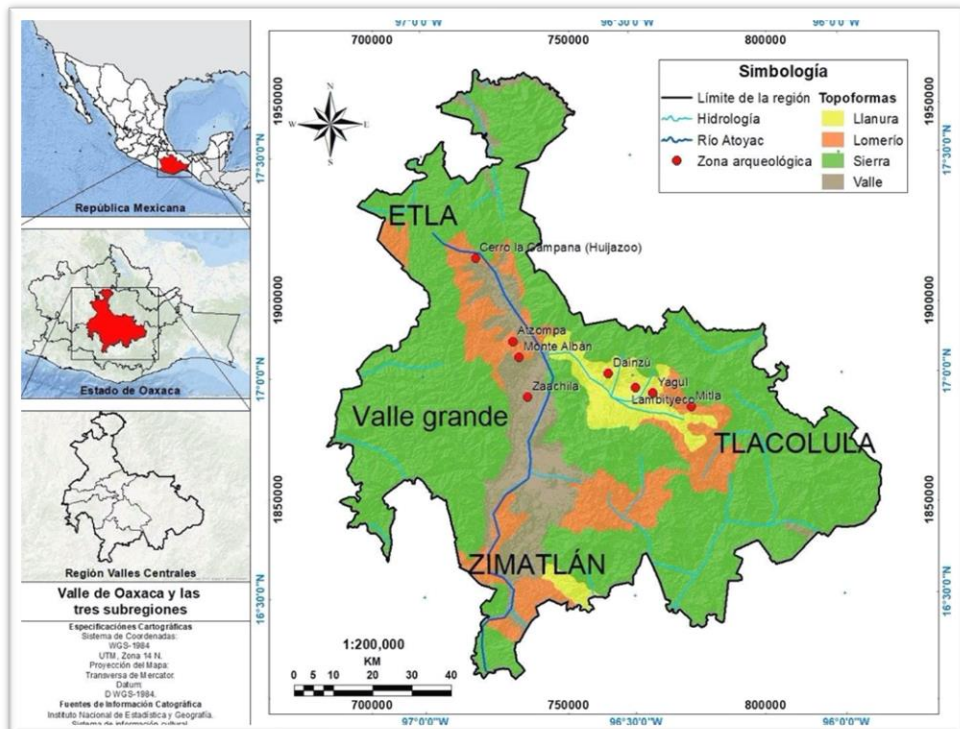


Figura 1. Localización Zimatlán de Álvarez

Fuente: <https://www.redalyc.org/journal/6040/604071867005/movil/>

2.1.2 CLIMA

Templado subhúmedo con lluvias en verano, más húmedo (38.59 %), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, más húmedo (22.11 %), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, menos húmedo (15.47 %), templado húmedo con abundantes lluvias en verano (15.36 %), semiseco semicálido (5.04 %) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (3.43 %) (DIGEPO, 2015).

2.2 CHAPULÍN (*Sphenarium purpurascens*)

2.2.1 DEFINICIÓN

Sphenarium purpurascens es un insecto polífago (Figura 2), se alimenta del follaje de los cultivos y también de especies silvestres como pastizales y árboles en potreros y agostaderos.

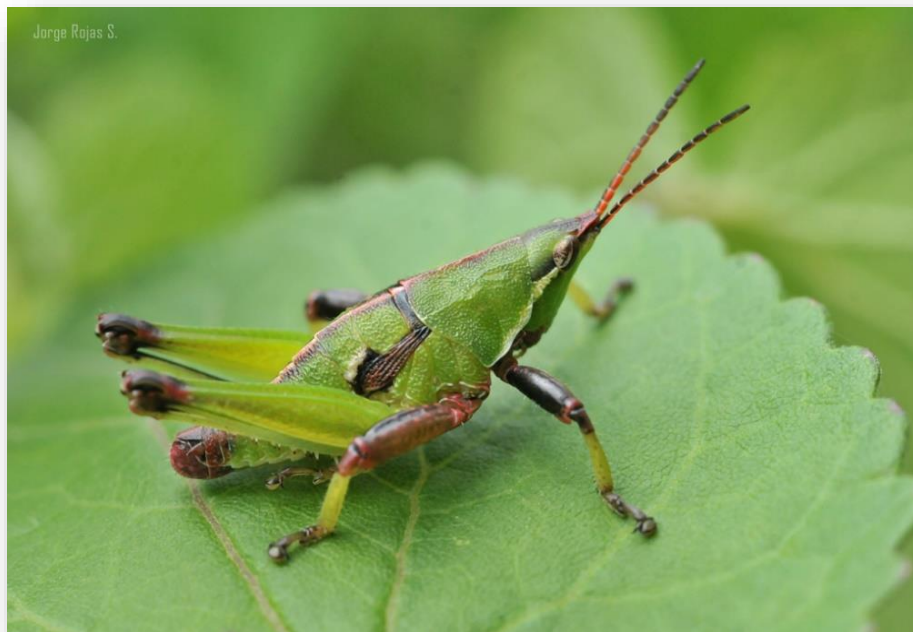


Figura 2. Chapulín *Sphenarium purpurascens*

Fuente: <https://colombia.inaturalist.org/taxa/293451-Sphenarium-purpurascens>

2.2.2 ALIMENTO PROTEICO

La proporción de material digerible y la presencia de todos los aminoácidos en *S. purpurascens* hacen que sea un alimento proteico de alta calidad. Contiene 53.17 por ciento de proteína cruda, 4.13 % de grasas, 2.31 % de carbohidratos y 19.5 % de fibra cruda

Un kilo de chapulín de milpa incluso puede contener el doble de proteína que un kilo de carne convencional (res, cerdo y pollo), y comparado con el del atún u otro pescado, su valor proteico es similar. Asimismo, tiene una gran cantidad de minerales y vitaminas, y es más bajo en grasas que la carne magra. Su exoesqueleto, formado por quitina, funciona como fibra y es benéfico para la microbiota del ser humano (Guzmán, 2018).

Esto debido a que la potencia de su aporte nutricional incrementa el contenido de proteínas, aporta minerales esenciales, actúa como fibra y contiene proteínas solubles, entre otros. Con el propósito de aportar opciones de alimentación sustentable para las familias de México (Figura 3) (Corona, 2022).



Figura 3. Alimento Sustentable

Fuente: <https://www.reporteindigo.com/piensa/chapulines-clave-de-un-consumo-sustentable-aporte-nutricional/>

Comer chapulines podría ayudar a combatir el problema de la desnutrición y la obesidad, ya que tienen un contenido muy alto de micronutrientes, lo que ayuda

a solventar carencias nutricionales. La UNAM asegura que un kilo de chapulines puede tener hasta el doble de proteína que un kilo de carne (Figura 4), además de tener menos grasa que la carne magra.

Otra ventaja de comer estos insectos es que se disminuye la emisión de gases que provocan el efecto invernadero generado por el ganado. Por su bajo costo y contenido nutricional, los chapulines son una buena opción para la alimentación (Universal, 2018).

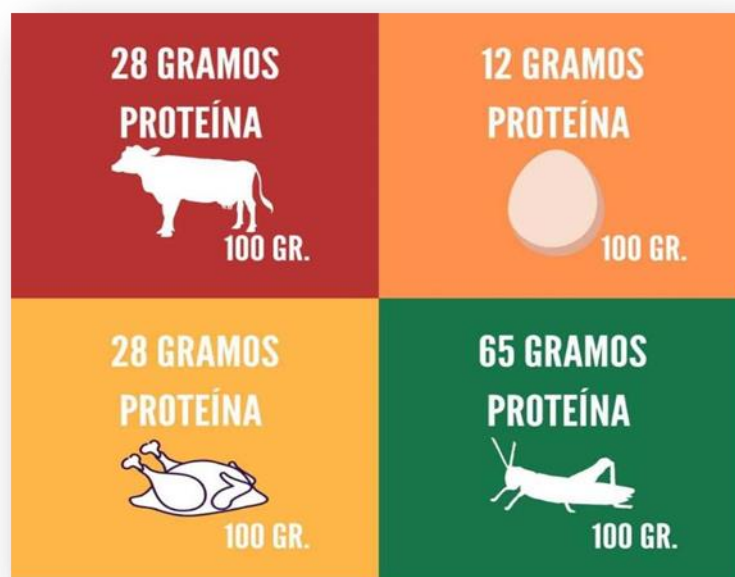


Figura 4. Chapulines mayor proporción de proteína

Fuente: <https://conecta.tec.mx/es/noticias/puebla/emprendedores/canto-de-proteina-exatec-innova-con-alimentos-de-harina-de-grillo>

2.2.3 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El chapulín de la milpa se encuentra distribuido en México y Guatemala. En México esta especie está presente en los estados de Chiapas, Oaxaca,

Veracruz, Guerrero, Puebla, Michoacán, Guanajuato, Jalisco, Tlaxcala, Nayarit, D.F., Morelos, Querétaro, Colima, Hidalgo y Tabasco (CESAVEG, 2010).

2.2.4 BIOLOGÍA Y CICLO DE VIDA

Huevecillo: Los huevecillos miden 0.4 mm de longitud, son ovalados y con los extremos aguzados; presentan una coloración pardo brillante, mientras que en sus polos (extremos) se encuentran más oscurecidas. La membrana de cada huevecillo, observada al microscopio, presenta una cubierta que está compuesta de numerosas cavidades de estructura de tipo hexagonal, como se observa en un panal de avispas. La cantidad de huevos contenidos puede oscilar en promedio de 29 a 31 (Serrano y Ramos 1990; Alfaro, 1995).

Ninfas: *Sphenarium purpurascens* presenta cinco estadios ninfales (Figura 5). Primer estadio (Ninfa 1), las ninfas son muy pequeñas (0.6 +/- 0.1 mm), de coloración pardo muy pálido con manchas a manera de puntuaciones de tipo circular de color pardo oscuro, negro o ambos, distribuidas uniformemente en todo el cuerpo; éste es fusiforme, con la cabeza proporcionalmente más grande que el resto del cuerpo en el que destacan los ojos por su dimensión. Las antenas se notan más gruesas en proporción al cuerpo y constan de 8 artejos; los tres pares de patas son delgados y presentan hileras de pequeñas espinas. Las uñas de los tres pares de patas están bien desarrolladas, presentan una en cada lado del último segmento tarsal. Los segmentos abdominales son muy pequeños, pero ya presentan cercos en la parte terminal. El sexo puede identificarse, sobre todo en los machos, en los que se ve claramente la placa subgenital; en las hembras, en cambio, las valvas apenas se distinguen.

Segundo estadio (Ninfa 2), las ninfas son semejantes a las del primer estadio, miden de 0.8 +/- 0.3 mm, el cuerpo también es fusiforme, pero con la cabeza un poco más alargada. La coloración parda pálida se torna más oscura y las manchas del cuerpo se vuelven más evidentes; las antenas son más oscuras en la parte dorsal que la ventral y también constan de 8 artejos. En la tibia de cada pata, las dos hileras de espinas se van engrosando de la parte basal a la distal, en donde al final de cada hilera se observan dos

espolones; las uñas de los tarsos están más desarrolladas. Tercer estadio (Ninfa 3), el aspecto general de las ninfas es muy semejante al del segundo estadio, miden de 10.0 +/- 1.2 mm. Las manchas oscuras de la cabeza y cuerpo, son de forma irregular y variada en tamaño, sin un patrón de coloración definido, entre tonalidades de color verde, amarillo, gris, pardo o negro, en diferentes proporciones y diferentes partes del cuerpo. Las manchas de las antenas se hacen más evidentes; los ojos, muy prominentes, también llegan a presentar pigmentación, sin un patrón definido. Los esbozos alares aparecen en forma de almohadillas ovaladas, en la parte lateral del tórax, en la unión de la coxa con el metatórax. Las patas se ven más largas y la mancha parda, de la parte distal de las tibias se acentúa. Los genitales aumentan de tamaño, facilitando la diferenciación del sexo.

Cuarto estadio (Ninfa 4), el cuerpo de estas ninfas sigue siendo fusiforme, pero se observa un poco más ensanchado en la parte media, miden 16 +/- 0.2 mm; presentan un aspecto más robusto y una coloración más definida, aunque la forma y color de las manchas varía mucho de un individuo a otro. Las antenas ya presentan los 14 artejos; los ojos presentan, en algunos casos, rayas de color pardo alternantes con amarillo sobre un fondo pardo claro. Los esbozos alares han crecido en forma de almohadillas más finas y de color pardo oscuro, esta coloración es variable entre los individuos y se encuentran ya fuera de la cobertura del pronoto. Las patas se vuelven más vigorosas aumentando de grosor, sobre todo las del tercer par; las espinas de las patas se engrosan más. Los genitales externos se hacen más evidentes.

Quinto estadio (Ninfa 5), el tamaño de las ninfas es de 20 +/- 1.2 mm. Su cuerpo se alarga aún más por la distensión de los segmentos abdominales. La coloración general varía como en el estadio anterior; las antenas se vuelven largas y delgadas, con los mismos 14 artejos. Los ojos se observan más grandes, globulosos y de color negro; los esbozos alares se ven más alargados y son más evidentes.

Adulto. Es de cuerpo robusto, aguzado hacia los extremos anterior y posterior (fusiforme), sin alas o éstas son vestigiales (braquípteros), de coloración variable de pardo oscuro a verde olivo brillante con manchas negras en todo el cuerpo y el pronoto tiene forma de silla de montar, éste es convexo y presenta una carina media bien definida, las alas llegan a alcanzar los tímpanos del primer segmento abdominal. Las hembras se distinguen fácilmente de los machos, por su tamaño y coloración, ya que se notan más robustas debido al ensanchamiento que sufren en la parte correspondiente al meso y metatórax, miden 2.10 ± 0.19 cm. De largo por 0.83 ± 0.09 cm.

En su parte más ancha; la coloración es más constante, la mayoría de los individuos son de color verde brillante y sin manchas aparentes en la región dorsal como se presenta en los machos; por otra parte, cuando las hembras han ovipositado sufren cambio de coloración de verde a pardo. Los machos generalmente son más delgados que las hembras, miden 2.075 ± 0.17 cm. De largo por 0.78 ± 0.7 cm. En su parte más ancha. Los ojos son muy prominentes en relación con el tamaño de la cabeza que es de forma triangular; las antenas se observan más alargadas que en las hembras y constan de 14 artejos, las patas son más robustas, los fémures de los tres pares están engrosados, siendo más notorios los del tercer par. En la cara externa de las tibias se observan dos hileras de espinas que se engrosan de la parte basal a la distal, al final de cada hilera de espinas se localizan dos espolones. La parte distal de cada tibia se presenta de color pardo oscuro y aunque la coloración de las patas varía mucho en tonalidades, mantiene el patrón ya mencionado (Serrano y Ramos, 1989). Existen dos variantes de machos de acuerdo con la forma del abdomen: en algunos individuos se presenta una elongación del mismo en comparación de otros, y este carácter se manifiesta en todos los intervalos de tamaño (Cueva-Del Castillo, 1994).

La cabeza es más ancha que larga, los ojos son más pequeños y las antenas se notan más cortas que en el macho, aunque también constan de 14 artejos; las

patas son más gráciles y los fémures menos desarrollados que los de los machos (Serrano y Ramos 1990).

La duración del ciclo de vida para *Sphenarium purpurascens* bajo condiciones de laboratorio a 20 °C fue de 45 a 81 días con un promedio de 63 (Cesavep, 2010).



Figura 5. Representación de 5 estados ninfales

Fuente:SESAVEG, 2008

2.3 TORTILLA DE MAÍZ

2.3.1 DEFINICIÓN

Son un producto elaborado haciendo uso de maíz nixtamalizado. Éste, se obtiene cociendo el maíz en crudo con agua y cal viva. El maíz cocido y reposado en dicha mezcla, se convierte en una masa que, posteriormente se utiliza en la elaboración de este producto tan mexicano. Dependiendo del tipo de maíz que se utilice para la elaboración de las tortillas (Figura 6), pueden hacerse tortillas de diferentes colores. se obtendrá un resultado u otro. Al tratarse de un elemento masa, pueden conseguirse unidades de tortillas de diferentes tamaños, aunque la más común es 14 o 15 centímetros de diámetro (Maya, 2013).



Figura 6. Tortillas diferentes tipo maíz

Fuente: <https://www.cocinadelirante.com/tips/tortillarias-de-maiz-nixtamalizado>

2.3.2 GENERALIDADES

La tortilla de maíz (*Zea mays* L.), es el principal alimento del pueblo mexicano. En México, como en gran parte de Centro y Sudamérica, el maíz se utiliza para consumo humano (Villa y otros, 2012).

En atención a datos de Inegi (23), México cuenta con poco más 119.9 millones de habitantes. Sin consideramos que el consumo de tortilla de maíz es altamente significativo en poco más del 90 % de una población y un consumo per cápita medio anual de 129.6 kg, el tamaño del mercado mexicano de la tortilla asciende a 13.9 millones de toneladas de tortilla por año (Sombra, 2016).

2.3.3 PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN

El proceso de nixtamalización se ha empleado desde tiempos remotos para preparar la tortilla, uno de los alimentos más importantes para la población de Meso América. Este proceso consiste en el cocimiento del grano de maíz en abundante agua, 1 kg de grano de maíz por 2 a 3 L de agua, adicionada con un álcali, preferentemente $\text{Ca}(\text{OH})_2$, y sometido a temperaturas ligeramente menores a la de ebullición, durante 30 a 45 minutos, dependiendo de la dureza del maíz (>dureza >tiempo). Después del cocimiento, el grano cocido se deja

reposar entre 12 y 14 horas en la solución alcalina. La solución alcalina, denominada nejayote, se desecha y el grano se lava ligeramente (Arambula y otros, 2001).

El grano de maíz es deficiente en niacina y calcio; el remojo en agua con cal, cenizas o conchas, le adicionan estos elementos. Se suaviza la cáscara y el grano, lo que hace al maíz un alimento más fácil de digerir. Mueren hongos dañinos para la salud. En el proceso de nixtamalización el maíz se enriquece con calcio que el cuerpo puede aprovechar, se liberan precursores de la niacina y se mejora la biodisponibilidad de las proteínas.

Sus beneficios es que Evita raquitismo y pelagra. Se conoce de países que consumen maíz NO nixtamalizado y padecen epidemias de raquitismo y pelagra al consumir el maíz, sin otros complementos alimenticios añadidos en la nixtamalización (Salud, 2020).



Figura 7. Proceso de nixtamalización

Fuente: <https://www.elfinanciero.com.mx/food-and-drink/2022/09/28/nixtamalizacion-el-proceso-prehispanico-que-nos-permite-asimilar-el-maiz/>

2.3.4 MASA DE MAÍZ

La masa, como muchos otros alimentos, es un material viscoelástico. La masa, durante su obtención, manejo y utilización para la elaboración de tortilla y otros productos, es sometida a diferentes tipos de fuerzas con muy diferentes niveles de compresión, incluyendo las operaciones por las cuales el molinero juzga la textura de manera empírica, por lo que resulta interesante evaluar su comportamiento bajo diferentes niveles de compresión. Otra propiedad importante de la masa para su desempeño en la elaboración de tortillas es la adhesividad y ésta es influenciada por las condiciones de proceso como temperaturas y tiempos de cocción y reposo, adición de agua y apriete de las piedras durante la molienda (Mancera, 2007).

2.3.5 VALOR NUTRIMENTAL TORTILLA

La cantidad de hidratos por cada 100 gramos es de 45 gramos. Una cantidad más que considerable. Éstas, contienen tan sólo 2,9 gramos de grasa por cada 100 gramos, una cantidad ínfima que la convierte en un alimento válido. El producto, contiene unos 6 gramos de proteína. No menos importante, es su 0 % de colesterol, un alto contenido en potasio, calcio y en magnesio. Estos valores y su uso desde su origen precolombino convierten las tortillas de maíz, en el alimento acompañante de la mayoría de las comidas en México, sustituyendo al pan que se come en otras partes del mundo (Maya, 2023).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

El estudio de investigación se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal, del mismo departamento, dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

3.2 MATERIA PRIMA UTILIZADA

La materia prima utilizada fue el chapulín este fue adquirido en el municipio de Zimatlán de Álvarez, que está localizada en la región de Valles Centrales en el estado de Oaxaca se encuentra a 30 km de la capital., así como también se ocupó la masa de maíz esta fue obtenida de un supermercado de Saltillo.

3.3 MATERIALES UTILIZADOS

Los materiales que se utilizaron durante el proceso del trabajo se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Materiales utilizados

Charolas de aluminio	Bolsas de papel	Matraces 50, 100, 500 mL.	Filtros de tela de lino
Espátula de acero inox.	Frascos de vidrio	Matraz redondo de fondo plano.	Pizetas
Papel secante	Mortero y pistilo	Vasos de Berzelius	Matraz Erlenmeyer
Comal de teflón	Recipiente de plástico	Pinza para crisol y para matraz	Matraz Kjeldahl
Parrilla de gas	Desecador	Parrillas eléctricas	Vasos precitados

Licuadaora	Cartucho de celulosa	Embudos	Buretas y desecadores
Maquina manual para tortillas	Crisoles de porcelana	Vidrios de reloj y perlas de vidrio.	Probetas de 10, 50, 100, 500 mL.
Matraz de aforación	Tubos de ensaye	Termómetro de mercurio	Agitadores
Papel aluminio y papel filtro	Celdillas	Puntillas	Papel sin cenizas N°42

3.4 EQUIPOS UTILIZADOS

Los equipos que se utilizaron durante el proceso del trabajo se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Equipos utilizados

EQUIPO	MARCA	EQUIPO	MARCA
Balanza digital	OHAUS; Modelo Scout Pro SP601	Estufa de secado	Robertshaw
Estufa de secado	Thelco; Modelo 27	Mufla	Thermo Scientific; Modelo Therrmolyne
Balanza analítica	OHAUS; Modelo Explorer	Micropipeta digital	Brandtech; Modelo Transferpette
Plancha de calentamiento	Thermi Scientific; Modelo Type 2200	Aparato de reflujo	Labconco
Aparato de Kjeldhal	Espectrofotómetro de absorción atómica Varian modelo AA-1275	----	----

3.5 REACTIVOS UTILIZADOS

Los reactivos que se utilizaron durante el proceso del trabajo se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Reactivos utilizados

Agua destilada	Agua purificada	Agua desionizada	Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) concentrado
Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) 0.225 N	Mezcla reactiva de selenio	Indicador mixto	Ácido Bórico (H_3BO_3) al 4%

Hidróxido de sodio (NaOH) al 45 %	Granallas de Zinc	Ácido Perclórico (HCLCO ₄)	Sulfito de Sodio al 20%
Ácido Nítrico (HnO ₃)	Acetona al 85%	Hidróxido de sodio (NaOH) 0.313 N o al 25%	Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄) concentrado ** N

3.6 ETAPA 1: FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE LA TORTILLA

Se llevaron a cabo 5 formulaciones de chapulín para añadirle a la preparación de la tortilla de maíz, las cuales se representan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Formulaciones de chapulín y masa de maíz					
Chapulín	0 %	4 %	6 %	8 %	10 %
Masa de maíz	100 g	96 g	94 g	92 g	90 g

3.6.1 OBTENCIÓN DE HARINA DE CHAPULIN

Los chapulines que se obtuvo en el municipio de Zimatlán de Álvarez, que está localizada en la región de Valles Centrales en el estado de Oaxaca, se realizó una charola de aluminio para que ahí se agregaran los chapulines, se pesó la charola vacía, así como también se pesó la charola con los chapulines (Figura 8), con la finalidad de secarlos.

Posteriormente se llevó la charola a la estufa (Robertshaw), a una temperatura de 55° a 60°c, durante 24 horas, trascurrido el tiempo se sacó de la estufa, para después nuevamente pesarla ya con la materia prima seca, así poder agregarla a la licuadora (Oster) y ser licuada hasta que se obtenga la harina lo más

homogénea posible, al obtener la harina se retira de la licuadora y se agrega a un frasco limpio, seco e identificado.



Figura 8. Chapulín en charola de aluminio

3.6.2 ELABORACIÓN DE LAS TORTILLAS

La masa de maíz se agrega a un recipiente para así poder mezclar la masa con poca agua purificada, posteriormente se pesan 100 g (Figura 9) para poder dividirla en cinco partes y elaborar la muestra testigo.

Se pesaron las siguientes proporciones 4 g, 6 g, 8 g, 10 g de harina de chapulín para realizar la mezcla, tomando en cuenta que el testigo tiene 0 g de chapulín.

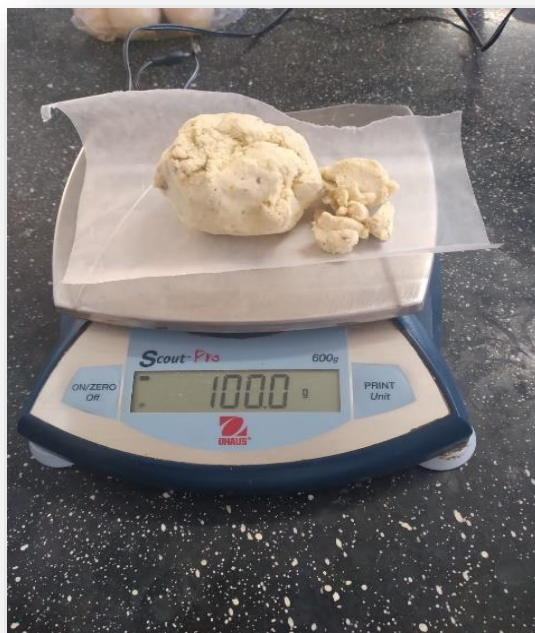


Figura 9. Peso de masa de maíz

Con los pesos de la harina de chapulín se agrega a cada formulación con la masa de maíz para realizar la mezcla correspondiente.

Al obtener una mezcla homogénea por cada formulación que se muestran en el (Cuadro 4), se pesa un aproximado de 20 g de la mezcla de la masa de cada una, al tener las bolitas de masa se pasa a la tortillera manual, aplicando una presión suave para obtener una tortilla formada, posteriormente se pone en un comal con una temperatura aproximada de 60 °C, teniendo la tortilla un total de 120 segundos de cocción; repartiendo de la siguiente manera 30 segundos de la cara derecha, se voltea a la cara izquierda dándole 30 segundos, nuevamente se voltea a la cara derecha por 20 segundos, así otros 20 segundos a la cara izquierda y por último otros 10 segundos a ambas caras de la tortilla.

Al obtener las tortillas de chapulín, se identifican las formulaciones correspondientes como se muestra (Figura 10), para el uso correspondiente del análisis del trabajo de investigación.

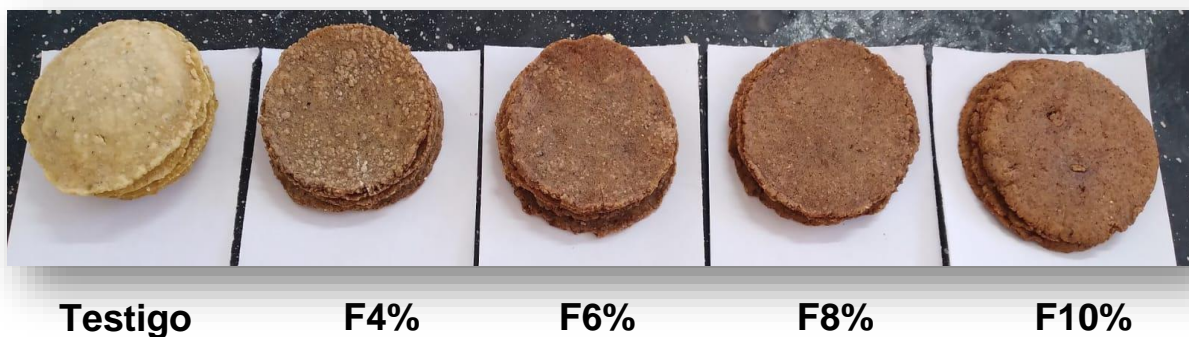


Figura 10. Identificación de tortillas con formulación correspondiente

3.7 ETAPA 2: CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA TORTILLA

Se realizó el análisis de las 5 formulaciones (0 g, 4 g, 6 g, 8 g, 10 g), todas por triplicado, de acuerdo con el A.O.A.C 1980

3.7.1 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA SU POSTERIOR ANÁLISIS

Las muestras de tortillas de chapulín se sometieron a un procedimiento de secado, para así poder obtener la muestra molida.

Se pesó en una balanza cada charola de aluminio ya identificada, tanto sola la charola, así como también con las tortillas ya elaboradas, estas se sometieron a una estufa con una temperatura aproximada de 50 a 60 °C durante 24 horas para el secado de dicha muestra, identificando cada formulación. Transcurrido el tiempo se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 3 minutos, nuevamente se registró el peso que se realizó en la misma balanza.

Por último, se molió cada muestra con el apoyo de una licuadora (Ozter), hasta obtener una molienda fina (Figura 11), se almaceno en frascos identificados, limpios, y secos, para tener una buena conservación y más adelante utilizarlos para los análisis determinados.



Figura 11. Molienda fina de cada formulación.

3.7.2 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Para el análisis de la determinación de la humedad se realizó por triplicado la determinación de la materia seca total o sólidos totales, continuamente con los datos obtenidos se realizaron los cálculos correspondientes para así obtener la humedad correspondiente.

Se sacaron los crisoles de porcelana de la estufa ya teniendo un peso constante con la ayuda de unas pinzas y así se colocaron en un desecador (que enfría las muestras sin aumentar la humedad) para dejarlos enfriar durante un tiempo de 20 minutos, transcurrido el tiempo se pesaron en una balanza analítica, después se les agrego 2 g de muestra que fueron pesadas sobre un papel limpio, destarando el peso del papel, así repitiendo para cada muestra distinta.

Después se colocaron con ayuda de unas pinzas para crisol en una estufa de secado con circulación de aire a una temperatura de 100-103 °C durante un

tiempo de 24 horas; transcurrido este tiempo se sacaron de la estufa y se dejaron enfriar 20 minutos en el desecador.

Se pesaron nuevamente los crisoles con muestra seca en una balanza analítica, se registraron los datos y se hizo los cálculos correspondientes usando la siguiente fórmula:

$$\%MST = \frac{\text{Peso crisol con muestra sesa} - \text{Peso crisol solo}}{g \text{ muestra utilizada}} * 100$$

$$\%H = 100 - \%MST$$

Donde:

(%) MST: Materia Seca Total

(%) H: Humedad

3.7.3 DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES

Para la determinación de este análisis se realizó mediante un método seco, utilizando la muestra obtenida de materia seca total, lo cual se inició pre incinerando en las parrillas eléctricas, ahí estando los crisoles con la muestra, hasta que la muestra dejara de salir humo, esto demostraba que la muestra estaba quemada totalmente, posteriormente se apagaron las parrillas y los crisoles se pasaron a él desecador.

Posteriormente se metieron a una mufla durante un tiempo de 2-3 horas, transcurrido este tiempo se sacan con unas pinzas, siendo colocado a un desecador por un tiempo de 20 minutos para dejar enfriar.

Después que transcurrió el tiempo se pesaron los crisoles en una balanza analítica (siendo la misma para que esto no influya en algún error de peso), ya

teniendo los datos del peso se realizó los cálculos correspondientes con la siguiente formula:

$$\%C = \frac{\textit{Peso de crisol con cenizas} - \textit{Peso del crisol solo}}{\textit{g de muestra utilizada}} * 100$$

Donde:

(%) C= cenizas

3.7.4 DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO O GRASA BRUTA MÉTODO SOXHLET

En este análisis se comenzó pesando 4 g de muestra en un papel filtro, en una balanza analítica, así el papel se dobló con cuidado el papel con la muestra para que posteriormente se pusiera dentro de los cartuchos porosos de celulosa, para así ponerlo dentro del sifón.

A continuación, se tomó con unas pinzas los matraces de bola de fondo plano con tres pelis por dentro, se colocaron en un desecador durante un tiempo de 20 minutos, pasado el tiempo se pesaron en una balanza y se registró el peso correspondiente.

Se agregó un aproximado de 250 mL de hexano en los matraces, se acoplo al refrigerante del equipo Soxhlet (figura 14), encendiendo las parrillas para así dejar sifonear durante un periodo de 16 horas, tomando el tiempo a partir de cuándo comenzó la ebullición.

Por último, al transcurrir el tiempo indicado se comienza a recuperar el solvente con unas pinzas cuidadosamente, los matraces se colocaron a una estufa a una temperatura de 100 a 103 °C para mantener un peso constante, durante 12 horas. Pasado el tiempo se sacaron los matraces de la estufa con unas pinzas a un desecador para ser enfriados por un tiempo de 20 minutos, transcurrido ese tiempo se pesaron en la misma balanza analítica (para evitar error en el peso),

se registraron los pesos correspondientes y se hicieron los cálculos correspondientes con la siguiente fórmula:

$$\%EE = \frac{\text{Peso matraz con grasa} - \text{Peso matraz solo}}{\text{g de muestra utilizada}} * 100$$

Donde:

(%) EE: Extracto etéreo



Figura 14. Equipo Soxhlet

3.7.5 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

Para este análisis se utilizó la muestra desengrasada, se pesó 2 g de muestra para ser colocado en un vaso de Berzelius de 600 mL, se agregó 100 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0.255 N en cada vaso, se conectó al aparato de reflujo (Figura 15) por un tiempo de 30 minutos a partir de que empezó la ebullición y manteniéndola suave.

Pasado el tiempo correspondiente se sacan los vasos, y se pasan a filtrar a través de una tela de lino en un embudo y se enjuaga por tres veces con agua destilada caliente. Con ayuda de una espátula pase todos los residuos (fibra) que se quedó en la tela de lino nuevamente al vaso de Berzelius, agregando 100 mL de hidróxido de sodio (NaOH) 0.0313 N y nuevamente se conecta al aparato de reflujo durante el mismo tiempo de 30 minutos a partir que comience a hervir.

Transcurrido el tiempo se sacan los vasos y nuevamente se filtran con la ayuda de la tela de lino y se lava por tres veces con una proporción de 100 mL de agua destilada caliente.

Posteriormente tome crisoles de la estufa a peso constante e identificados, para tomar la muestra obtenida con la ayuda de una espátula y la coloque dentro del crisol, el crisol se metió a una estufa a 100 a 103 °C, durante un tiempo de 12 horas. Pasado el tiempo se sacan los crisoles de la estufa y con unas pinzas se colocan en un desecador con silica gel durante 20 minutos, ya estando fríos se pesan.

Por último, los crisoles se preincineraron en las parrillas eléctricas, se toman con unas pinzas y se pasan a la mufla con una temperatura de 600°C, durante un tiempo de 3 horas, transcurrido el tiempo se sacan de la mufla, se ponen en el desecador por 20 minutos, una vez estando fríos, se pesan nuevamente en la misma balanza analítica, se toman los datos correspondientes y se realizan los cálculos sustituyendo los datos en la siguiente formula:

$$\%FC = \frac{\text{Peso de crisol} + \text{muestra seca} - \text{peso de crisol} + \text{cenizas}}{\text{g de muestra desengrasada}} * 100$$

Donde:

(%) FC= fibra cruda



Figura 15. Aparato de reflujo Labconco

3.7.6 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA MÉTODO MACROKJELDHAL

Para la determinación de proteína cruda por el método Macro Kjeldahl se realizó por 3 etapas descritas a continuación.

Digestión: se pesa 1 g de muestra en un papel filtro en la balanza analítica, el papel filtro se dobla de forma correcta para que no se salga la muestra, ya teniendo bien doblado el papel filtro se coloca hasta el fondo del matraz Kjeldahl, se coloca una cucharada de muestra de selenio (catalizador), se colocó 3 perlas de vidrio esto para que la ebullición sea constante, y se le pone 30 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), después el matraz se conecta a un aparato de

Kjeldhal en el apartado de digestión conectando el extractor de humos, se encendió las parrillas hasta que cambie de color café oscuro a verde claro, así realizando para todas las muestras.

Destilación: Enfrié el matraz, colocándolo en la llave para poder agregar 300 mL de agua destilada. En un matraz Erlenmeyer de 500 mL, se agregó 50 mL de ácido bórico (H_3BO_3) al 4 % y se añadió 5 gotas de indicador mixto. A continuación, se agito el matraz Kjeldhal para que se mezclara bien la muestra, se agregó 110 mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 45 % y se añadió 6 granallas de zinc, sin agitar por las paredes de matraz lentamente. Dentro del matraz Erlenmeyer se colocó la manguera del destilador y el matraz Kjeldahl se lleva al aparto de destilador en la parte de arriba, se abre la llave de la manguera de agua, se esperó hasta que se obtenga una cantidad de 250 mL del destilado en forma de amoniaco en líquido.

Valoración: Se tituló los 250 mL de destilado obtenido con ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0.1098 N hasta obtener un color vire rosa pálido (Figura 16), con la lectura obtenida que fueron los mL gastados del ácido sulfúrico (H_2SO_4) se realizaron los cálculos correspondientes con la siguiente formula:

$$\%N = \frac{(mL \text{ gastado de } H_2SO_4 - mL \text{ de blanco})(N \text{ del } H_2SO_4)(0.014)}{g \text{ de muestra utilizada}} * 100$$

$$\%PC = (\%N)(Factor \text{ de conversion})$$

Donde:

N: nitrógeno

PC: Proteína cruda

N= normalidad del ácido sulfúrico (H_2SO_4)

0.014= Miliequivalente del Nitrógeno

Factor de conversión = 6.25



Figura 15. Titulación de destilado hasta obtener color rosa pálido

3.7.7 DETERMINACIÓN DE MINERALES: MÉTODO HÚMEDO

Para obtener los minerales se determinaron mediante un espectrofotómetro de absorción atómica que fueron Sodio (Na), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Potasio (K) y el Calcio (Ca), de todas las muestras de las tortillas.

Se pesó 1 g de la muestra molida, la muestra se colocó en un vaso precipitado de 100 mL, se le agregó una mezcla de ácido perclórico ($HClO_4$) y ácido nítrico (HNO_3), en una relación de 1:3, a cada vaso precipitado de le añadió 40 ml de la mezcla.

Cada vaso se puso en una parrilla de calentamiento, siendo tapadas con vidrios de reloj; llevando un proceso de digestión hasta que la muestra quedara clara y transparentes, para así después el líquido restante se filtra en un matraz volumétrico de 100 mL, ocupando un papel filtro sin cenizas de N° 42 (Figura16), se afora hasta donde indica con agua desionizada.

Posteriormente se continuo con la lectura utilizando el espectrofotómetro de absorción atómica, los datos se registraron en porcentaje o de igual manera en partes por millón (ppm), y al final se convirtió en mg/100 g, utilizando la siguiente formula.

$$(ppm * 0.1 * 100) = \frac{mg}{100 g}$$

Dónde:

Ppm: Lecturas en partes por millón

0.1: Factor de primera dilución

100: Factor de la segunda dilución



Figura 16. Filtración con papel filtro sin cenizas N° 42

3.7.8 DETERMINACIÓN DEL EXTRACTO LIBRE DE NITRÒGENO (ELN)

La determinación de ELN se realiza mediante cálculos y no es un análisis en el laboratorio como tal, el ELN corresponde a los azucares, almidón y como parte

de material clasificado como hemicelulosa. En los cálculos se comienza por la restando las 100 partes de la muestra analizada a la suma de la obtención de los resultados de % fibra cruda, % ceniza, % de extracto etéreo y % proteína cruda, considerando que los resultados estén ajustados en base seca. Tomando en cuenta los datos anteriores se sustituyen a la siguiente formula:

$$\%ELN = 100 - (\%FC + \%EE + \%C + \%PC)$$

Donde:

(%) ELN= Extracto Libre de Nitrógeno

(%) FC= Fibra Cruda

(%) EE= Extracto Etéreo

(%) C= Cenizas

(%) PC= Proteína cruda

3.7.9 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO CALÓRICO (kcal)

Para esta determinación se utilizaron los datos obtenidos del porcentaje de proteína cruda, extracto etéreo, y carbohidratos (ELN), esto se realizó mediante la siguiente formula:

$$4 \frac{\text{Kcal}}{\text{g}} \rightarrow 100\% \qquad 9 \frac{\text{Kcal}}{\text{g}} \rightarrow 100\% \qquad 4 \frac{\text{Kcal}}{\text{g}} \rightarrow 100\%$$

$$x \rightarrow PC\% \qquad x \rightarrow EE\% \qquad x \rightarrow CHO\%$$

$$\frac{\text{kcal}}{100 \text{ g}} = \left(PC \frac{\text{kcal}}{\text{g}} + EE \frac{\text{kcal}}{\text{g}} + CHO \frac{\text{kcal}}{\text{g}} \right) * 100$$

Donde:

(%) PC: Proteína Cruda

(%) EE: Extracto Etéreo

(%) CHO: Carbohidratos (ELN)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta etapa se especifican los resultados obtenidos de cada análisis que se realizó en el trabajo experimental, para la obtención se realizó un análisis de varianza (ANVA) y pruebas de medias de Fisher ($\alpha \leq 0.05$) mediante el paquete estadístico StatPlus:mac Pro (2018).

Se determinaron los resultados de las siguientes variables: Extracto Etéreo (%), Proteína cruda (%), Cenizas (%), Fibra cruda (%), ELN (Carbohidratos) (%), Contenido calórico (kcal/100 g), Minerales (mg/100 g) dentro de los minerales entra el Sodio (Na), Potasio (K), Calcio (Ca), Hierro (Fe), Zinc (Zn) de las diferentes formulaciones de tortillas, se realizaron tres repeticiones de cada una.

Para los resultados se realiza una comparación de medias de las variables de estudio por el tipo de formulaciones de concentración de chapulín se expresan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Comparación de medias de las variables, concentración de chapulín

VARIABLES	FORMULACIONES				
	0%	4%	6%	8%	10 %
Ceniza total (%)	1.66 ^e	3.46 ^d	4.64 ^c	5.60 ^b	6.40 ^a
Proteína cruda (%)	9.70 ^d	13.08 ^c	13.51 ^c	16.05 ^b	17.01 ^a
Extracto Etéreo (%)	3.04 ^e	4.62 ^d	5.80 ^c	6.90 ^b	7.75 ^a
Fibra cruda (%)	1.50 ^a	1.54 ^a	1.47 ^a	1.63 ^a	1.73 ^a
ELN (CHO) (%)	84.04 ^a	77.29 ^b	74.58 ^c	69.81 ^d	67.11 ^e
Contenido calórico (kcal/100 g)	402.00 ^a	402.66 ^a	404.33 ^a	405.00 ^a	406.00 ^a

Zinc (Zn) (mg/100 g)	17.00 ^c	13.33 ^c	31.00 ^b	33.00 ^{a b}	38.33 ^a
Hierro (Fe) (mg/100 g)	72.66 ^d	114.33 ^{b c}	107.66 ^c	114.33 ^b	136.00 ^a
Calcio (Ca) (mg/100 g)	0.51 ^{a b}	0.52 ^{a b}	0.46 ^b	0.55 ^a	0.50 ^{a b}
Potasio (K) (mg/100 g)	0.42 ^c	0.72 ^b	0.69 ^b	0.73 ^{a b}	0.82 ^a

***Los valores promedio seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).**

4.1 HUMEDAD Y MATERIA SECA TOTAL

El en Cuadro 6. Se muestran los resultados del porcentaje de materia seca total, (% MST) así como de humedad (% H), de las diferentes formulaciones.

Cuadro 6. Resultados de Materia Seca Total y Humedad

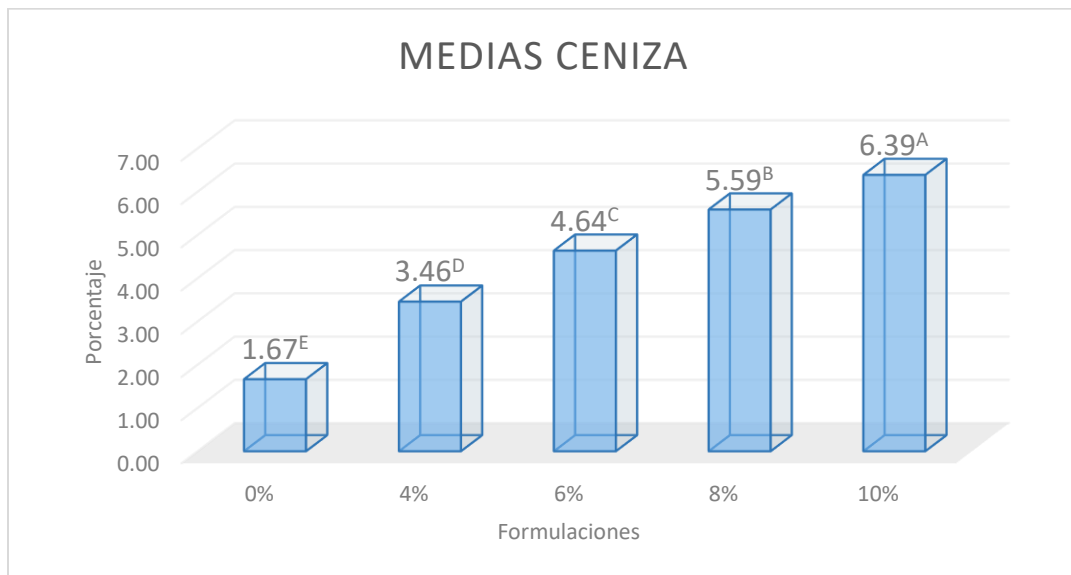
FORMULACIONES	0 %	4 %	6 %	8 %	10 %
<i>Materia Seca Total (MST) (%)</i>	96.14	96.58	96.59	95.92	96.90
<i>Humedad (H) (%)</i>	3.87	3.41	3.45	4.07	3.10

El valor de humedad dependerá con el origen de la masa y por ende por las concentraciones de harina de chapulín que se le adicionó a cada formulación, mencionado por (Oralia Antuna Grijalva, 2008).

4.2 CENIZA TOTAL

En el Gráfico 1 se pueden apreciar los resultados obtenidos de la variable cenizas, de acuerdo con Fisher ($\alpha \leq 0.05$) las medias de las formulaciones 0, 4, 6, 8 y 10 % las cuales son estadísticamente diferentes.

Los porcentajes que se muestran en el Gráfico 1, se comprueba como la adición de la harina de chapulín en diferentes concentraciones aumenta el porcentaje de cenizas totales a la tortilla de maíz, en la que se adiciono 10 % de chapulín se obtuvo un porcentaje de 6.39 % a comparación de la tortilla que tiene 0 % de chapulín que tiene un porcentaje de 1.67 %, de acuerdo con (Morales, y otros, 2023) el chapulín (*Sphenarium purpurascens*) contiene un porcentaje de ceniza de 3.29 %. Y esto hace que se observen estas diferencias entra las formulaciones 0, 4, 6, 8, y 10 % con atributos para estas formulaciones de tortillas.

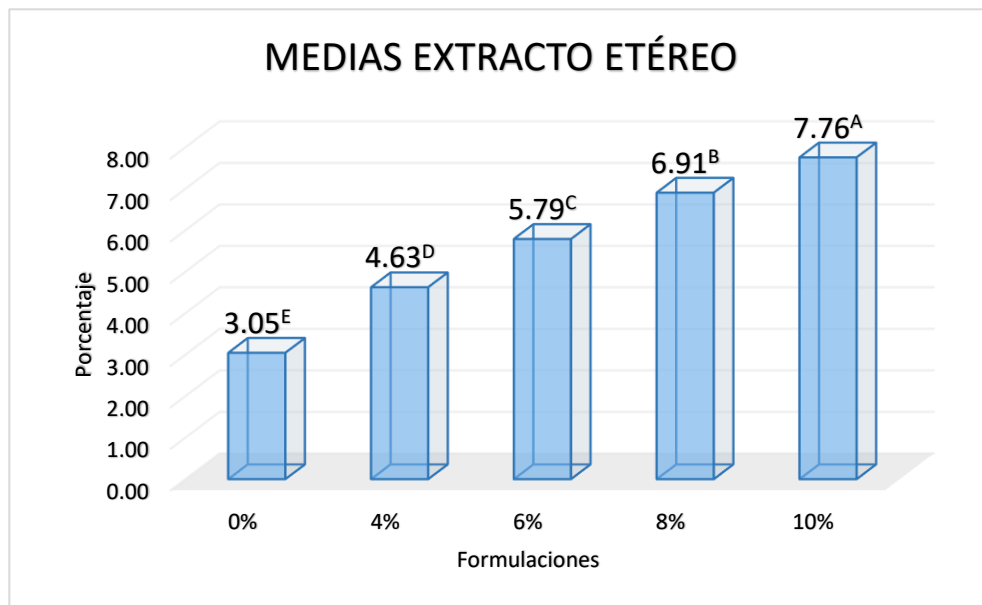


Gráfica 1. Comparación de medias de ceniza total; formulaciones de chapulín

4.3 EXTRACTO ETÉREO O GRASA TOTAL

En el Gráfico 2 se pueden apreciar los resultados obtenidos de la variable extracto etéreo o grasa, de acuerdo con Fisher ($\alpha \leq 0.05$) las medias de las formulaciones 0, 4, 6, 8 y 10 % son estadísticamente diferentes.

Se puede observar cómo al aumentar la concentración de harina de chapulín, el extracto etéreo aumenta se observa que en 10 % hay un porcentaje de 7.76 %, de acuerdo con (Guzmán, 2018) los chapulines contienen un porcentaje de 4.13 % de extracto etéreo o grasa total, así que conforme más cantidad se le añade a la tortilla aumenta el porcentaje.



Grafica 2. Comparación de medias de extracto etéreo o grasa total; formulaciones chapulín

4.4 FIBRA CRUDA

En el Gráfico 3 nos muestra el contenido de fibra cruda (%), conforme a las formulaciones de harina de chapulín añadidas a la tortilla de maíz, estas son estadísticamente iguales de acuerdo con Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

El porcentaje de fibra cruda nos muestra que donde hay un mayor porcentaje, es la formulación que tiene 10 % de harina de chapulín con un porcentaje de 1.73 %, comparándolas con las que tienen menos cantidades, como lo indica (Aguayo, 2009) que el chapulín tiene un porcentaje de fibra cruda de 3.89 %, lo cual confirma que la adición de harina de chapulín aumenta el valor de fibra cruda, aunque con poca diferencia numérica, más no diferencia estadística.

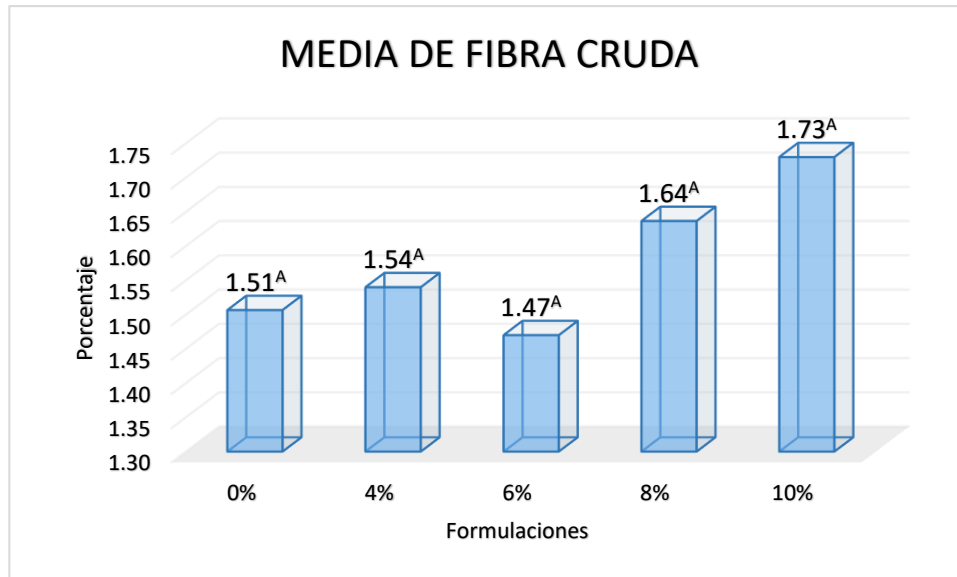


Gráfico 3. Comparación de medias de fibra cruda; formulaciones de chapulín

4.5 PROTEÍNA CRUDA

En el Gráfico 4 se expresa la comparación de medias obtenidas de proteína cruda, según Fisher ($\alpha \leq 0.05$), las medias de las formulaciones 4 % y 6 %, son estadísticamente iguales, las formulaciones 0%, 8% y 10% son diferentes entre sí. De acuerdo con (Barrio Morales, y otros, 2022) el chapulín posee mejores atributos nutrimentales, indica que el chapulín tiene 53.44 % de proteína cruda, y esto hace que se observen estas diferencias entra las formulaciones 0, 6, 8, y 10 % con atributos para estas formulaciones de tortillas.

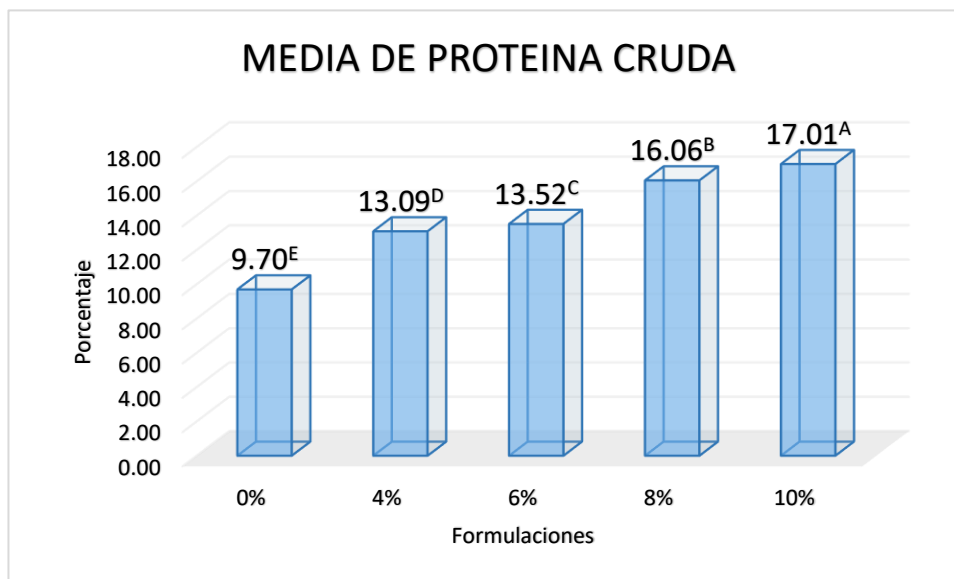


Gráfico 4. Contenido de media de proteína cruda; formulaciones de chapulín.

4.6 EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO (CARBOHIDRATOS)

En el Gráfico 5 se pueden apreciar los resultados obtenidos de la variable extracto libre de nitrógeno (carbohidratos), de acuerdo con Fisher ($\alpha \leq 0.05$) las medias de las formulaciones 0, 4, 6, 8 y 10 % son estadísticamente diferentes.

Los porcentajes que se muestran en el Gráfico 5, se percata que a mayor concentración de harina de chapulín disminuye e porcentaje de ELN (CHO), como indica (Melara, 2021) una tortilla aporta 13.5 g de CHO, pero esta pesa aproximadamente 25 g, lo que una tortilla de 100 g tiene 67.5 % de ELN (CHO), y como lo señala (Guzmán, 2018) el chapulín tiene tan solo 2.31 % CHO, por ende entre mayor cantidad de harina de chapulín, la cantidad de ELN de la tortilla disminuye, como se muestra en la formulación de 0 % que tiene un porcentaje de 84.09 % y comparando con la que tiene 10 % que tiene un porcentaje de 67.11 % y esto hace que se observen estas diferencias entra las formulaciones 0, 4, 6, 8, y 10 % con atributos para estas formulaciones de tortillas.

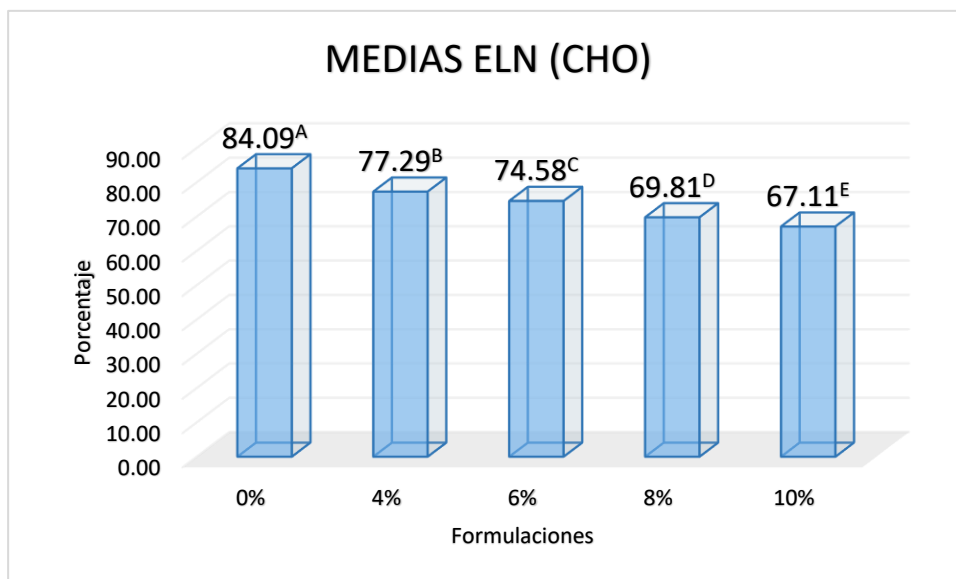


Gráfico 5. Contenido de media de ELN (CHO); concentración de chapulín.

4.7 CONTENIDO CALÓRICO

En el Gráfico 6 Se representa la comparación de medias del contenido calórico (kcal) de las diferentes formulaciones, de acuerdo con Fisher ($\alpha \leq 0.05$), todas las formulaciones son estadísticamente iguales, los resultados demuestran que no importa la cantidad de harina de chapulín que se adicione, su contenido calórico no muestra diferencias.

Como lo indica (García, 2018) los chapulines contienen 6.41 kcal/100 g y la tortilla de maíz contiene 218 kcal/100 g.

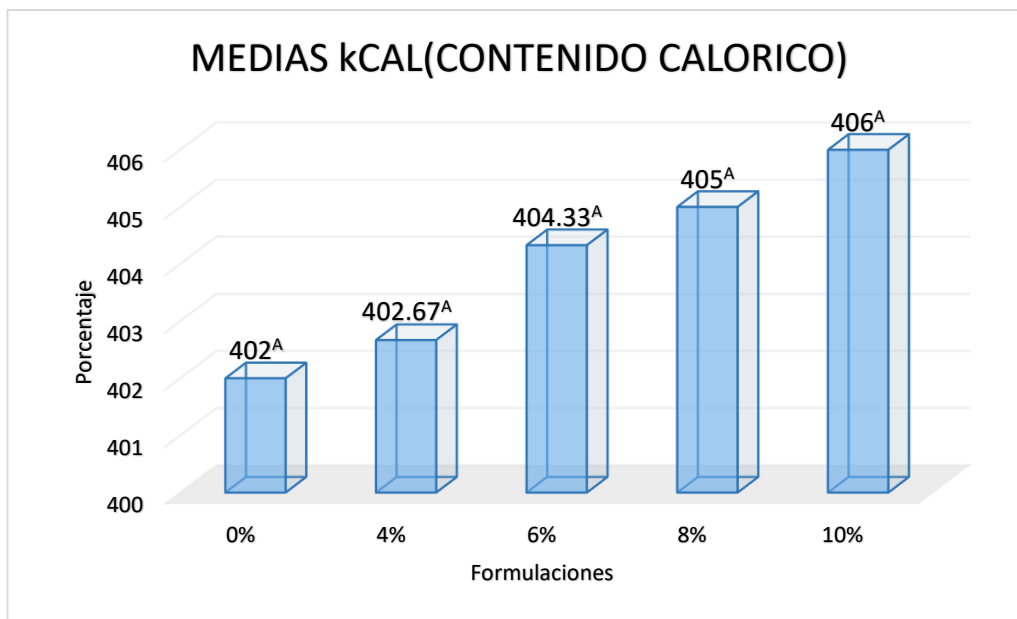


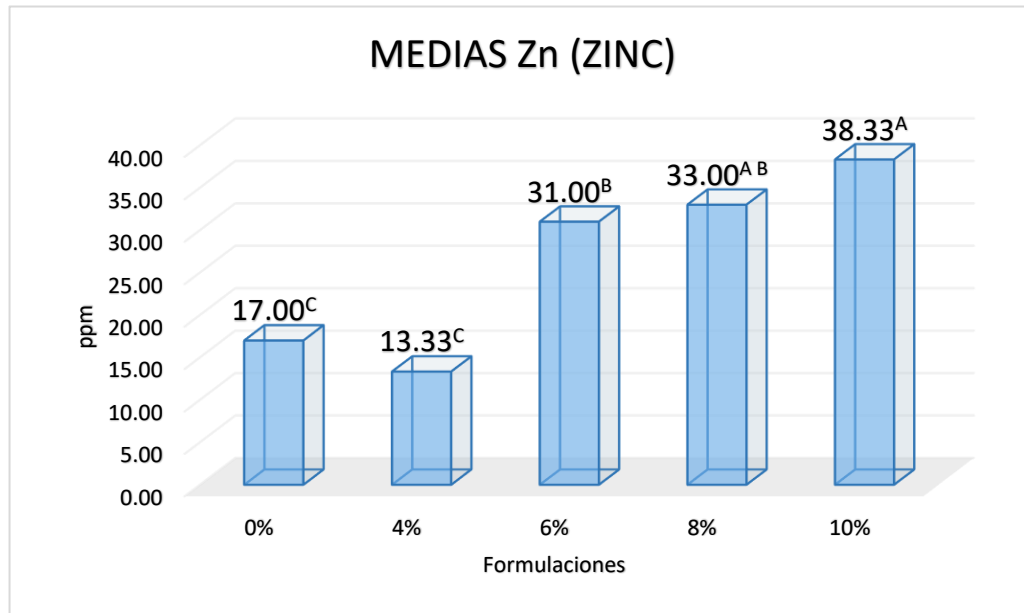
Gráfico 6. Contenido de media de Kcal (contenido calórico); concentración de chapulín.

4.8 MINERALES (Zn) (Fe) (Ca) (K)

En el Gráfico 7 se expresa la comparación de medias obtenidas de Zinc (Zn), según Fisher ($\alpha \leq 0.05$), las medias de las formulaciones de 0 % y 4 % son estadísticamente iguales y en la formulación 8 % se muestra entre un rango del 10 % y 6 %, las formulaciones 0 %, 6 %, 10 % son diferente entre sí.

En la comparación de las formulaciones de harina de chapulín, se percata que en 0 % tiene una cantidad de 17 ppm a comparación de la de 10 % tiene una cantidad de 38.33 ppm, se observó que entre mayor concentración de chapulín va aumentando el porcentaje de zinc, esto es porque como lo menciona (Rodriguez, 2017) que los chapulines son ricos en Zinc, esto ayuda a mejorar mucho la digestión, es de gran beneficio para el ser humano porque también aporta para que tenga un buen funcionamiento del sistema inmunológico. Así como dice (Datos sobre el Zinc, 2022) el zinc es un mineral muy importante para el cuerpo ocupa el segundo lugar dentro del grupo de los minerales, así como también el cuerpo ocupa al zinc para producir el ADN y las proteínas, dentro del

proceso del embarazo, la infancia, la niñez y la adolescencia es muy necesario para su crecimiento y desarrollarse bien. El consumo del zinc depende de la edad de cada persona.



Grafica 7. Comparación de media de Zinc (Zn); formulación de chapulín

En el Gráfico 8 se expresa la comparación de medias obtenidas de Fe (hierro), según Fisher ($\alpha \leq 0.05$), las medias de las formulaciones 0 %, 6 %, 8 % y 10% son diferente entre sí y en la formulación 4% se muestra entre un rango de la formulación 8 % y 6%.

Se muestra 72.67 ppm en la formulación de 0 %, a comparación de la formulación que tiene 10 %, es de 136ppm señala una gran diferencia, como lo dice (Acatitlán, 2019) el chapulín aporta nutrientes y dentro de ellos está el hierro, lo que se considera un alimento con alto aporte nutricional y por lo tanto es de alto valor.

El hierro es necesario para una amplia variedad de funciones como el transporte de oxígeno, la proliferación celular, inmunidad, síntesis de DNA, producción de

energía, así como también es fundamental en el cuerpo ya que si existe una deficiencia esto conduce a la anemia, así lo indica (Emerson Durán, 2017).

La cantidad diaria que se debe de consumir de hierro varía según la edad y el sexo, como lo menciona (Health, 2022) las cantidades para los bebés hasta los 6 meses de edad 0,27 mg, bebés de 7 a 12 meses de edad 11 mg, niños de 1 a 3 años de edad 7 mg, niños de 4 a 8 años de edad 10 mg, niños de 9 a 13 años de edad 8 mg, adolescentes (varones) de 14 a 18 años de edad 11 mg, adolescentes (niñas) de 14 a 18 años de edad 15 mg, hombres adultos de 19 a 50 años de edad 8 mg, mujeres adultos de 19 a 50 años de edad 18 mg, adultos de 51 o más años de edad 8 mg, adolescentes embarazadas 27 mg, embarazadas 27 mg, adolescentes que están amamantando 10 mg, mujeres que están amamantando 9 mg. Esto nos asegura que al consumir una tortilla de maíz enriquecida de harina de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) se consume la recomendación de aporte diario ese porcentaje de hierro que requerimos.

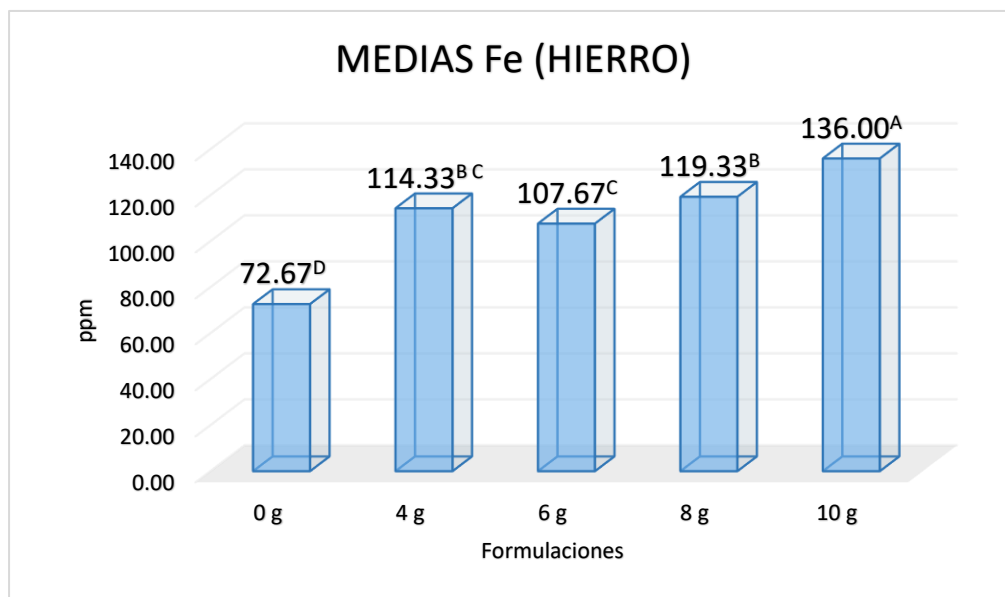


Gráfico 8. Comparación de medias de He (Hierro); formulación chapulín

En el Gráfico 9 se expresa la comparación de medias obtenidas de Ca (calcio), según Fisher ($\alpha \leq 0.05$), las medias de las formulaciones 6 % y 8 % son diferentes

entre sí y en las formulaciones 0%, 4% y 6% se muestra entre un rango de la formulación 6% y 8%.

Como lo menciona (Fernández A, 2011) el calcio es el más abundante en el organismo representa el 2,24 % del peso corporal libre de grasa. Además de eso es primordial en muchas cosas como por ejemplo en numerosos procesos biológicos en los que se requiere un nivel constante y preciso de calcio: la permeabilidad de membranas, excitabilidad y conducción nerviosa, contracción muscular, actividad de enzimas celulares, equilibrio de líquidos, minerales y pH corporales, mecanismos de secreción glandular y hormonal, coagulación y formación de hueso y diente, sólo por mencionar los más importantes. Cabe mencionar que el calcio es muy importante dentro de nuestro cuerpo; la presencia de calcio se representa en el Gráfico 9, en la formulación 0 %, con la formulación 10 % tiene un porcentaje igual de calcio, esto es porque el principal nutriente del maíz es el calcio, como también el chapulín nos aporta una proporción de minerales y dentro de ellos está el calcio con menor cantidad. Y esto hace que se observen los rangos entre porcentajes entra las formulaciones 0, 4, y 10 % con atributos para estas formulaciones de tortillas.

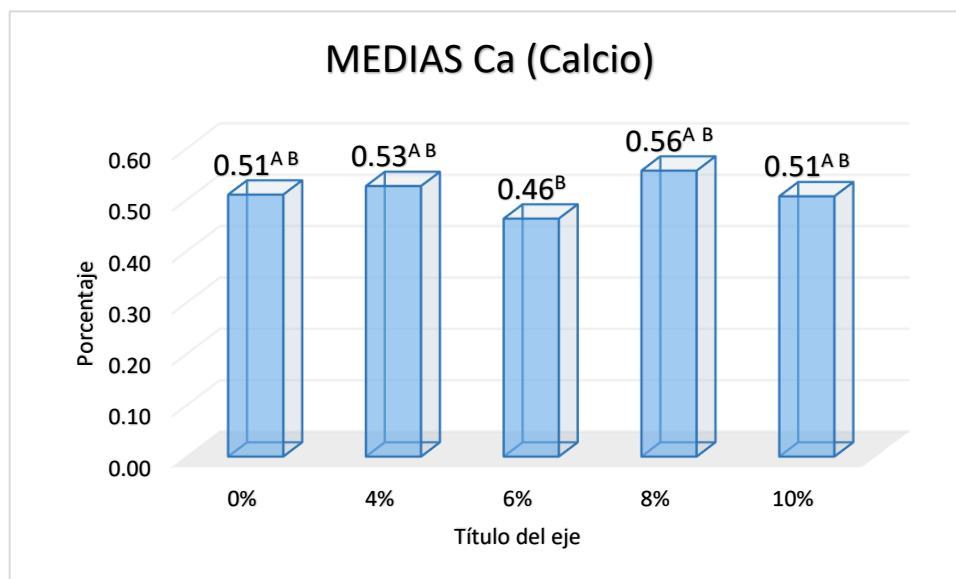


Gráfico 9. Comparación de medidas de Ca (Calcio); formulación chapulín

En el Gráfico 10 se expresa la comparación de medias obtenidas de K (potasio), según Fisher ($\alpha \leq 0.05$), las medias de las formulaciones 0 %, 4 % y 10 % son

diferente entre sí y en las formulaciones 4 % y 6 % estadísticamente son iguales y la formulación 8 % se muestra entre un rango de la formulación 4 % y 6 %.

Se puede observar cómo al aumentar la concentración de harina de chapulín, el K (potasio) aumenta el porcentaje de 0.42 % en la formulación de 0 %, a comparación de la formulación que tiene 10 %, su porcentaje es de 0.83 % señala una gran diferencia, como lo menciona (Vázquez, 2019) el chapulín tiene un alto valor en minerales, especialmente en potasio.

Y esto hace que se observen las diferencias entre el porcentaje de 0 % y 10 % con atributos para estas formulaciones de tortillas.

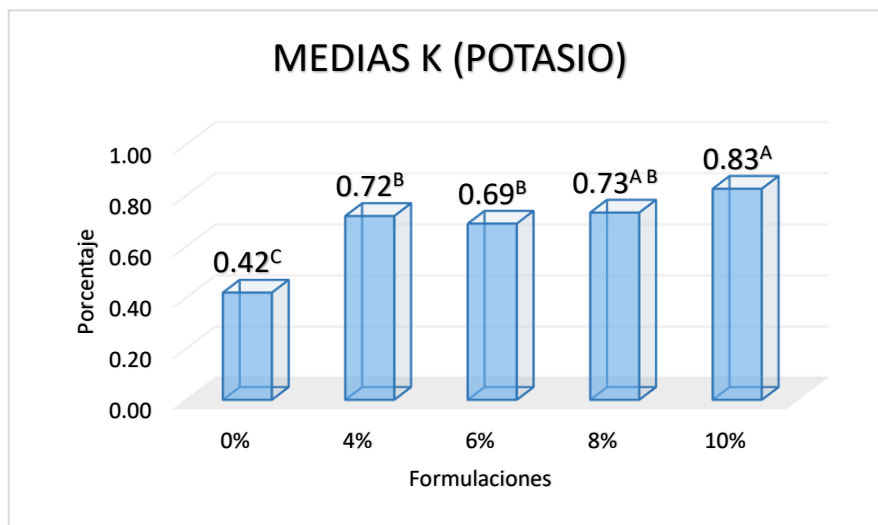


Gráfico 10. Comparación de medias K (potasio); formulación chapulín

V. CONCLUSIONES

Conforme a los resultados que se obtuvieron se lograron las siguientes conclusiones.

- Sé desarrollo una tortilla de maíz enriquecida con harina de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) en diferentes concentraciones y se determinó su contenido y valor nutricional, presentando cualidades nutritivas en base a proteína, fibra y minerales.
- Sé realizaron distintas formulaciones de maíz y harina de chapulín con porcentaje de 0, 4, 6, 8 y 10 %.
- Sé elaboraron tortillas con las diferentes formulaciones tomando en cuenta diferentes tiempos y la mezclas.
- Sé realizó la caracterización química de cada una de las formulaciones de masa de maíz nixtamalizado y harina de chapulín y se determinaron sus cualidades nutritivas. Se analizaron los resultados mediante un paquete estadístico y se compararon los resultados encontrando que la formulación con 10 % de harina de chapulín es la mejor opción en cuanto al contenido de nutrientes, obteniendo: 6.39 % de cenizas, 17.01% de proteína cruda, 7.76% de extracto etéreo, 7.73 % de fibra cruda, 84.09 % de ELN o carbohidratos y un contenido calórico de 406.00 kcal/100 g. En cuanto a los minerales se obtuvo un resultado de 0.83% de potasio (K), 0.56% de calcio (Ca), 38.33ppm de zinc (Zn) y 136 ppm de hierro (Fe).

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Acatitlan, J. V. (2001). *Revista de divulgacion*. Obtenido de Revista de divulgacion: <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/535-numero-60/1041-chapulines-comestibles-tradicion-y-sobreexplotacion-en-oaxaca.html>
- Acatitlán, J. V. (2019). *Revista de divulgacion*. Obtenido de Revista de divulgacion: <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/535-numero-60/1041-chapulines-comestibles-tradicion-y-sobreexplotacion-en-oaxaca.html#:~:text=Los%20chapulines%20aportan%20nutrientes%20como,tanto%2C%20poseen%20un%20gran%20valor.>
- A.O.A.C. 1980. Métodos Oficiales de Análisis. Décimo cuarta edición. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C
- Arámbula Villa Gerónimo, B. Á. (2001). Efecto del tiempo de cocimiento y reposo del grano de maíz (*Zea mayz* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas, reológicas, estructurales y texturales del grano, masa y tortillas de maíz. *SCIELO*.
- Datos sobre el Zinc. (2022). *National Institutes of Health*, 4.
- Emerson Durán, C. V. (2017). Encapsulamiento de hierro: otra estrategia para la prevención o tratamiento de la anemia por deficiencia de hierro. 10.
- fatsecret. (2023). *Fatsecret Mexico*. Obtenido de <https://www.fatsecret.com.mx/calor%C3%ADas-nutrici%C3%B3n/search?q=chapulin>
- Fernández A, S. P. (2011). Calcio y nutrición. *Comite Nacional de Nutrición*, 19.
- García, A. A. (2018). VALOR NUTRITIVO DE LA HARINA DEL CHAPULÍN *Sphenarium purpurascens*. *Biología e historia natural*, 7.
- Gasca-Mancera, J. C., & Casas-Alencáster, N. B. (2007). ADICIÓN DE HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO A MASA FRESCA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO. EFECTOS EN LAS PROPIEDADES TEXTURALES DE MASA Y TORTILLA. *Ingeniería química*, 13.
- Guzman, F. (12 de Noviembre de 2018). *GACETA UNAM*. Obtenido de GACETA UNAM: <https://www.gaceta.unam.mx/el-chapulin-de-milpa-mejor-que-la-carne/>
- Health, N. I. (2022). Datos sobre el hierro. *National Institutes of Health*, 3.
- INEGI. (2015). Zimatlán de Álvarez. *INEGI*, 24.

- Juárez, A. (23 de Noviembre de 2018). *EL UNIVERSAL*. Obtenido de EL UNIVERSAL: <https://www.eluniversal.com.mx/menu/por-que-el-chapulín-es-mejor-que-la-carne/>
- Maira RubiSegura Campos, D. M. (2023). Nutritional and functional properties of corn tortillas added with cabbage as an option for diabetes management. *ScienceDirect*, 6.
- Martell Leyva, G. G. (23 de Septiembre de 2021). *Repositorio Digital UAAAN*. Obtenido de Repositorio Digital UAAAN: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/47886>
- Oralia Antuna Grijalva, S. A. (2008). CALIDAD NIXTAMALERA Y TORTILLERA DE MAICES CRIOLLOS DE MEXICO. *Nota científica*, 5.
- Rodriguez, A. M. (16 de Noviembre de 2017). *RMI*. Obtenido de RMI: <https://www.imer.mx/rmi/un-alimento-delicioso-y-nutritivo-hecho-galleta/salud>, S. d. (s.f.). Tortilla de maíz nixtamalizado ""Beneficios para la salud". *SALUD Secretaria de la salud*, 2.
- Sombra, J. T. (2004). La tortilla de maíz mexicana. 26.
- Vázquez, C. P. (02 de Febrero de 2019). *universo*. Obtenido de universo: <https://www.uv.mx/prensa/banner/alumnos-elaboraron-productos-biotecnologicos-con-insectos/#:~:text=%E2%80%9CLos%20chapulines%20son%20ricos%20en,potasio%2C%20f%C3%B3sforo%20y%20calcio.%E2%80%9D>
- Víctor Camilo Pulido Blanco, C. F. (2015). Insectos: Recursos del pasado que podrían ser una solución nutricional para el futuro. *Investigacion y difusion científica agropecuaria* , 20.