

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Dirección General de Investigación  
Programa Universitario de Investigación  
en Alimentación y Nutrición

INFORME FINAL

**ALFORFÓN: ALTERNATIVA PARA COMBATIR EL HAMBRE EN ÁREAS DE  
POBREZA. FASE FINAL**

Equipo de investigación

**Coordinador**

**Ing. Agr. Carlos Guillermo Castañeda Acevedo**

Investigador

Ing. Agr. Darío Amílcar Monterroso Flores.

**Octubre de 2017.**

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN AVALADORA  
Instituto de Análisis e Investigación de los Problemas Nacionales de la Universidad de San  
Carlos de Guatemala. –IPNUSAC–

M.Sc. Gerardo Arroyo Catalán  
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar  
Coordinador General de Programas

Inga. Liuba María Cabrera Ovalle de Villagrán  
Coordinadora del Programa Universitario de Investigación en Alimentación y Nutrición

Ing. Agr. Carlos Guillermo Castañeda Acevedo  
Coordinador del proyecto.

Ing. Agr. Darío Amílcar Monterroso Flores  
Investigador

Partida Presupuestaria  
4.8.63.7.04  
Año de ejecución: 2017

## 1. INDICE

### INDICE

1. INDICE .....	3
2. RESUMEN .....	6
3. ABSTRACT .....	6
4. INTRODUCCION .....	7
5. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	9
6. MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
6.1. Ubicación geográfica de la investigación .....	17
6.1.1. Fisiografía .....	17
6.1.2. Zonas de Vida .....	18
6.1.3. Uso de la Tierra.....	19
6.1.4. Identificación y descripción de cuencas .....	20
6.1.5. Flora y fauna .....	21
6.1.6. Contaminación Ambiental .....	22
6.1.7. Aspectos sociales .....	22
6.2. Tipo de Investigación.....	25
6.3. Técnicas e instrumentos.....	25
6.4. Muestreo .....	27
6.5. Operacionalización de las variables.....	29
7. RESULTADOS.....	30
7.1. Resultados por objetivo.....	30
7.1.1. Caracterización del ciclo agronómico del cultivo.....	30
7.1.2. Cuantificar el rendimiento de grano seco en Kg/Ha y compararlo con el obtenido en los años 2015 y 2016.....	34
7.1.3. Comparar el rendimiento de grano seco en Kg/Ha obtenido en parcela con manejo tradicional y parcela con manejo tecnificado.....	34
7.1.4. Determinar la calidad nutricional del grano obtenido mediante análisis bromatológico y compararlo con el obtenido en los años 2015 y 2016.....	34
7.1.5. Evaluar la preferencia de 3 formulaciones de galleta de alforfón .....	34

7.2. Matriz de resultados .....	40
7.3. Impacto esperado .....	41
8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	42
8.1. Caracterización del ciclo agronómico del cultivo .....	42
8.2. Cuantificar el rendimiento en Kg/Ha y compáralo con el obtenido en las fases I y II .....	45
8.3. Determinar calidad del grano producido mediante análisis bromatológico y compáralo con lo reportado en las fases I y II de la investigación .....	46
8.4. Evaluar el rendimiento de grano seco de alforfón obtenido bajo siembra tradicional y manejo tecnificado .....	48
8.5. Evaluar la preferencia a tres modalidades de galletas de alforfón .....	48
9. CONCLUSIONES .....	49
10. REFERENCIAS .....	50
11. APENDICE .....	54
11.1. Boleta de evaluación de modalidades de consumo .....	54
11.2. Manual actualizado de cultivo de alforfón para las condiciones de Guatemala .....	55
12. ACTIVIDADES DE GESTIÓN, VINCULACION Y DIVULGACION .....	56
13. ORDEN DE PAGO .....	57

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de serie de suelos del municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa .....	18
Figura 2. Mapa de zona de vida del municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa .....	19
Figura 3. Mapa de capacidad de uso de suelos del municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa .....	20
Figura 4. Mapa de cuencas del municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa.....	21
Figura 5. Vista satelital de la ubicación de las parcelas.....	30
Figura 6. Vista de plantas de alforfón recién germinadas.....	31
Figura 7. Vista de la parcela experimental con manejo tecnificado .....	31
Figura 8. Proceso de elaboración de galletas de alforfón .....	35
Figura 9. Presentación gráfica de prueba hedónica galleta 100% harina de alforfón.....	36
Figura 10. Presentación gráfica de prueba hedónica galleta 75% harina de alforfón y 25% fécula de maíz.....	37
Figura 11. Presentación gráfica de prueba hedónica galleta 50% harina de alforfón y 50% fécula de maíz.....	37
Figura 12. Comparación de desarrollo del cultivo en las 3 Fases de investigación.....	44

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la harina de alforfón por porción alimenticia de 100g .....	13
Tabla 2. Composición química proximal del grano de alforfón. ....	14
Tabla 3. Composición química en porcentajes del alforfón comparado con el trigo común.....	16
Tabla 3. Indicadores de salud.....	23
Tabla 5. Operacionalización de las variables de la investigación.....	29
Tabla 6. Resultados análisis de suelos .....	32
Tabla 7. Altura promedio de las plantas durante el ciclo del cultivo 2017, municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa .....	32
Tabla 8. Registro del desarrollo del cultivo de alforfón manejo tradicional .....	33
Tabla 9. Resultados de análisis bromatológico año 2017 en el municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa.....	34
Tabla 10. Resultados de preferencia a tres formulaciones de galletas de alforfón .....	36
Tabla 11. Resultados prueba de Friedman para tres modalidades de galleta.....	38
Tabla 12. Resultados prueba de Basker-Kramer para 3 modalidades de galleta de alforfón .....	39
Tabla 13. Matriz de resultados.....	40
Tabla 14. Composición química proximal de grano de alforfón cultivado en Guatemala .....	47

## **ALFORFÓN: ALTERNATIVA PARA COMBATIR EL HAMBRE EN ÁREAS DE POBREZA. FASE FINAL.**

### **2. RESUMEN**

Se evaluó el cultivo de alforfón (*Fagopyrum esculentum* Moench), conocido también como trigo sarraceno o trigo negro, bajo las condiciones ambientales del municipio de Chiquimulilla, departamento de Santa Rosa, como municipio representativo de la costa sur; caracterizado por precipitaciones medias a altas, suelos fértiles y al igual que la mayor parte del país por prevalencia de pobreza y pobreza extrema. El alforfón es un cultivo con elevado valor nutricional y resistencia a cultivo bajo condiciones adversas para la agricultura, tales como suelos poco fértiles y periodos de sequía prolongados. Las variables evaluadas fueron la adaptación del cultivo mediante la caracterización de su desarrollo fenológico, rendimiento del cultivo por unidad de área y calidad nutricional del grano cosechado esto se comparó con los resultados obtenidos durante las fases I y II en los años 2015 y 2016. Se compararon también rendimientos bajo cultivo tradicional y cultivo tecnificado. Se evaluó la preferencia de un grupo de degustadores a 3 modalidades de galletas. Se obtuvo un rendimiento de 1323.2 Kg/ha en parcela tradicional y 1919.97 Kg/ha en manejo tecnificado. La calidad de grano cosechado fue adecuada de acuerdo al análisis químico proximal.

### **3. ABSTRACT**

Buckwheat cultivation (*Fagopyrum esculentum* Moench), also known as Saracen wheat or black wheat was assessed under the environmental conditions of the municipality of Chiquimulilla, department of Santa Rosa, as a representative locality of the country's Pacific coast; characterized by medium to high rainfall, fertile soils and as much of the country is, prevalence of poverty and extreme poverty. Buckwheat is a crop with high nutritional value and resistance to cultivation under adverse conditions for agriculture, such as poor soils and drought periods. The variables evaluated were crop adaptation to local conditions by characterizing its phenological development, crop yield per area unit and nutritional quality of the grain produced, the results were compared to the ones obtained on phases of research I and II in 2015 and 2016. Crop yield in traditional and technified management fields was evaluated. Preference to 3 types of cookies was analyzed. A yield of 1323.2 Kg/ha in traditional management and 1919.97 Kg/ha in technified management was obtained. According to proximate analysis adequate quality grain was obtained.

#### **4. INTRODUCCION**

El cultivo del alforfón es adecuado para incorporarlo a la Agricultura Familiar (AF), considerada como pilar de la economía campesina, al representar una alternativa altamente efectiva, principalmente para los niños que padecen desnutrición crónica, pues es un alimento funcional, que al no tener gluten puede ser utilizado aún por los celíacos y no produce alergias. Es un producto de fácil digestión.

En Guatemala, ante la diversidad de factores que dificultan la agricultura tradicional y que junto a los bajos ingresos de la población principalmente en el área rural, repercuten directamente en la situación de pobreza que actualmente se sufre, incidiendo en la falta de acceso a una alimentación adecuada, es necesario proveer a la población más necesitada de alternativas viables de cultivos adaptables a condiciones climáticas cada vez más adversas en el marco del fenómeno del cambio climático y calentamiento global y ante el incremento de la pobreza y pobreza extrema a nivel nacional.

Ante las dificultades que enfrentan los productores inmersos en la agricultura campesina, principalmente aquellos que se localizan en las áreas del país menos favorables para la agricultura, la introducción de cultivos innovadores y con amplia utilidad como el alforfón es importante, porque esta planta además de sus beneficios nutricionales ofrece la particularidad fisiológica que cuando ocurren sequías muy prolongadas, detiene su crecimiento, continuándolo cuando recibe aunque sea pequeñas dosis de agua.

Durante los años 2015 y 2016 por medio de proyectos de investigación financiados por la Dirección General de Investigación (Digi), se evaluó la introducción del cultivo de alforfón en 2 localidades del país, en el año 2015 en San Andrés Sajcabajá, Quiché y en 2016 en Pastores, Sacatepéquez, evaluándose y comparándose el desarrollo fenológico del cultivo, su rendimiento y calidad de grano obtenido. Además, durante el año 2016 se evaluaron 3 modalidades diferentes de siembra y se logró evaluar preliminarmente su aceptación por una muestra de catadores de 3 modalidades de consumo. A estas experiencias anteriores se suma la investigación realizada durante este ciclo de investigación en el año 2017, en el cual se ha evaluado la adaptación del cultivo en condiciones del municipio de Chiquimulilla, departamento de Santa Rosa, así como su rendimiento bajo condiciones de manejo mínimo y manejo tecnificado; también, para continuar

la evaluación de su aceptación por parte de consumidores nacionales, se evaluó la aceptación de 3 modalidades de galleta así como las propiedades nutricionales de miel de abeja producida en colmenas cercanas a la plantación de alforfón y se elaboró un manual mejorado de cultivo en formato PDF.

La adaptación del alforfón al medio guatemalteco se considera importante pues el mismo puede contribuir al mejoramiento de la calidad nutricional de la dieta de la población, Wyld, Squibb y Scrimshaw (1958) reportan que aporta hasta el 11.2% de proteínas y que se han obtenido buenos rendimientos en Guatemala. Asimismo, es una planta fácil de cultivar que se adapta a suelos pobres, ácidos, alcalinos y climas secos, pudiéndose cultivar también en suelos húmedos; se cultiva en forma extensiva y no es demandante de cuidados culturales específicos, con mantenerlo limpio es suficiente para lograr su cosecha.

Este proceso de investigación ha permitido dar un primer paso para adaptar y promover la siembra y consumo en el país de este pseudocereal altamente nutritivo con múltiples beneficios a la salud humana y con adaptabilidad a condiciones de suelo y humedad poco favorables.

Nuestro interés al desarrollar este trabajo, que ya nos ha ocupado por tres años, no ha sido realizar una investigación académica para que solamente sirva de referencia, sino que sea útil a los intereses nacionales, para que la Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac) a través de la Digi pueda proponerlo al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (Maga) como ente rector obligado a producir alimentos y a la Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional (San) para que lo utilice en el combate de la desnutrición crónica.

Se continuó investigando durante esta fase final de adaptación desarrollada este año, su adaptabilidad y rendimiento durante este año en las condiciones bioclimáticas del municipio de Chiquimulilla del departamento de Santa Rosa, localizado en la costa sur del país, el que tiene un índice de pobreza general del 31.4% y de pobreza extrema de 6.6% (SEGEPLAN 2011), bajo la premisa que el alforfón se adaptaría en forma similar o superior al reportado en los años 2015 y 2016 en otras localidades y que su rendimiento y calidad de grano serían equiparables a los reportados por la bibliografía en otros países y a las fases previas de investigación durante los años 2015 y 2016.

## 5. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

En el país, la prevalencia de desnutrición crónica ha venido incrementándose juntamente con el aumento de la pobreza extrema, la VI encuesta nacional de salud materno infantil 2014-2015 (MSPAS, 2017) reporta que el 47% de los niños menores de 5 años sufren desnutrición crónica, si además se considera el grupo étnico al que pertenece la madre, se tiene que el 58% de niños indígenas padecen este flagelo, principalmente en los departamentos de Totonicapán, Huehuetenango, Sololá y Quiché; y cuando esto se analiza con base al perfil socioeconómico familiar a través del quintil de riqueza, se tiene que el 66% de los casos de desnutrición aguda se ubican en el quintil inferior.

También reporta la encuesta que el 39% de los niños menores de 5 años afectados por desnutrición crónica tienen madres con sobrepeso (índice de masa corporal  $>25$ ) y que el 67% de niños de madres sin educación son afectados (MSPAS, 2017), lo anterior permite inferir que la desnutrición crónica no está asociada solamente a la pobreza y pobreza extrema sino también a malos hábitos alimenticios producto del desconocimiento de la importancia de no sólo comer sino de nutrirse.

El alforfón (*Fagopyrum esculentum* Moench) o trigo sarraceno se considera un cereal, pero realmente no lo es, aunque posee características similares, no pertenece a la familia de las gramíneas sino a las poligonáceas (Kim, Kim, & Park, 2004). Su grano se caracteriza por su forma trigonal que lo hace inconfundible, está recubierto por una cutícula de color pardo negruzco que no es comestible y que obliga a que generalmente el grano sea mondado o descortezado para su consumo.

Es originario de Asia Central y se ha cultivado tradicionalmente en muchos países. El mayor productor a nivel mundial es Rusia 34.4%, le siguen China 29.4%, Ucrania 8.7% y Francia 5.8%, mientras que en América se cultiva principalmente en Estados Unidos y Brasil (FAO, 2014).

Es una planta que se desarrolla desde regiones frías a templadas y húmedas. Tiene pocas exigencias térmicas, pero es sensible a las heladas y a los calores persistentes. También le son

dañinos los vientos muy secos y muy fríos. El alforfón es un cultivo resistente a las sequías, aunque es afectado en su rendimiento de acuerdo a lo reportado por Yoon, Jang y Jeong (2004).

Su crecimiento es extremadamente rápido, de acuerdo a las condiciones climáticas su ciclo de cultivo puede variar de 65 a 90 días. Vazhov, Kozil y Odintsev (2013) reportan ciclos de cultivo entre 70 a 78 días en la región de Altái en Rusia.

En Europa los rendimientos de alforfón o trigo sarraceno varían entre 1,300 a 1,400 kilogramos por hectárea, aunque se reportan incluso de 2,900 a 3,250 kilogramos por hectárea. En Guatemala, Penagos (1959), reportó rendimientos de 1,340 a 3,116 kilogramos por hectárea. En experiencias más recientes en el país, en los años 2015 y 2016 se han obtenido rendimientos de 901.2 y 1507.4 kilogramos por hectárea respectivamente.

Gracias a sus propiedades puede contribuir al mejoramiento de la calidad nutricional de la dieta de la población, Wyld, Squibb y Scrimshaw (1958) reportan que aporta hasta el 11.2% de proteínas y es un cultivo del que se han obtenido buenos rendimientos en el país. Asimismo, es una planta fácil de cultivar que se adapta a suelos pobres, ácidos, alcalinos y climas secos, pudiéndose cultivar también en suelos húmedos; se cultiva en forma extensiva y no es demandante de cuidados culturales específicos, con mantenerlo limpio es suficiente para lograr su cosecha.

Tiene una adaptabilidad ecológica tal, que puede crecer en todo tipo de entornos poco favorables; en China, particularmente en regiones remotas donde la tierra es tan infértil que casi ningún cultivo puede crecer, el alforfón lo hace (Li & Zhang, 2001).

Es esta alta adaptabilidad de la especie la que ha permitido su difusión geográfica y sus múltiples usos. Es empleado en la alimentación humana, en la alimentación animal, como abono verde, para el control de malezas e incluso es considerado una especie melífera de calidad pues sus flores son muy atractivas para los insectos polinizadores. Christa y Soral-Smietana (2008) indican que el alforfón es introducido en la dieta humana como un cultivo alternativo de amplio interés debido a su valor nutritivo y promotor de la salud.

Dentro de la alimentación humana, destaca por su alto valor nutricional, por poseer proteínas libres de gluten y por sus propiedades beneficiosas para la salud, considerándose como un alimento funcional, principalmente para afecciones como la enfermedad celiaca, que es uno de los desórdenes alimenticios de tipo permanente más comunes a nivel mundial con una prevalencia estimada del 1% de la población (Catassi & Fasano, 2008).

El alforfón contiene relativamente altos niveles de zinc, cobre y manganeso en comparación con cereales tales como el arroz, el trigo y el maíz (Ikeda & Yamashita, 1994). Los aminoácidos que contiene la proteína del alforfón, principalmente su contenido de lisina (que es generalmente el primer aminoácido limitante en otras proteínas de origen vegetal) es alto y bien balanceado (Li & Zhang, 2001).

La proteína del alforfón o trigo sarraceno posee un alto grado de valor biológico, representa el 92.3% del valor biológico de los sólidos totales de la leche descremada y el 81.4% del huevo, lo que la hace semejante a las proteínas de origen animal (Sure, 1955). A través del proceso de maduración del grano de alforfón mantiene constante su composición aminoacídica a diferencia de los cereales que sintetizan y almacenan proteínas ricas en ácido glutámico y prolina y bajas en lisina.

El alforfón también se cosecha verde para la extracción de rutina. La rutina y otros flavonoides son metabolitos secundarios sintetizados por las plantas superiores, musgos y helechos con la finalidad de protegerlas de los efectos dañinos de la radiación ultravioleta. La rutina y otros flavonoides del alforfón tienen múltiples beneficios en la salud humana también, habiéndose establecido que la rutina antagoniza el incremento en la fragilidad capilar asociada con enfermedades hemorrágicas, reduce la presión arterial, disminuye la permeabilidad de los vasos sanguíneos y reduce el riesgo de arteriosclerosis (Fabjan et al., 2003).

El trigo sarraceno es utilizado como suplemento alimenticio para evitar reacciones alérgicas a alérgenos presentes en otras comidas y es usado en muchos países como fuente de complemento proteico en individuos con sensibilidad al gluten (Wieslander & Norback, 2001).

Este pseudocereal es consumido principalmente en forma de harina, que es utilizada como base para la elaboración de pan, galletas, panqueques, los conocidos fideos de soba, entre otros; uno de los hechos más notables de este producto es el alto valor biológico de sus proteínas, las cuales aunque su digestibilidad es relativamente baja, tiene un potente efecto en la disminución del colesterol y grasas, mejora del estreñimiento así como disminución de incidencia de cáncer mamario y de colon al ser evaluado en hámsteres (Tomotake, Shimaoka, Kayashita, Nakajoh, & Kato, 2002).

La generación de un exceso de radicales libres se considera que está asociado con una variedad de condiciones médicas tales como cáncer, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas. La provisión de antioxidantes en la dieta para balancear el sistema de defensa del cuerpo ha sido investigada y recomendada mediante el consumo de frutas y vegetales; la miel es también una fuente nutricional de antioxidantes y en estudios realizados por Gheldof, Wang y Engeseth (2003) han encontrado que la miel de alforfón posiblemente tiene la misma capacidad reguladora y antioxidante que las frutas y verduras.

Elías y Bressani (1975) determinaron el valor nutritivo del maíz amarillo, sorgo, arroz y alforfón como sustituto de la proteína de la mezcla vegetal INCAP-8, comprobando que el alforfón integral molido presentó los mejores índices de crecimiento y conversión de alimentos que otros cereales, cuando se evaluó en pollos en crecimiento. Determinaron también que el Índice de Eficiencia Proteica (PER) del alforfón fue de 2.04, el que resulto 2.5 veces mayor que el maíz, 2 veces mayor que el trigo y significativamente mayor que la cebada y la avena.

Una de las limitantes principales del uso del alforfón como alimento animal es que ocasionalmente el grano, forraje verde o paja causan fotosensibilización de la piel en las porciones expuestas que se manifiesta como erupciones acompañadas de intenso dolor al exponer los animales a la luz. En el ganado, cuando se usa como forraje, se recomienda cortarlo cuando aparecen las primeras flores, antes que madure el grano, ya que de lo contrario contraen fagopirismo debido a la presencia de rutina.

Wieslander (1996) indica que se ha establecido correlación entre la incidencia de ataques de asma en niños y adultos, así como ocurrencia de choque anafiláctico como producto de la exposición a polvo de alforfón, el cual puede ocurrir durante la preparación del grano o bien por el uso de almohadas fabricadas con cáscara del mismo.

El fruto del alforfón es botánicamente un aquenio, este aquenio incluye en su interior una semilla la cual puede ser descascarada o no previa a su procesamiento para elaboración de harina. Los métodos usualmente empleados para la elaboración de harina son molidos con rodillos de piedra o su equivalente mecánico y puede producirse tanto harina integral como harina limpia de cascara. (Ikeda, 2002)

En cuanto al valor nutritivo del alforfón o trigo sarraceno, en la Tabla 1 se reportan los valores de acuerdo a la tabla estándar de composición de alimentos en Japón (CST, 2005).

*Tabla 1. Composición química de la harina de alforfón por porción alimenticia de 100g.*

Descripción		
Energía	Kcal	361
	KJ	1510
Minerales	Agua	13.5 g
	Proteína	12.0 g
	Lípidos	3.1 g
	Carbohidratos	69.6 g
	Cenizas	1.8 g
	Na	2 mg
	K	410 mg
	Ca	17 mg
	Mg	190 mg
	P	400 mg
	Fe	2.8 mg
Zn	2.4 mg	
Cu	0.54 mg	
Mn	1.09 mg	

*Nota:* Tomada de Standard Tables of Food Composition in Japan, The Council for Science and Technology, Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology, Japan - Fifth Revised and Enlarged 2005, 508pp (Japanese with English)

Aunque el uso de harinas de pseudocereales como el alforfón como ingredientes libres de gluten se ha incrementado, la disponibilidad de productos conteniendo estas harinas es todavía bastante limitado y se encuentran pocos productos, principalmente cereales y panes, aún en mercados donde el producto ya es conocido. (Alvarez-Jubete, Arendt & Gallagher, 2010)

Es importante profundizar en la sistematización de procesos de elaboración de productos derivados del alforfón, Ikeda (2002) indica que las principales formas de consumo de este pseudocereal son productos de la harina y sémolas, mientras que Cawoy, Ledent, Kinet y Jacquemart (2009) refieren que es un pseudocereal con multi uso en el ámbito alimenticio con mejores valores nutricionales que la mayoría de cereales y que es un alimento multi funcional con alto potencial industrial.

El trigo sarraceno se puede consumir en forma de grano crudo para lo que basta ponerlo en remojo para que ablande o cocido como los frijoles y en forma de harina para elaboración de panqueques, galletas, etc. Es un alimento que da fuerza, muy recomendable a las personas convalecientes, subalimentadas, a aquellas que sufren de mucho stress o por condiciones de vida particularmente penosas. Tiene la inestimable propiedad de disipar la fatiga y devolver energía. Su consumo frecuente aumenta la resistencia a las infecciones y es un alimento equilibrado que, entre otras, tiene la ventaja de no hacer engordar.

La composición química proximal del alforfón es la siguiente:

*Tabla 2. Composición química proximal del grano de alforfón.*

Parámetro (gr/100gr)	%
Materia seca	87.6
Proteína	11.2
Extracto etéreo	2.0
Fibra cruda	10.7
cenizas	1.7
Extracto libre de nitrógeno	64.0

Tomado de Wyld, M., Squibb R.L., Scrimshaw, N.S. (1958). Buckwheat as a supplement to all-vegetable protein diets. *Journal of Food Science*. 23(4), 407-410.

- *Contenido proteico*

La fracción principal la constituyen las globulinas y las albuminas, en contraste con los cereales verdaderos, los cuales tienen cantidades relativamente altas de prolaminas.

El análisis de aminoácidos de las proteínas señalan que es una excelente fuente de lisina, posee un promedio de 6.1% de la proteína, lo que es más alto que el que posee cualquier cereal, la avena que es el mejor, solo alcanza un promedio de 4.2%. (Pomeranz 1973)

Con respecto a los aminoácidos esenciales presenta un mayor contenido de triptófano, arginina, ácido aspártico y aminoácidos azufrados que el de los cereales y a la vez contiene menos ácido glutámico y prolina.

- *Lípidos*

Los lípidos se distribuyen de manera decreciente en las siguientes estructuras: germen, testa, pericarpio y endospermo.

Según estudios realizados por Pomeranz (1973), los ácidos grasos se encuentran principalmente como ácidos grasos libres constituyendo el 74% del total de los lípidos, les siguen los lípidos ligados que constituyen el 21% del total y finalmente los fuertemente ligados que forman parte del 5% restante.

Los principales ácidos grasos reportados son el palmítico, esteárico, linolénico, araquídico y lignocérico, que constituyen el 93% de los lípidos totales.

- *Extracto libre de Nitrógeno*

Tomic (1978) reporta que el componente carbohidratado principal es el almidón y en menor grado los polisacáridos solubles en agua. Dentro de este último grupo predominan cadenas de ácido glucurónico, manosa y galactosa, encontrándose los dos primeros en una estructura ramificada con residuos de xilosa y galactosa como extremos no reductores.

- *Fibra cruda y ceniza*

En comparaciones realizadas por el Tomic (1978) mediante análisis químico proximal de este grano con el maíz, arroz y maicillo, demostró poseer mayor contenido de cenizas y fibra cruda y menor cantidad de extracto libre de nitrógeno.

En cuanto al valor nutritivo del alforfón o trigo sarraceno, en la siguiente tabla se detalla la composición química del grano y harina en comparación con el trigo común.

*Tabla 3. Composición química en porcentajes del alforfón comparado con el trigo común.*

Componente	Grano		Harina	
	Trigo Corriente	Alforfón	Trigo Corriente	Alforfón
Humedad	13.5	13.25	14.5	15
Proteínas	13.5	10.5	12	6
Lípidos	1.75	1.75	1	1.1
Carbohidratos	67	60.5	70	63
Celulosa	1.5	12	0.3	0.8
Cenizas	2	1.75	0.4	0.9

Tomado de Penagos, M.D. (1959). *Valiosas investigaciones sobre el trigo sarraceno como fuente de proteínas*. En: Primer Congreso Nacional de Ingeniería y Arquitectura. Guatemala, abril, 1959. Guatemala, Colegio de Ingenieros.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. Ubicación geográfica de la investigación

#### 6.1.1. Fisiografía

El municipio de Chiquimulilla se ubica en la región fisiográfica de la Llanura costera del Pacífico, subregión Planicie aluvial costera (María Linda-Paz) y en el gran paisaje denominado Abanico aluvial del río Los Esclavos.

Las características fisiográficas del área de acuerdo a la memoria descriptiva del Mapa fisiográfico-geomorfológico (UPGGR, 2004) son:

*“Ubicación y localización: Se localiza principalmente en el Departamento de Santa Rosa, desde los alrededores de Chiquimulilla (al norte) hasta el Océano Pacífico.*

*Morfografía: La unidad está compuesta por tres geoformas: la parte del vértice, la parte media y la parte distal. Las elevaciones que llegan hasta los 500 msnm con pendientes menores al 6% y tipo de drenaje Meandrico y yasoo.*

*Tipo de roca: En su superficie abundan los fragmentos subangulares de lava andesítica, traídos en forma de corrientes de lodo y lahares, todo esto dentro de una matriz muy piroclástica de pómez y ceniza, que han sido retrabajadas por corrientes fluviales.*

*Morfogénesis: Su origen se debe a sucesivos aportes del río Los Esclavos, el cual va desde épocas remotas ha estado transportando materiales.*

*Morfocronología: La edad de estos depósitos está comprendida dentro del pleistoceno y llega al reciente”.*

El sitio de las parcelas experimentales se localiza en un área en la que la serie de suelos pertenece a la clase “Taxisco” de acuerdo a la clasificación de suelos de Simmons, Tárano y Pinto (1959) los cuales son suelos cuyo material madre es lahar pedregoso, con relieve de plano a inclinado, buen drenaje interno, suelo superficial con color café rojizo, textura franco arcillosa, friable y con espesor aproximado de 30 centímetros, el subsuelo es de color rojo, textura

arcillosa y espesor de 60 a 100 centímetros y con la particularidad de presentar problemas en el mantenimiento de materia orgánica.

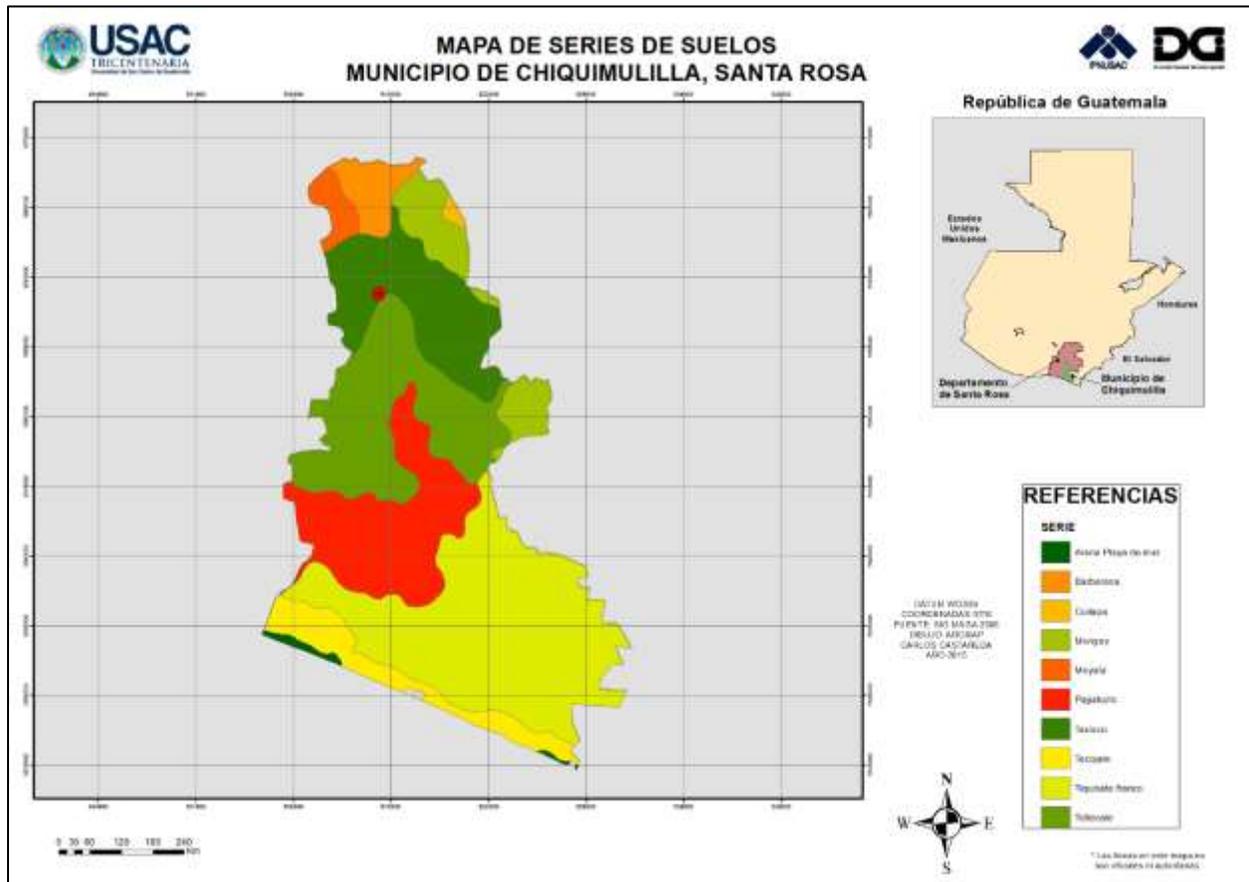


Figura 1. Mapa de serie de suelos del municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa

### 6.1.2. Zonas de Vida

El territorio que ocupa el municipio se ubica dentro de la zona de vida, Bosque muy húmedo sub tropical (cálido), el cual tiene las características que se describen a continuación (INAFOR, 1983).

“ Bosque muy húmedo subtropical (cálido) *bmh-S (c)*

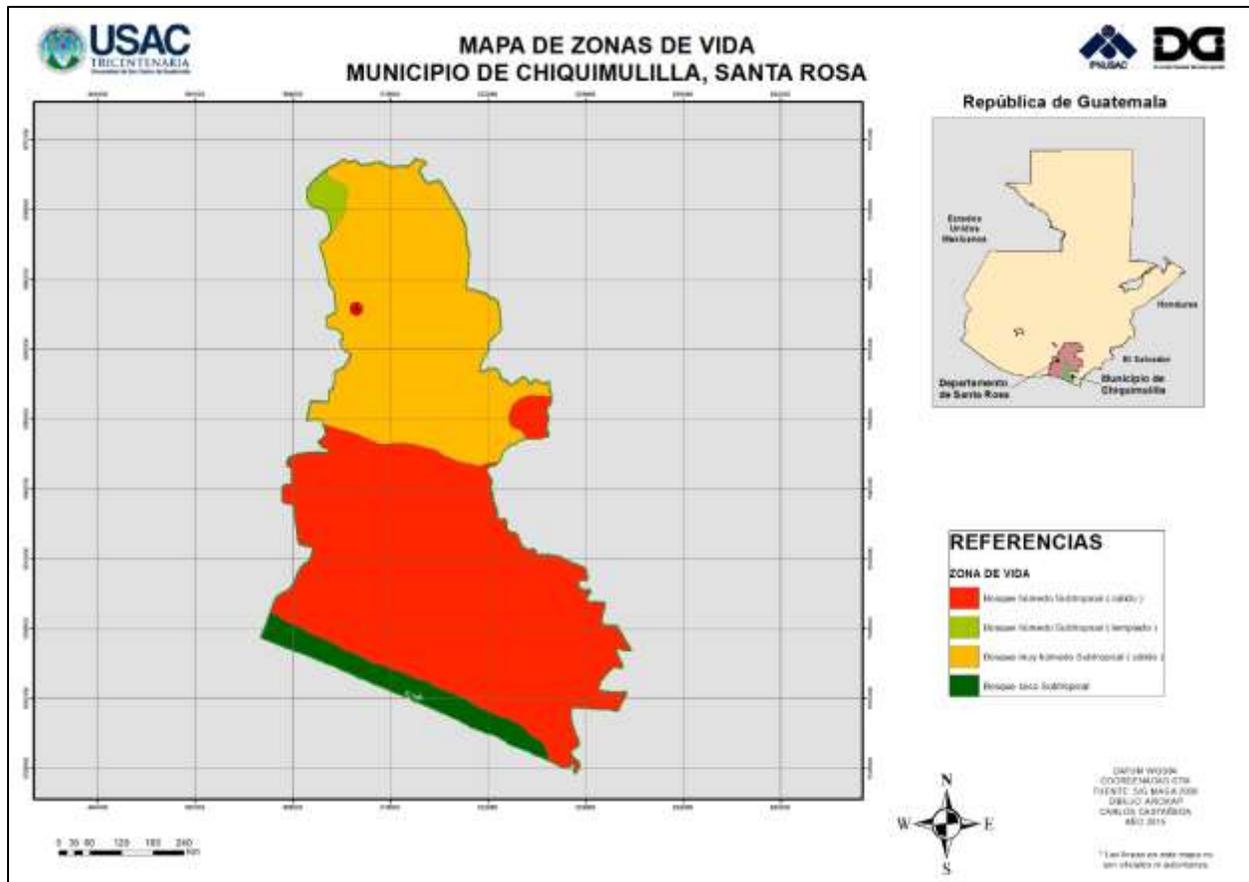
Altitud 80 hasta 1600 msnm

Precipitación Pluvial 1587 a 2066 mm anuales

*Temperatura*                      21 a 25 °C

*Suelos*                                *Profundos, de textura fina, moderadamente bien drenados, de color pardo o café a rojizo”.*

En la siguiente figura se presenta el mapa temático de zonas de vida del municipio de Chiquimulilla.



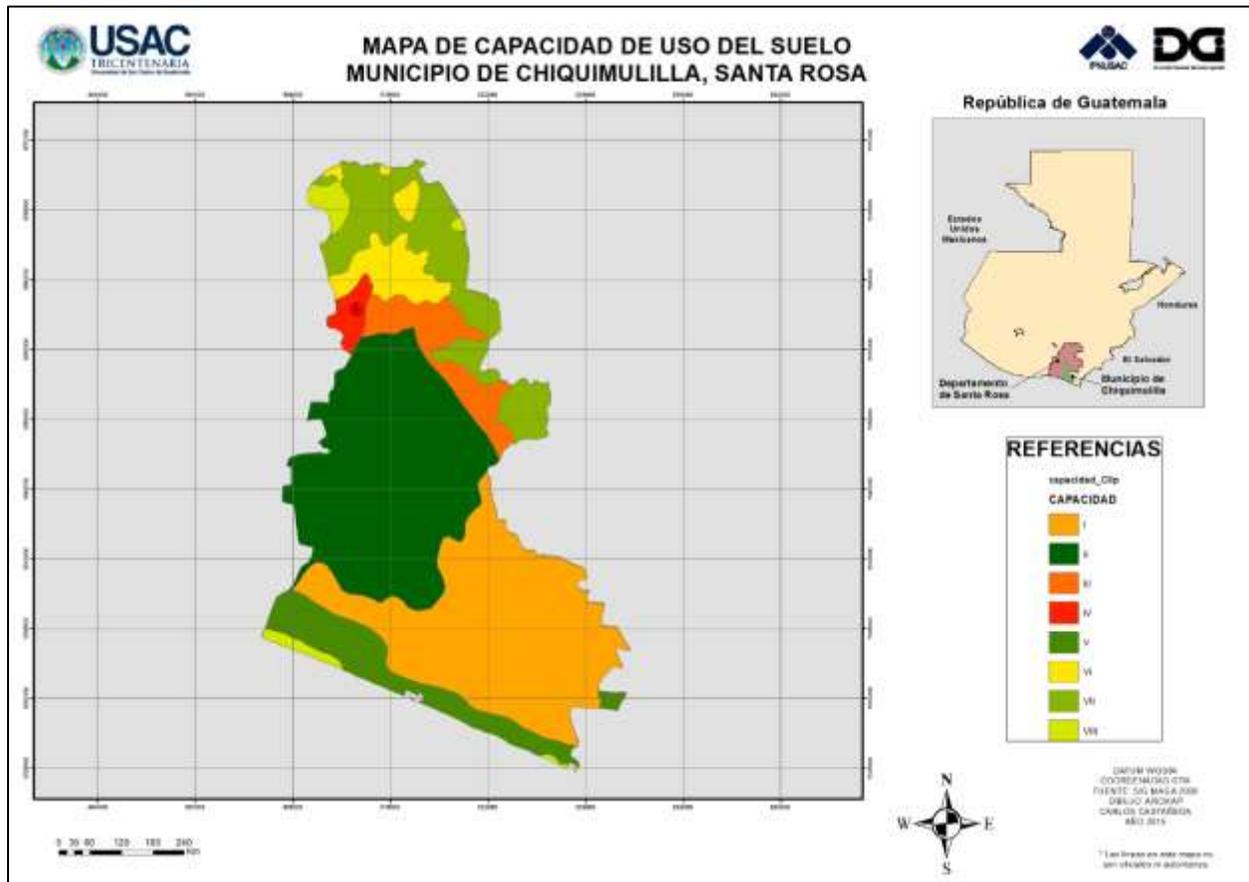
*Figura 2. Mapa de zona de vida del municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa*

### **6.1.3. Uso de la Tierra**

El principal uso que se le da a los suelos en ese municipio, es el destinado a agricultura limpia anual, los cultivos principales son maíz y frijol, que se producen en todas las áreas pobladas del municipio, le sigue en importancia cultivos permanentes como el café, otra actividad relevante es la ganadería extensiva.

De acuerdo a la clasificación agrológica, en el municipio se localizan las clases: I a la IV según los criterios de clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) siendo en general tierras cultivables, aptas para todo tipo de cultivos de clima cálido aunque con algunas limitaciones especialmente en cuanto a disponibilidad de agua, de topografía plana a levemente inclinada.

En la mayoría de las comunidades del municipio, es evidente la deforestación existente debido al sobre uso del recurso para el aprovechamiento principalmente para extracción de madera y leña.



*Figura 3. Mapa de capacidad de uso de suelos del municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa*

#### **6.1.4. Identificación y descripción de cuencas**

En cuanto a su hidrografía, el municipio cuenta con los siguientes ríos: Oliveros, El Jute, Frío, Grande, Ixcatuna, Las Flores, Las Marías, Los Esclavos, Margaritas, Paso Caballos, Pinzón, Sinacantan, Ulapa, Umoca, Urayala y Uxuna. También lo atraviesan los siguientes riachuelos:

Aguacoco, Champote, Guichapi, La Corona y Santa Catarina; además se localiza en esta jurisdicción la laguna Coatepeque, así como el Canal de Chiquimulilla. (UPGGR, 2004).

Hay 3 cuencas hidrográficas que drenan el territorio del municipio, Los Esclavos, Paso Hondo y Paz; todas pertenecientes a la vertiente del Pacífico. (UPGGR, 2004).

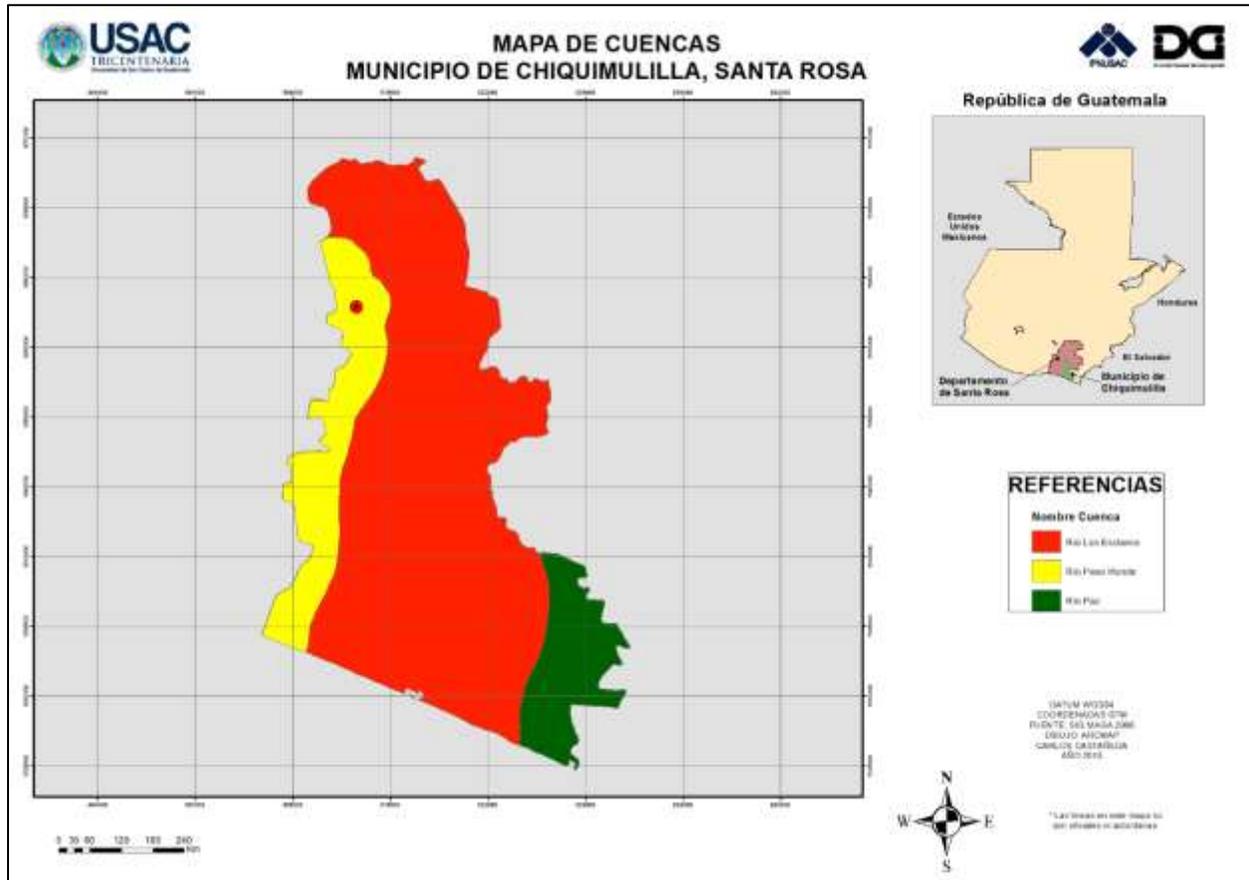


Figura 4. Mapa de cuencas del municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa

### 6.1.5. Flora y fauna

Está conformada por una gran diversidad de especies, entre las que sobresalen *Terminalia oblonga*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Sickingia salvadorensis*, *Triplaris melaenodendrum*, *Cybistax donnell-smithii*, *Andira inermis*, entre otras; además de especies cultivadas como, cítricos, café, cacao, caña de azúcar, maíz y frijol.

Las especies animales que se encuentran en el municipio son: taltuzas, tacuazines, ardillas, comadrejas, gavilanes, conejos, zopilotes, armadillo, palomas, clarineros, iguanas, bovinos, aves de corral, perros y gatos.

#### ***6.1.6. Contaminación Ambiental***

Existen problemas de contaminación ambiental en el municipio:

- a) Aguas servidas: solamente la cabecera municipal cuenta con drenaje las aguas servidas son drenadas a pequeños ríos alternos, no se dispone de una planta de tratamiento.
- b) Basura: los desechos sólidos generados por cada una de las viviendas son recolectados mediante el tren de aseo municipal, sin embargo en las comunidades más rurales, las mismas son quemadas en los patios de las casas.
- c) Otro problema de contaminación ambiental es el provocado por las personas que carecen de letrinas y hacen sus necesidades fisiológicas a flor de tierra.
- d) La utilización de pesticidas en forma descontrolada en las actividades agrícolas, principalmente en la producción de hortalizas contribuyen a la contaminación ambiental.

#### ***6.1.7. Aspectos sociales***

##### ***Demografía***

##### ***Indicadores de Bienestar Social***

El informe nacional de desarrollo humano del año 2,005 refiere que el municipio de Chiquimulilla presenta un Índice de Desarrollo Humano (PNUD,2005) de 0.621, con un 63.4% de la población en condiciones de pobreza y un 19.8% de la misma en pobreza extrema.

Chiquimulilla es un municipio que cuenta con una población de 43,623 habitantes de acuerdo al último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística, su población es bastante joven, ya que el 53% tiene menos de 20 años. Por otro lado, un 72.5% de la población es urbana y el restante 27.5% es rural (SEGEPLAN,2011).

De acuerdo a la extensión territorial del municipio, la densidad de población se estima en 73 habitantes por kilómetro cuadrado siendo una de las más bajas del departamento y muy por debajo de la densidad nacional que es de 103 habitantes por kilómetro cuadrado.

### ***Salud***

De acuerdo con estadísticas del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (Mspas) los principales indicadores del sector en el municipio son los siguientes:

*Tabla 4. Indicadores de salud.*

Tasas	Porcentaje
Tasa de mortalidad infantil x 1,000 nacidos vivos	8.3
Tasa de mortalidad materna x 100,000 nacidos vivos	134
Tasa global de partos atendidos por médicos	40
Cobertura de vacunación BCG a niños menores de 1 año	100

Tomado de Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia, SEGEPLAN. (2011). *Plan de desarrollo territorial del municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa*. Guatemala. Dirección de Planificación Territorial.

Las enfermedades que más afectan a la población son: Dengue y paludismo, las cuales se consideran endémicas; Parasitismo Intestinal, desnutrición, anemia, infecciones respiratorias, bronconeumonías, amebiasis intestinal e infecciones de la piel.

### ***Educación***

En el nivel primario el municipio cuenta con cobertura en la mayoría de las comunidades y las escuelas son de 2 aulas con cobertura de primero a sexto grado. De acuerdo con estadísticas de CONALFA el año 2,012 el municipio tenía un 23.13% analfabetismo en hombres y 26.83% en mujeres.

### ***Historia y festividades***

Chiquimulilla estuvo habitada por el pueblo Xinca, inicialmente el municipio se llamó Santa Cruz Chiquimulilla, el 29 de octubre de 1825 se elevó a la categoría de villa. Fue suprimido como municipio por Acuerdo Gubernativo del 1 de octubre de 1883 y restablecido por Acuerdo Gubernativo del 4 de enero de 1887.

Las tradiciones y costumbres indígenas se han perdido, el 99% de la población se identifica como no indígena y el idioma xinca tiene muy pocos hablantes. La feria patronal se celebra del 28 de abril al 4 de mayo, donde se desarrollan actividades deportivas, sociales y culturales, siendo característicos los jaripeos.

### ***Sistema vial y transporte***

Hay dos vías de acceso: Vía Escuintla; por la carretera del pacífico Ruta CA-9, hasta la ciudad de Escuintla (60 km), de allí se toma la carretera Panamericana Ruta CA-2, hasta llegar a Chiquimulilla (90 km). Vía Cuilapa; por la carretera a El Salvador Ruta CA-1, hasta el entronque con la carretera nacional 1 por la cual se sigue hasta Chiquimulilla. Ambas rutas son asfaltadas en muy buenas condiciones.

De la cabecera municipal hacia las comunidades, las carreteras son asfaltadas y de terracería, transitables, en buenas condiciones, pero con necesidad de mantenimiento constante, especialmente en época de lluvias.

### ***Sistema de Electrificación***

Existe cobertura de la red eléctrica nacional en la cabecera municipal y en las comunidades del municipio. El alumbrado eléctrico es el más utilizado con un 80% de cobertura mientras que el 20% utiliza todavía candelas.

### ***Sistema de Agua Potable y saneamiento básico***

En cuanto a disponibilidad de servicio de agua para los hogares es todavía bastante deficiente, predomina la categoría de acceso por tubería, con el 47.7% del total de la población. De acuerdo a datos del INE, en el censo del 2002 se registró un 74.6 por ciento de hogares a nivel nacional con acceso a agua por tubería.

La cabecera municipal cuenta con drenaje sanitario y muchas comunidades del área rural del municipio también, en el resto de comunidades utilizan letrinas para deposición de excretas, reportándose una cobertura del 50%.

## **6.2. Tipo de Investigación**

Se realizó una investigación de tipo experimental, cuyas variables fueron:

1. Cuantitativa: Comparación del rendimiento de grano seco en kilogramos por hectárea obtenido en el municipio de Chiquimulilla, departamento de Santa Rosa con el obtenido en los años 2015 y 2016 en el municipio de San Andrés Sajcabajá, departamento de Quiché y el municipio de Pastores departamento de Sacatepéquez.
2. Cuantitativa: Evaluación del rendimiento obtenido en una parcela adicional de alforfón con manejo tecnificado (Fertilización y riego).
3. Ordinal: Preferencia por una de las tres formulaciones de galleta de harina de alforfón.
4. Cuantitativa: Comparación de la calidad nutricional de grano cosechado en el municipio de Chiquimulilla, departamento de Santa Rosa, con la obtenida en los años 2015 y 2016 en el municipio de San Andrés Sajcabajá, departamento de Quiché y el municipio de Pastores departamento de Sacatepéquez.
5. Cuantitativa: Comparación de la calidad nutricional de miel de abeja producida a partir de néctar de miel de alforfón con la miel de abeja producida con néctar de las especies locales del municipio de Chiquimulilla, departamento de Santa Rosa.

## **6.3. Técnicas e instrumentos**

La investigación se realizó con la siguiente metodología:

- a. Investigación bibliográfica: Revisión de literatura existente a nivel internacional y a nivel nacional.
- b. Ubicación geográfica: Caracterización de la zona de estudio mediante investigación bibliográfica en aspectos climáticos, utilizando registros históricos de la estación Quezada del INSIVUMEH (2016), que es la más cercana al sitio de la parcela experimental; y de aspectos medio ambientales, se realizó además muestreo de suelos, para ello se tomó una muestra de suelo compuesta, homogenizada en la parcela experimental que fue analizada en parámetros físicos y

químicos en el laboratorio de suelos de la Facultad de agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

c. Preparación del terreno: Sin mecanización. Se utilizó mano de obra local y aperos de labranza.

d. Siembra y cuidados culturales durante el desarrollo del cultivo: La siembra fue manual, el control de malezas se hizo con aperos manuales. En la parcela 1 no se aplicaron plaguicidas ni fertilizantes químicos mientras que la parcela 2 se dio manejo tecnificado aplicándose fertilizante químico y riego por goteo. Cada parcela con un área de 3500 metros cuadrados (la misma área de la sembrada en los años 2015 y 2016).

d. Corte: Manual.

e. Secado del grano: Este puede hacerse al aire libre, pero la prevalencia de las lluvias y el clima demasiado húmedo obligo a que secase a la sombra, mediante el efecto del ambiente, sin uso de secado artificial.

f. Obtención del grano: Una vez lograda la humedad adecuada se desgrano en forma manual.

g. Limpia del grano: Manual, ventilado al aire libre.

h. Pesaje y ensacado del grano: Se pesó el grano para determinar el rendimiento haciendo uso de una balanza marca My Weight HD300 con una precisión de 0.1 libras y se guardó en sacos de manta.

i. Realización de análisis bromatológico (químico-proximal) a una muestra homogenizada de 1 libra del grano obtenido en la parcela con manejo tradicional, el cual fue analizado en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

j. Se colocaron 4 colmenas tradicionales de madera a una distancia de 50 metros de las parcelas y se cosecho la miel de una de ellas. Se analizó la calidad nutricional de dicha miel con los parámetros de miel común de la zona para comparar sus propiedades.

j. Realización de prueba de degustación a 45 estudiantes de nivel básico a los cuales se les presentaron 3 formulaciones de galleta de alforfón, se realizó una prueba hedónica en la cual se

presentaron cuatro alternativas de gusto a cada modalidad y se calificó mediante el uso de boletas que se presentan como anexo.

Las alternativas de gusto fueron:

- No me gusto nada
- Me gusto poco
- Me gusto
- Me gusto mucho

Las formulaciones evaluadas fueron:

Galleta con 100% de harina de alforfón

Galleta con 75% de harina de alforfón y 25% de fécula de maíz

Galleta con 50% de harina de alforfón y 50% de fécula de maíz

#### **6.4. Muestreo**

Se realizó muestreo estadístico durante el desarrollo fenológico del cultivo en las parcelas de 3500 metros cuadrados, registrándose semanalmente la altura de una muestra de 100 plantas elegidas al azar a las cuales se les midió la altura a lo largo del ciclo de cultivo. El universo estuvo constituido por todas las plantas sembradas en la parcela.

La fórmula empleada para determinar el tamaño de la muestra fue entonces:

$$n = \frac{Z\alpha^2 \cdot p \cdot q}{i^2}$$

Dónde:

$Z\alpha^2$ = valor correspondiente a la distribución de Gauss  $Z_{0.05}=1.96$

p= Prevalencia esperada del parámetro a evaluar (Sí se desconoce 0.5)

q= 1 – p

i= Error (10% = 0.1)

Sustituyendo valores en dicha fórmula se obtuvo un tamaño de muestra de 96.04 se tomaron entonces 100 mediciones de altura cada vez que se midió este parámetro, se obtuvo la media aritmética de cada medición para así reportar una altura promedio de plantas en cada nivel de desarrollo.

Para la determinación del rendimiento de grano en las parcelas 1 y 2 de 3500 metros cuadrados cada una, se tomó la cantidad total de grano seco obtenido y se extrapolo para estimar el rendimiento en kg por hectárea.

Para el análisis de preferencia a tres formulaciones de galleta se hizo una prueba hedónica con 4 posibles respuestas cualitativas (gusto) constituyéndose cada modalidad de consumo en un tratamiento y cada uno de los 45 estudiantes en un bloque, se realizó prueba de Friedman. Cada estudiante participo ampliamente informado y por su propia voluntad en la prueba.

## 6.5. Operacionalización de las variables

Las variables y su forma de análisis se presentan en la tabla 6.

*Tabla 5. Operacionalización de las variables de la investigación*

Tipo de variable	Dimensional	Forma de análisis
Cualitativa	Días a la aparición de determinada característica	Descripción de las diferentes etapas fenológicas del cultivo principalmente: Días a la germinación, días al apareamiento de primeras hojas verdaderas, etapa de desarrollo vegetal, días al inicio de floración, días al inicio de la formación de grano, días a la cosecha. También se registró incidencia a plagas y enfermedades y cualquier otro aspecto agronómico relevante. Se hizo una observación semanal.
Cuantitativa	Kilogramos/hectárea	Pesaje del grano cosechado para determinar el rendimiento. Comparación con rendimiento obtenido en los años 2015 y 2016.
Cuantitativa	Kilogramos/hectárea	Pesaje del grano cosechado en parcela tecnificada para determinar el rendimiento. Comparación con rendimiento obtenido en parcela con manejo tradicional.
Cuantitativa	Diferentes parámetros, algunos en porcentaje y otros en gramos y miligramos	Análisis bromatológico. Se analizó muestra homogénea de una libra de grano de la parcela con manejo tradicional la que se envió al laboratorio de bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria de la USAC. Se comparó los parámetros obtenidos con los reportados en los años 2015 y 2016.
Cuantitativa	Diferentes parámetros, algunos en porcentaje y otros en gramos y miligramos	Análisis bromatológico. Se analizó muestra de miel de colmenas cercanas a la parcela que se envió al laboratorio de bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria de la USAC. Se comparó los parámetros obtenidos con los de miel común del área.
Cualitativa	Me gusta mucho, me gusta, no me gusta, no me gusta nada	Se realizó prueba hedónica para determinar preferencia de 45 estudiantes de nivel básico a las 3 modalidades de galleta de alforfón.

## 7. RESULTADOS

### 7.1. Resultados por objetivo

#### 7.1.1. Caracterización del ciclo agronómico del cultivo

El proceso de investigación surgió bajo la premisa de evaluar la adaptación del cultivo de alforfón a las condiciones agroambientales del municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa y compararlo con lo reportado en las fases I y II de la investigación realizada en los años 2015 y 2016 en los municipios de San Andrés Sajcabajá, Quiché y Pastores, Sacatepéquez.

La siembra de las parcelas experimentales del cultivo de alforfón se realizó los días 26 y 27 de julio del 2017 en un sitio localizado en las coordenadas geográficas 14° 02' 46.00" latitud Norte y 90° 18' 57.03" longitud Oeste en el municipio de Chiquimulilla, departamento de Santa Rosa; siendo las mismas totalmente planas con suelo de textura franco arenosa, pH ácido, fertilidad natural media con niveles levemente altos de hierro y potasio.



*Figura 5. Vista satelital de la ubicación de las parcelas*



*Figura 6. Vista de plantas de alfarfón recién germinadas*

El área sembrada fue de 3,500 metros cuadrados en 2 parcelas 1 con manejo tradicional (labranza mínima y sin agroquímicos) y 1 con manejo tecnificado (fertilización química y riego), utilizándose para ello cuarenta libras de semilla (20 libras por parcela) obtenidas durante la cosecha de la fase II realizada en el año 2016. Se hizo la siembra los días 26 y 27 de julio del 2017.



*Figura 7. Vista de la parcela experimental con manejo tecnificado*

Previo a la preparación del suelo en las parcelas experimentales, se realizó la toma de muestra de suelos para determinación de características físicas y químicas del mismo, para ello se obtuvo una muestra de suelo compuesta, producto de la toma de muestras simples al azar. La muestra se

analizó en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el cual reporto los siguientes resultados:

*Tabla 6. Resultados análisis de suelos*

		ppm					Meq/100 gr					%	
pH	P	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB	MO	
5.6	7.65	1.40	2.00	22.00	7.70	16.60	6.70	1.30	0.20	0.50	62.52	3.75	
Arcilla 45% Limo 31% Arena 24% Clase Textural Franco Arcilloso													

Siendo uno de los objetivos planteados en la investigación, el registrar el desarrollo fenológico del cultivo bajo las condiciones del área de estudio, se realizaron observaciones y mediciones de la altura de las plantas con una frecuencia semanal, obteniéndose con ello un registro detallado del comportamiento del mismo y permitiendo esto comparar su desarrollo con el reportado por la bibliografía en otros países.

Las mediciones fueron semanales, tomándose una muestra de 100 plantas elegidas al azar, obteniéndose con ello el promedio de altura en función de los días desde la siembra, así como también la identificación de los diferentes estados fenológicos del cultivo. Los datos recabados se presentan en las tablas 7 y 8.

*Tabla 7. Altura promedio de las plantas durante el ciclo del cultivo 2017, municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa*

Días desde la siembra	Altura promedio planta	
	$\pm$ desv. est.	% de desviación
0	$0 \pm 0.00$	0.00
11	$8 \pm 2.05$	25.62
19	$21 \pm 4.34$	20.66
28	$42 \pm 4.08$	9.71
35	$83 \pm 5.89$	7.09
42	$105 \pm 9.39$	8.94
50	$116 \pm 10.87$	9.37
60	$132 \pm 11.83$	8.96

*Tabla 8. Registro del desarrollo del cultivo de alforfón manejo tradicional*

Días desde la siembra	Altura de plantas en centímetros	Desarrollo fenológico	Observaciones
0	0	Semilla	Fecha de siembra: 26-07-2017
3 a 8	2 - 4	Germinación y emergencia	Las plantas empezaron a emerger del suelo a los 3 días en su mayor parte y no más allá de 5 días después de la siembra.
11	8	Desarrollo vegetativo.	La planta tiene un crecimiento vegetativo acelerado.
19	21	Desarrollo vegetativo continúa.	Las plantas cuentan con 4 hojas y crecen rápidamente. Ataque de zompopos.
28	42	Desarrollo vegetativo. Las plantas presentan hojas pecioladas en la parte inferior y sin peciolo en las partes altas.	Inicia la floración. Inflorescencias de color blanco. Debido al viento un 10% de las plantas han sufrido volteo.
35	83	Continúa desarrollo vegetativo acelerado y plantas completamente en floración.	Inflorescencias de color blanco, flores pentámeras, perfectas, en grupos de 10 a 12 flores.
42	105	Inicia la formación de fruto.	La mayor parte de las plantas han iniciado la formación del fruto con consistencia blanda y color blanquecino.
50	116	Maduración del fruto.	El fruto toma una coloración café oscuro y consistencia coriácea.
60	132	Fruto totalmente maduro y listo para cosecharse.	El fruto ha tomado una consistencia dura y color café oscuro y se encuentra en condiciones para ser cosechado.

**7.1.2. Cuantificar el rendimiento de grano seco en Kg/Ha y compararlo con el obtenido en los años 2015 y 2016.**

Después de cosechado el grano, se limpió y seco bajo techo por un período 2 semanas, una vez hecho esto, se pesó y se tuvo un rendimiento de 1024.52 libras en 3,500 metros cuadrados, equivalentes a una producción de 1327.2 Kg/Ha.

**7.1.3. Comparar el rendimiento de grano seco en Kg/Ha obtenido en parcela con manejo tradicional y parcela con manejo tecnificado**

El grano limpió y seco obtenido en la parcela con manejo tecnificado, se pesó y se tuvo un rendimiento de 1478.38 libras en 3,500 metros cuadrados, equivalentes a una producción de 1919.97 Kg/Ha.

**7.1.4. Determinar la calidad nutricional del grano obtenido mediante análisis bromatológico y compararlo con el obtenido en los años 2015 y 2016**

Una muestra de grano con un peso de 1 libra fue llevada al laboratorio de bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizándose un análisis químico proximal con los resultados presentados en la tabla 9.

*Tabla 9. Resultados de análisis bromatológico año 2017 en el municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa*

Base	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	Proteína Cruda %	Cenizas %	E.L.N. %
Seca	17.29	82.71	2.21	15.75	16.81	3.21	64.53
Como alimento	--	--	1.74	12.83	13.78	2.60	--

**7.1.5. Evaluar la preferencia de 3 formulaciones de galleta de alforfón**

Se elaboraron 3 formulaciones diferentes de galleta de alforfón, cada una se considero un tratamiento; el tratamiento 1 fueron galletas hechas con 100% harina de alforfón, el tratamiento 2 fueron galletas con 75% harina de alforfón y 25% fécula de maíz y el tratamiento 3 fueron galletas con 50% harina de alforfón y 50% fécula de maíz.

En la figura 8 se puede apreciar el proceso de elaboración de las galletas.



(1) Harina integral de alforfón (2) Adición de bicarbonato de sodio, sal y fécula de maíz cuando necesario (3) Adición de huevo (4) Se añade mantequilla derretida y azúcar (5) Se mezclan los ingredientes (6) Amasado a mano (7) La masa se deja reposar 30 minutos (8) Se moldea la masa y se cortan las galletas (9) Se colocan las galletas en una plancha y se hornean (10) Galletas horneadas y enfriándose

*Figura 8. Proceso de elaboración de galletas de alforfón*

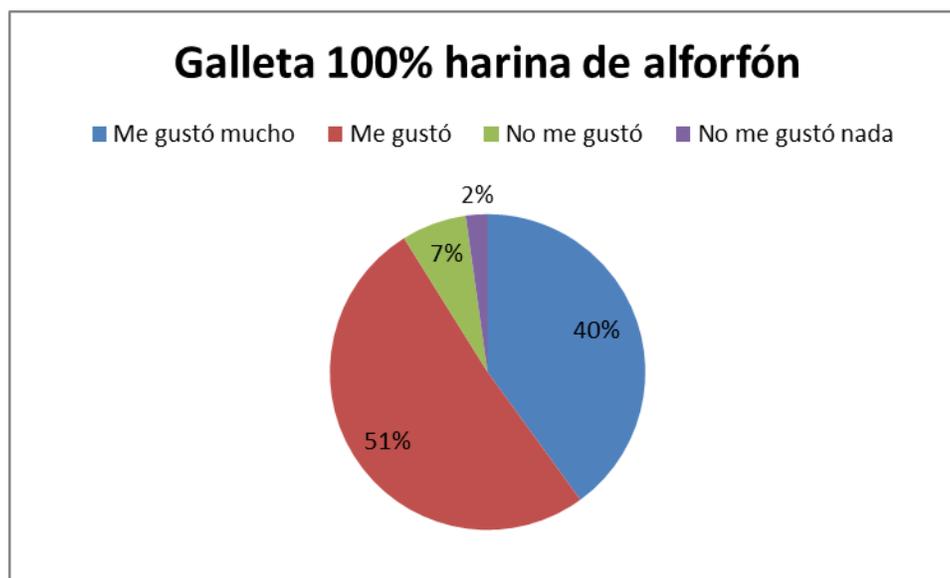
Se realizó una prueba hedónica para medir la aceptación a tres formulaciones de galletas de alforfón a un grupo de 45 estudiantes de ciclo básico, obteniéndose las respuestas presentadas en la Tabla 10.

*Tabla 10. Resultados de preferencia a tres formulaciones de galletas de alforfón*

Respuesta	Tratamientos		
	T1*	T2**	T3***
Me gustó mucho	18	8	8
Me gustó	23	25	24
No me gustó	3	11	8
No me gustó nada	1	1	5
Total	45	45	45

\*Galleta 100% harina de alforfón \*\*Galleta 75% harina de alforfón y 25% fécula de maíz \*\*\*Galleta 50% harina de alforfón y 50% fécula de maíz

Las respuestas obtenidas se presentan en forma gráfica en las figuras 9 10 y 11.



*Figura 9. Presentación gráfica de prueba hedónica galleta 100% harina de alforfón.*

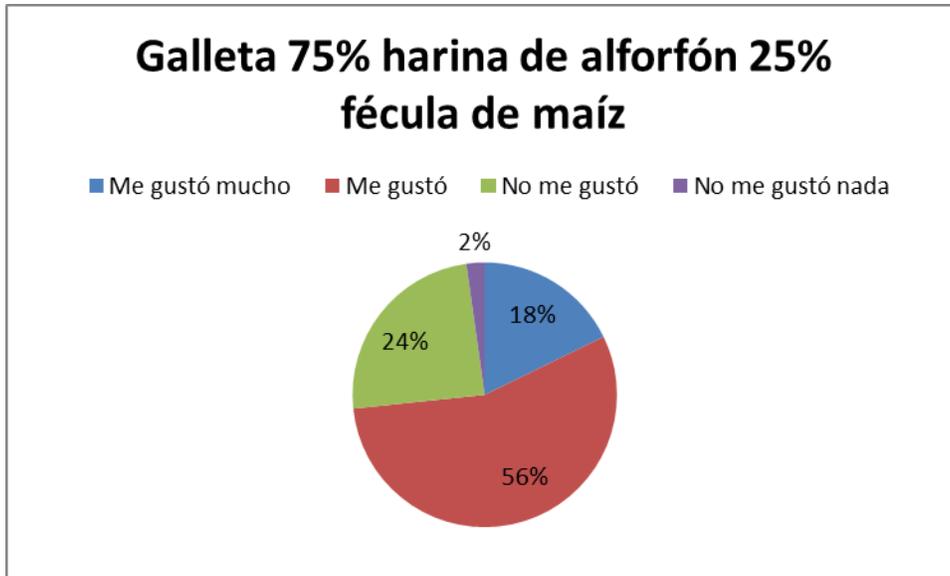


Figura 10. Presentación gráfica de prueba hedónica galleta 75% harina de alforfón y 25% fécula de maíz.

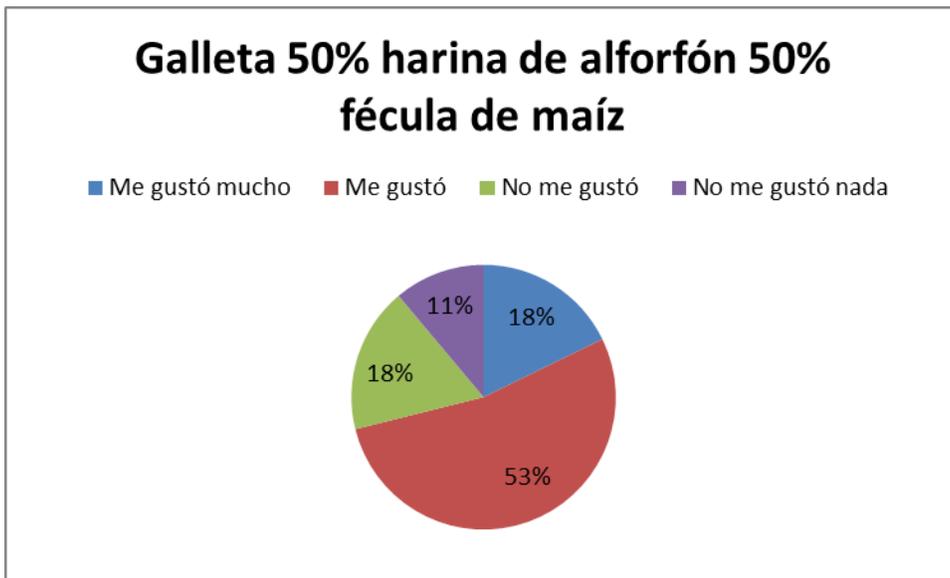


Figura 11. Presentación gráfica de prueba hedónica galleta 50% harina de alforfón y 50% fécula de maíz.

Al realizar la prueba de Friedman para determinar orden de preferencia se tiene:

Tabla 11. Resultados prueba de Friedman para tres modalidades de galleta

BLOQUES	TRATAMIENTOS		
	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>
1	1	1	2
2	2	2	2
3	1	2	2
4	2	3	3
5	2	2	1
6	2	2	1
7	2	3	2
8	1	1	1
9	2	2	1
10	1	1	2
11	2	2	1
12	2	1	1
13	2	2	3
14	2	3	4
15	1	2	2
16	1	2	2
17	1	1	1
18	1	2	2
19	2	2	2
20	1	3	3
21	1	2	2
22	2	3	2
23	2	4	3
24	2	2	2
25	1	2	2
26	1	2	2
27	1	2	2
28	2	3	4
29	3	2	2
30	1	1	3
31	2	1	3
32	4	2	2
33	3	2	2
34	2	2	1
35	3	3	4
36	1	2	2
37	2	3	3
38	1	2	2
39	1	2	2

40	2	3	4
41	1	3	4
42	2	2	2
43	2	2	2
44	2	3	2
45	2	1	3
SUMA	77	95	100
<b>SUMA^2</b>	5929	9025	10000

Escala de valoración: 1 Me gustó mucho, 2 Me gustó, 3 No me gustó, 4 No me gustó nada  
 $X^2 = 14.53$   $X^2$  Tabla: 2 GL Significancia 0.01= 9.21

El valor de  $X^2$  calculada es de 14.53 y el de  $X^2$  de la tabla con un  $\alpha$  de 0.01 es de 9.21.

Mediante la prueba de Friedman se determinó la existencia de una preferencia entre las modalidades de consumo evaluadas por lo que se analizó mediante la prueba de Kramer los resultados obtenidos con el fin de determinar el orden de preferencia.

La tabla de Basker y Kramer para 45 panelistas y 3 productos nos indica un valor de 22.2.

*Tabla 12. Resultados prueba de Basker-Kramer para 3 modalidades de galleta de alforfón*

Productos/Suma preferencia	T1	T2	T3
	77	95	100
T1	77	0	-18
T2	95	18	0
T3	100	23	5

De la tabla anterior tenemos que la Galleta (T1) es más preferida que la Galleta 3 (T3) pero la Galleta 2 (T2) es igual de preferida que la Galleta 3 (T3).

## 7.2. Matriz de resultados

En la tabla 13 se presenta la matriz de resultados de la investigación de acuerdo al cumplimiento de cada objetivo específico planteado.

*Tabla 13. Matriz de resultados*

Objetivo Específico	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
1. Caracterizar el ciclo agronómico del cultivo.	Descripción del desarrollo del cultivo a lo largo del ciclo de producción.	Se describió el desarrollo del cultivo de alforfón desde la siembra hasta la cosecha. Se presenta altura promedio de plantas a lo largo del ciclo de cultivo.
2. Cuantificar el rendimiento en grano en Kg/Ha y compararlo con el obtenido en las fases I y II	Rendimiento en Kg/Ha de grano	Rendimiento de 1,327.2 Kg/ha, que es comparado a los 901.2 Kg/Ha obtenidos en el 2015 y 1,507.4 Kg/Ha obtenidos en el 2016. 1 lb de grano de alforfón cosechado en la parcela experimental fue analizada en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la USAC. Se obtuvo los resultados de análisis bromatológico de la muestra y su comparación con los obtenidos en las fases I y II.
3. Determinar la calidad nutricional del grano producido mediante análisis bromatológico.	Análisis bromatológico de muestra de alforfón para determinar calidad nutricional del grano cosechado.	1 lb de grano de alforfón cosechado en la parcela experimental fue analizada en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la USAC. Se obtuvo los resultados de análisis bromatológico de la muestra y su comparación con los obtenidos en las fases I y II.
4. Comparación del rendimiento obtenido en parcela con manejo tradicional y en parcela con manejo tecnificado.	Rendimiento de cada parcela en Kg/Ha de grano	Rendimiento de 1,327.2 Kg/ha en parcela manejo tradicional, que es comparado con 1,919.97 Kg/Ha obtenidos en parcela manejo tecnificado.
5. Evaluación de la preferencia de 3 modalidades de galleta	Prueba hedónica a estudiantes de ciclo básico evaluando su preferencia a cada modalidad	Prueba realizada a 45 estudiantes evaluando cada modalidad de galleta en forma cualitativa.
6. Publicar un manual del cultivo de alforfón	Publicación de 100 ejemplares de manual de cultivo de alforfón para las condiciones de Guatemala englobando la experiencia de 3 años de investigación	Manual de cultivo de alforfón para las condiciones de Guatemala publicado en forma digital.

### **7.3. Impacto esperado**

El principal aporte que este proceso de investigación ha tenido a lo largo de 3 ciclos de investigación apoyados por Digi, es generar una base de conocimiento de la adaptación que el cultivo tiene en condiciones de suelo y clima poco favorables en 3 municipios del país, uno en el altiplano occidental, otro en el corredor seco y uno de la costa sur; la detección de la incidencia de plagas en el mismo y el establecimiento de su comportamiento a lo largo de las diferentes etapas fenológicas del cultivo. También se han evaluado el rendimiento del cultivo bajo condiciones de manejo tecnificado, se evaluó 3 modalidades de galleta de harina de alforfón y se ha generado un manual ampliado de manejo del cultivo para las condiciones de Guatemala que engloba las experiencias de 3 años de investigación.

De lo experimentado en la fase de campo se puede afirmar que el cultivo es apto para ser cultivado en el país, debiéndose trabajar más en la evaluación de su consumo y su difusión a la población objetivo que está constituida por la población rural inmersa en la agricultura de subsistencia y que presenta inseguridad alimentaria.

Los agricultores del municipio donde se realizó la siembra este año, al igual que en experiencias anteriores, se interesaron por conocer del mismo, se les brindó información y se les regaló semilla para que la siembren y experimenten con el cultivo. Se ha evaluado la aceptación que el consumo del grano pueda tener para su consumo en forma de galletas nutritivas que podrían dirigirse a consumo como refacción escolar en escuelas públicas y se considera que el manual en formato digital contribuye a difundir en mejor forma la experiencia adquirida en el cultivo del alforfón en Guatemala.

## **8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **8.1. Caracterización del ciclo agronómico del cultivo**

De los resultados del análisis del suelo de la parcela, se obtuvo que la textura del suelo es apropiada al ser esta franco arcillosa, el pH ligeramente ácido, los niveles de fósforo (P), cobre (Cu) y Zinc (Zn) por debajo de los parámetros normales, el calcio (Ca), Manganeseo (Mn), y hierro (Fe) arriba de los parámetros normales y un contenido bajo de materia orgánica, lo cual indica también un bajo nivel del elemento nitrógeno (N) en el mismo. En general el suelo de la parcela, no presentó niveles de fertilidad adecuados sin embargo al igual que en las fases anteriores, esto se convirtió en un factor determinante para su selección, ya que una de las características de interés del alforfón es su adaptabilidad a suelos pobres, como los que generalmente cultivan los agricultores de la zona, inmersos en la agricultura de subsistencia.

Vazhov, Kozil y Odintsev (2013) reportan que el cultivo emerge del suelo generalmente 5 a 8 días después de la siembra, en ello la emergencia de las plantas en la parcela experimental tuvieron un comportamiento comparable pues las primeras plántulas emergieron en su mayoría en un intervalo de 3 a 5 días de la siembra y en su totalidad antes de los 8 días de sembradas, observándose que el comportamiento del cultivo fue similar que al de las parcelas cultivadas en años anteriores.

La bibliografía consultada reporta baja incidencia de plagas, cuando estas ocurren generalmente son áfidos y gusanos cortadores, en la parcela cultivada se experimentó el ataque de insectos pertenecientes al orden Hymenoptera y género *Atta*, conocidos comúnmente como zompopos; sin embargo, la incidencia de estos fue menor a la reportada en las fases I y II, pues en experiencias anteriores causaron la pérdida de plántulas recién emergidas. Esta predilección de los zompopos por el alforfón consideramos que se debe a lo succulento que son su tallo y sus hojas y se puede inferir con base a lo observado durante los años 2015 y 2016 que es una plaga importante para el cultivo en Guatemala. No se presentó incidencia de enfermedades de tipo bacteriano o por hongos.

El crecimiento de las plantas durante su periodo de desarrollo vegetativo fue al igual que la emergencia, concordante con lo reportado por la bibliografía y a lo observado en campo en las dos localidades cultivadas anteriormente en los años 2015 y 2016; la floración también inicio

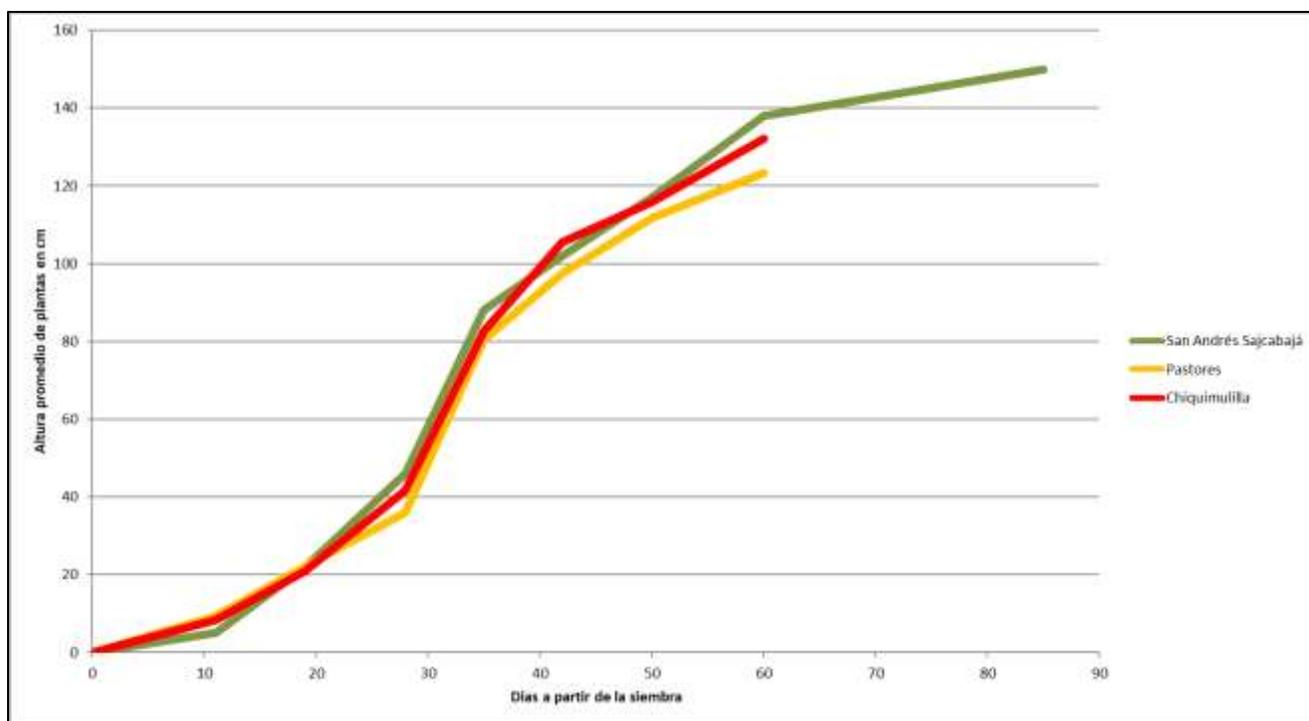
alrededor de los 30 días después de la siembra con la aparición de inflorescencias en forma de racimos terminales con flores de color blanco, con 5 pétalos.

A los 40-45 días después de la siembra, inicia la formación de frutos. Las plantas son muy atractivas para los insectos polinizadores, siendo significativa la presencia de himenópteros de los géneros *Apis* y *Bombus* conocidos comúnmente como abejas y abejorros, los cuales juegan un papel importante en su polinización. El fruto al inicio tiene un color blanco y una consistencia blanda, pero con el tiempo, alrededor de los 50 días desde la siembra, el fruto toma la característica coloración café y empieza a endurecerse. En comparación con lo reportado durante la fase I de esta investigación, para este momento el cultivo redujo la duración de su ciclo de vida en 20 días y fue similar a la reportada en la Fase II, pues la maduración del grano en el año 2015 ocurrió a los 70 días después de la siembra.

La cosecha del cultivo se realizó a los 60 días después de la siembra el día 27 de septiembre, la bibliografía reporta que el cultivo se cosecha en un intervalo de 65 a 90 días después de sembrarlo, en esta experiencia el ciclo de cultivo fue de 60 días, igual a la reportada en la Fase II, reduciendo su duración en comparación a la fase I en la cual la cosecha ocurrió hasta los 95 días.

En la figura 9 se puede apreciar la comparación del desarrollo del cultivo en las 3 localidades que constituyen esta investigación.

El intervalo teórico de desarrollo reportado para el cultivo es de 65 a 90 días, Vazhov, Kozil y Odintsev (2013) reportan intervalos de 70 a 78, sin embargo se considera que el ciclo se acorta cuando la ocurrencia de las lluvias es normal, sin periodos de sequía prolongados y con temperaturas adecuadas lo que permite que el ciclo sea mucho menor a los 95 días reportados en la experiencia de la fase I en San Andrés Sajcabajá durante el 2015, año en el que los valores de precipitación pluvial para esa zona fue un 40 por ciento menor a los parámetros normales.



*Figura 12. Comparación de desarrollo del cultivo en las 3 Fases de investigación*

En general, las etapas fenológicas del cultivo de alforfón de acuerdo a su desarrollo evaluado durante 3 años en el país, se pueden establecer en 4 grandes fases: La inicial es la fase de emergencia que abarca desde la siembra y germinación de la semilla hasta el apareamiento de las primeras hojas verdaderas, con una duración de 8 días desde la siembra. La segunda fase de crecimiento vegetativo acelerado la cual ocurre hasta los 30 días de la siembra con el apareamiento de las primeras flores. La tercera fase, es la de floración en la cual la planta manifiesta el apareamiento y desarrollo de inflorescencias apicales y axilares, esto ocurre a partir de los 30 días desde la siembra y finalmente una cuarta fase, a la que hemos denominado de madurez, en la cual ocurre la fructificación y maduración esto varía en el rango de los 60 a 90 días después de la siembra dependiendo de la disponibilidad de agua que la planta tenga durante el ciclo de cultivo.

## **8.2. Cuantificar el rendimiento en Kg/Ha y compáralo con el obtenido en las fases I y II**

Una vez cosechado el grano, se pesó el mismo y se tuvo un rendimiento de 1,327.2 Kg/ha el cual es inferior a los 1,507.4 Kg/ha obtenidos en la misma área sembrada en el año 2016 en el municipio de Pastores y superior a lo reportado en el 2015 en San Andrés Sajcabajá que fue de 901.2 Kg/ha.

El rendimiento se ubica dentro del rango de lo reportado por la bibliografía, pues Penagos (1959) refiere que en Europa se reportan rendimientos de 1,300 a 2,900 Kg/Ha y en el país, rendimientos de 1,340 Kg/Ha.

La producción obtenida este año en el municipio de Chiquimulilla, es 12% menor a la obtenida en el municipio de Pastores en el 2016 y fue un 47% superior a la obtenida en el año 2015 en San Andrés Sajcabajá. El alforfón es un cultivo resistente a las sequías, aunque es afectado en su rendimiento de acuerdo a lo reportado por Yoon, Jang y Jeong (2004) y este hecho fue comprobado plenamente en el campo pues ante los periodos secos entre lluvias, la planta se marchitaba, pero recuperaba su turgencia rápidamente cuando la humedad se restauraba gracias a la lluvia.

El cultivo, aunque resistente a periodos de escasas de humedad, se ve afectado por la ausencia de precipitaciones, es así como durante el 2015 cuando las lluvias en San Andrés Sajcabajá fueron escasas y con largos intervalos entre ellas el rendimiento fue bajo, mientras que cuando las lluvias son normales el cultivo tiene un ciclo de 2 meses y rinde dentro de los parámetros reportados en otros países.

El rendimiento obtenido durante esta fase final fue un 12% menor al reportado el año 2016, a pesar que no se sufrió problemas por falta de humedad, sin embargo, el sitio de la parcela se vio afectado por la ocurrencia de viento en velocidades que de acuerdo a reportes del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) llegaron a valores de 15 km/h, lo cual provoco volcamiento de las plantas y por consiguiente, baja en el rendimiento.

### **8.3. Determinar calidad del grano producido mediante análisis bromatológico y compáralo con lo reportado en las fases I y II de la investigación**

El análisis bromatológico de una muestra homogénea de grano de alforfón producido en la parcela experimental, el cual se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, permitió evaluar el contenido de fibra cruda, proteína cruda, cenizas, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno, de lo cual se puede interpretar lo siguiente:

El contenido de fibra cruda es alto, alcanzando un 15.75%, el cual está dentro del rango aceptable de este parámetro, pero indica que hay un contenido de fibra no digerible en valores cercanos al límite máximo recomendable para alimentos humanos. El contenido de cenizas, el cual indica el porcentaje de contenido mineral del grano, fue de 3.21%, porcentaje esperable para una muestra de semillas vegetales.

El contenido de grasas el cual se interpreta a partir del extracto etéreo, corresponde a un 2.21% y el de carbohidratos solubles a un 64.17% los cuales están también dentro de los parámetros comúnmente reportados en granos como el maíz y el trigo.

El porcentaje de proteína cruda de 16.81% es bastante aceptable y superior al comúnmente reportado para granos como el maíz que es de alrededor del 10% y en el rango medio del trigo, el cual varía entre 8 a 20%. Este valor también fue superior al reportado en los análisis realizados al grano producido en los años 2015 y 2016 durante las fases I y II.

En nuestro país se realizó investigación en trigo sarraceno durante los años cincuenta y sesenta, a continuación, se presentan resultados de composición química proximal reportados por Penagos (1959) y los obtenidos en esta investigación durante las fases I y II y III o final.

*Tabla 14. Composición química proximal de grano de alforfón cultivado en Guatemala*

<b>Parámetro</b>	<b>Penagos 1959</b>	<b>Parcela Experimental, 2015</b>	<b>Parcela Experimental, 2016</b>	<b>Parcela Experimental, 2017</b>
<b>Materia Seca Total %</b>	87.60	82.22	81.43	82.71
<b>Extracto Etéreo (%)</b>	2.40	1.12	2.13	2.21
<b>Fibra Cruda (%)</b>	13.80	18.00	15.40	15.75
<b>Proteína Cruda (%)</b>	12.70	13.63	16.27	16.81
<b>Cenizas (%)</b>	2.40	3.08	2.57	3.21
<b>Extracto Libre de Nitrógeno</b>	64.00	64.17	63.04	64.53

Al comparar los resultados de Penagos (1959) con los de ésta investigación durante las fases I, II y III, se tiene que los resultados son bastante similares, se puede apreciar que el contenido proteico del grano producido durante esta investigación es superior a la reportada por Penagos y a la obtenida en las fases I y II, además el contenido de cenizas, que corresponde a la fracción mineral, fue mayor a la reportada por Penagos en las 3 fases de esta investigación, aspecto que puede deberse al alto contenido mineral del suelo en los sitios de las parcelas experimentales.

A pesar del bajo contenido de nitrógeno natural en el suelo, además del hecho de no haber realizado fertilización pues el manejo fue tradicional en la parcela 1 para poder hacer comparaciones con las fases anteriores; se considera que el cultivo fue eficiente en la absorción de nitrógeno, hecho respaldado por la similitud de contenido de Extracto Libre de Nitrógeno del grano obtenido con los resultados de Penagos y a los propios obtenidos en los años 2015 y 2016.

#### **8.4. Evaluar el rendimiento de grano seco de alforfón obtenido bajo siembra tradicional y manejo tecnificado**

El alforfón es un cultivo que, como se ha mencionado reiterativamente en este documento, responde a condiciones de cultivo adversas en relación a suelos pobres y deficiencias de humedad; sin embargo, como se ha podido evidenciar también a lo largo del proceso de investigación en el país, el cual se ha hecho en 3 localidades distintas durante 3 ciclos de cultivo, su rendimiento y la duración de su ciclo de vida si son afectados por deficiencias en la disponibilidad de humedad y nutrientes.

Para tener una referencia del comportamiento de una parcela de alforfón en relación a su rendimiento, se sembró una parcela a la que denominamos parcela 2, la cual fue implementada en la misma localidad del municipio de Chiquimulilla, con un área de 3,500 m<sup>2</sup> al igual que la parcela 1 que tuvo manejo mínimo (sin fertilización o riego) y la cual produjo un rendimiento de 1919.97 Kg/ha.

Este rendimiento es 44.7% superior al obtenido en la parcela tradicional, lo que permite afirmar que los rendimientos del cultivo de alforfón bajo condiciones de agricultura tecnificada tendrán incrementos de alrededor del 45% producto de la mejora en la disponibilidad de nutrientes y de agua mediante la aplicación de riego.

#### **8.5. Evaluar la preferencia a tres modalidades de galletas de alforfón**

El análisis de las respuestas proporcionadas por el grupo de catadores de las tres modalidades de galletas mediante la prueba de Friedman nos indica que hay diferencias en la preferencia de las tres modalidades de consumo toda vez que el valor de  $X^2$  calculado fue de 14.53 el cual es mayor al  $X^2$  tabulado para 2 grados de libertad y una significancia del 0.01 el cual es de 9.21.

Mediante la prueba de Kramer se determinó que la modalidad preferida es el consumo de galletas elaboradas con un 100% de harina de alforfón, sobre las modalidades de galleta mezclada con fécula de maíz, ya fuera en proporción 3/1 ó 1/1 y que no hay diferencia en la preferencia entre las 2 formulaciones de galleta de harina de alforfón mezclada con fécula de maíz.

Aunque no fue objeto de la investigación, catalogar a detalle el porqué de la preferencia a cualquiera de las modalidades de galleta evaluadas, si se preguntó informalmente a los participantes en la degustación, el porqué de sus preferencias, las cuales pueden resumir a que la galleta elaborada en un 100% con harina de alforfón tiene un sabor a grano tostado y su consistencia es suave y fácil de masticar, sin embargo en ningún momento consideraron que las galletas con la adición de fécula de maíz no fueran igualmente agradables al gusto y comestibles como bocadillo nutritivo.

## **9. CONCLUSIONES**

6.1. El cultivo se desarrolló apropiadamente durante el año 2017 en un suelo con alto contenido mineral y mediana fertilidad, esto permite afirmar, tomando en cuenta lo ya documentado en las fases de investigación I y II, que es una alternativa de producción en áreas poco aptas para la agricultura, donde generalmente la población dependiente de la agricultura es pobre y lucha contra el hambre y la falta de ingresos constantemente.

6.2. El alforfón es un cultivo de alto contenido proteico, adaptable a condiciones agroambientales del país.

6.3. El ciclo de cultivo del alforfón en Chiquimulilla fue de 60 días, el cual corresponde a la duración referida en otros países y que es menor al reportado en la fase I de esta investigación el cual fue de 90 días y de igual duración al reportado en la fase II que fue también de 60 días desde la siembra.

6.4. El rendimiento de 1,323,2 Kg/ha fue un 12% menor a los 1,507.4 Kg/ha obtenido en el municipio de Pastores y un 47% superior a los 901.2 Kg/ha obtenidos en el año 2015 en San Andrés Sajcabajá y dentro del rango de los 1,340 Kg/ha reportados en experiencias previas en el país, la disminución se considera que fue producto del volteo de plantas debido al viento.

6.6. La calidad del grano de alforfón obtenido en el año 2017 en el municipio de Chiquimulilla, fue satisfactoria, con un contenido proteico superior al generalmente presentado por el maíz y similar a los valores medios del trigo y con valores similares a los de los años 2015 y 2016 en los municipios Pastores y de San Andrés Sajcabajá y a lo reportado por Penagos en el año 1959.

6.7. El rendimiento del cultivo en condiciones de agricultura tecnificada es un 44.6% superior al cultivo tradicional, lo que además permitiría hasta 5 cosechas en el año.

6.8. La modalidad de consumo preferida por el grupo de degustadores fueron las galletas elaboradas en un 100% con harina de alforfón.

## 10. REFERENCIAS

- Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science and Technology*, 21(2), 106–113. doi: 10.1016/j.tifs.2009.10.014
- Catassi, C., & Fasano, A. (2008). Celiac Disease. *Current Opinion in Gastroenterology*, 24(6), 687–691. doi: 10.1097/MOG.0b013e32830edc1e
- Cawoy, V., Ledent, J.-F., Kinet, J.-M., & Jacquemart, A.-L. (2009). Floral biology of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 3(1), 1–9.
- Christa, K., Soral-Śmietana, M. (2008). Buckwheat grains and buckwheat products - Nutritional and prophylactic value of their components- a review. *Czech Journal of Food Sciences*, 26(3), 153-162.
- Council of science and technology (CST). (2005). *Standard Tables of Food Composition in Japan* Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan - Fifth Revised and Enlarged 2005, 508pp. Recuperado de [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/toushin/05031802/002/001.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/toushin/05031802/002/001.pdf)
- Elías, L.G., Bressani, R. (1975). *El trigo sarraceno como sustituto del maíz o maicillo en dietas para pollos de carne*. En: Primer Congreso de Avicultura de Centro América y Panamá. Guatemala, octubre 1-3, 1975. Programa y resúmenes de trabajos y conferencias. Guatemala. Asociación Nacional de Avicultores.

- Fabjan, N., Rode J., Kozir, I.J., Wang, Z., Zhang, Z., & Kreft, I. (2003). Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn) as a source of dietary rutin and quercitrin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(22), 6254-6455.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2014). Consultado el 15-06-2017 en <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
- Gheldof, N., Wang, X. H., & Engeseth, N. J. (2003). Buckwheat honey increases serum antioxidant capacity in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(5), 1500-1505.
- Ikeda, K. (2002). Buckwheat composition, chemistry and processing. *Advances in Food and Nutrition Research*, 44, 395-434. doi: 10.1016/S1043-4526(02)44008-9
- Ikeda, S., & Yamashita, Y. (1994). Buckwheat as a dietary source of zinc, copper and manganese. *Fagopyrum*, 14, 29–34.
- Instituto Nacional Forestal. (1983). *Mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento de la república de Guatemala*. Guatemala: Instituto Geográfico Militar. Esc. 1: 600,000. 4 p.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2017). *Registros climáticos de la estación Quesada*. Guatemala: Autor.
- Kim, S. L., Kim, S. K., & Park, C. H. (2004). Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable. *Food Research International*, 37(4), 319–327. doi: 10.1016/j.foodres.2003.12.008
- Li, S. Q., & Zhang, Q. H. (2001). Advances in the development of functional foods from buckwheat. *Critical reviews in food science and nutrition*, 41(6), 451-464.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), Instituto Nacional de Estadística (INE), ICF International. (2017). *Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil 2014-2015*. Informe Final. Guatemala: Autor.

- Penagos, M.D. (1959). *Valiosas investigaciones sobre el trigo sarraceno como fuente de proteínas*. En: Primer Congreso Nacional de Ingeniería y Arquitectura. Guatemala, abril, 1959. Guatemala, Colegio de Ingenieros.
- Pomerantz, Y. (1973). Review of proteins in barley, oats, and buckwheat. *Cereal science today*.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD. (2005). *Informe Nacional de Desarrollo Humano. Diversidad étnica cultural y desarrollo humano*. Guatemala: Autor. 423 p.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, SEGEPLAN. (2011). *Plan de desarrollo territorial del municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa*. Guatemala. Dirección de Planificación Territorial.
- Simmons, C., Tárano, J., Pinto, J.H. (1959). *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala*. 1 ed. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 1,000 p.
- Sure, B. (1955). Nutritive value of proteins in buckwheat and their role as supplements to proteins in cereal grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 3(9), 793-795.
- Tomic, G. 1978. *Evaluación tecnológica y nutricional del trigo sarraceno y fracciones de molinería en sistemas alimenticios*. (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos. Guatemala.
- Tomotake, H., Shimaoka, I., Kayashita, J., Nakajoh, M., & Kato, N. (2002). Physicochemical and functional properties of buckwheat protein product. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(7), 2125-2129.
- Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos. (2,004). *Atlas temático de las cuencas hidrográficas de la república de Guatemala*. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Escala 1: 750,000. Color.

Vazhov, V. M., Kozil, V. N., & Odintsev, A. V. (2013). General Methods of buckwheat Cultivation in Altai region. *World Applied Sciences Journal*, 23(9), 1157-1162.

Wieslander, G. (1996). Review on buckwheat allergy. *Allergy*, 51(10), 661-665.

Wieslander, G., & Norback, D. (2001). Buckwheat consumption and its medical and pharmacological effects—a review of the literature. *Proceedings of the 8th International Symposium of Buckwheat*, 608-612.

Wyld, M., Squibb R.L., & Scrimshaw, N.S. (1958). Buckwheat as a supplement to all-vegetable protein diets. *Journal of Food Science*, 23(4), 407-410.

Yoon, Y. H., Jang, D. C., & Jeong, J. C. (2004). Effect of Soil Moisture Condition on Some Growth Characteristics Related With Landscape and Yield of Buckwheat. *Proceedings of the 9th International Symposium of Buckwheat, Prague*, 465-469.

## 11. APENDICE

### 11.1. Boleta de evaluacion de modalidades de consumo

**Alforfón: Alternativa para combatir el hambre**  
**Boleta de valoración de la modalidad de consumo**

<b>Modalidad:</b>	
-------------------	--

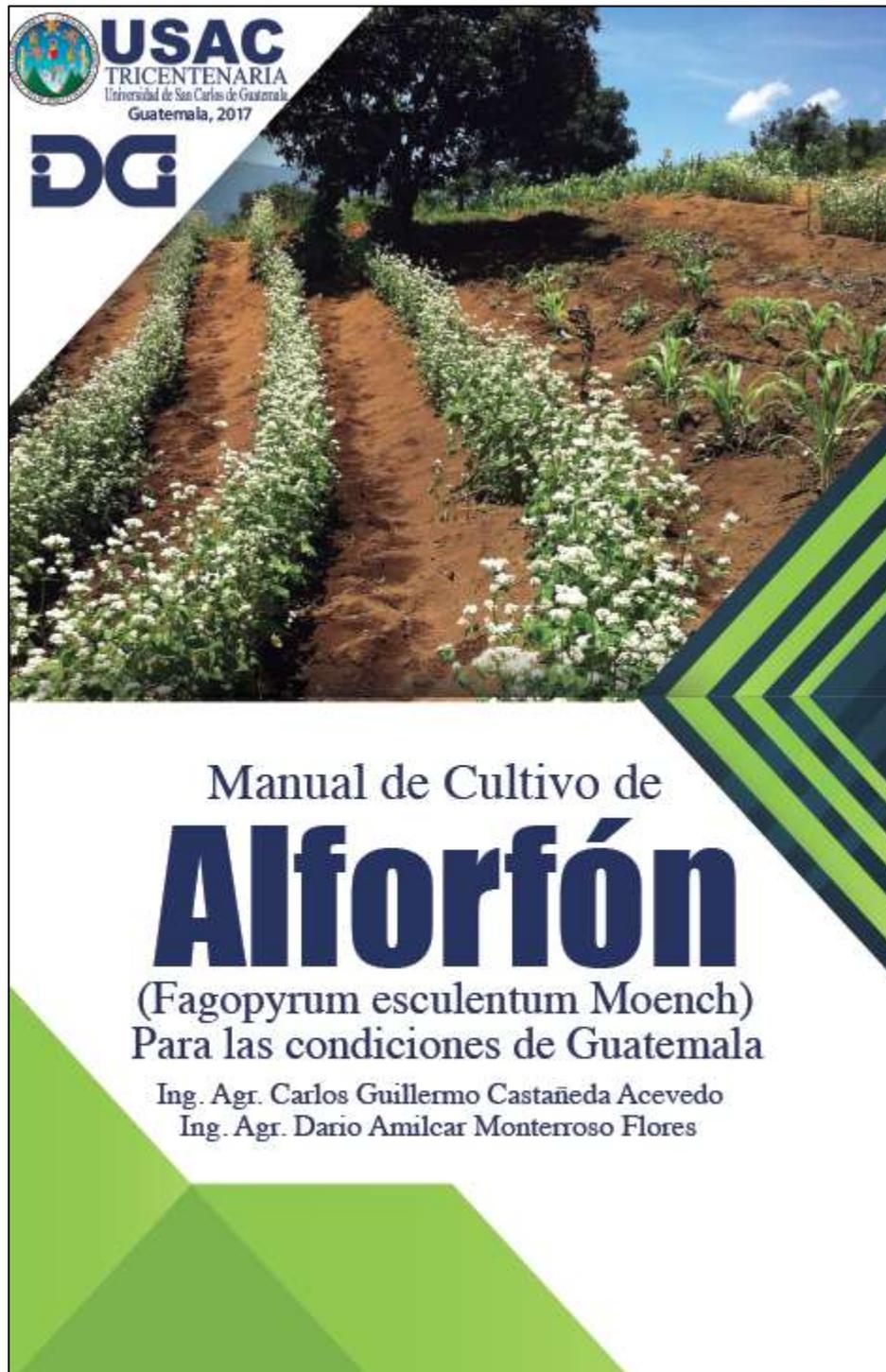
#### **CALIFICACION**

Después de probar el producto elija de la siguiente lista cuál es su opinión sobre el sabor del producto.

**Marque con una X la opción elegida**

Me gustó mucho	
Me gustó	
No me gustó	
No me gustó nada	

## 11.2. Manual actualizado de cultivo de alforfón para las condiciones de Guatemala



## **12. ACTIVIDADES DE GESTIÓN, VINCULACION Y DIVULGACION**

Se realizaron dos presentaciones a alumnos que participaron en la prueba de degustación con el fin de contribuir a la divulgación del proyecto de investigación.

Se realizaron presentaciones a agricultores del área para interesarlos en el cultivo.

Presentación ante autoridades del IPNUSAC en la búsqueda de generar posibilidades de contactar a través de los analistas a autoridades de FAO.

Se envió artículo científico con los resultados del proyecto de investigación a la Revista Ciencia, Tecnología y Salud, de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### 13. ORDEN DE PAGO

#### Listado de los integrantes del equipo de investigación

<b>Contratados por contraparte y colaboradores</b>	
Ing. Agr. Darío Amílcar Monterroso Flores.	Investigador adjunto.

#### Contratados por la Dirección General de Investigación

Nombre	Categoría	Registro de personal	Pago	
			Si	No
Ing. Agr. Carlos Guillermo Castañeda Acevedo	Coordinador	20130520	X	

Nombre	Firma
Carlos Guillermo Castañeda Acevedo	
Darío Amílcar Monterroso Flores	

Ing. Agr. Carlos Guillermo Castañeda Acevedo  
Coordinador del proyecto de investigación

Inga. Liuba María Cabrera Ovalle de Villagrán  
Coordinadora del Programa Universitario de Investigación  
en Alimentación y Nutrición. –PRUNIAN–

Vo. Bo. Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar Pérez  
Coordinador General de Programas