

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.**

Equipo de investigación

**Coordinador**

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

Investigador

Ing. Agr. Darío Amílcar Monterroso Flores.

**Octubre de 2016.**

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  
4.8.63.7.35  
Año de ejecución: 2016

## 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 .....	15
6.1. Ubicación geográfica de la investigación .....	15
6.1.1. Fisiografía .....	15
6.1.2. Zonas de Vida .....	16
6.1.3. Uso de la Tierra.....	17
6.1.4. Identificación y descripción de cuencas .....	18
6.1.5. Flora y fauna .....	19
6.1.6. Contaminación Ambiental .....	20
6.1.7. Aspectos sociales .....	20
6.2. Tipo de Investigación.....	23
6.3. Técnicas e instrumentos.....	23
6.4. Muestreo .....	25
6.5. Operacionalización de las variables.....	26
7. RESULTADOS.....	27
7.1. Resultados por objetivo.....	27
7.1.1. Caracterización del ciclo agronómico del cultivo.....	27
7.1.2. Cuantificar el rendimiento de grano seco en Kg/Ha y compararlo con el obtenido en el año 2015 .....	32
7.1.3. Comparar el rendimiento de grano seco en Kg/Ha obtenido con 3 modalidades de siembra.....	32
7.1.4. Determinar la calidad nutricional del grano obtenido mediante análisis bromatológico y compararlo con el obtenido en el año 2015 .....	33
7.1.5. Evaluar la aceptación de 3 modalidades de consumo del grano de alforfón .....	33

7.2. Matriz de resultados .....	37
7.3. Impacto esperado .....	38
8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	39
8.1. Caracterización del ciclo agronómico del cultivo.....	39
8.2. Cuantificar el rendimiento en Kg/Ha y compáralo con el obtenido en la fase I.....	41
8.3. Determinar calidad del grano producido mediante análisis bromatológico y compáralo con lo reportado en la fase I de la investigación.....	42
8.4. Evaluar el rendimiento de grano seco de alforfón obtenido bajo tres modalidades de siembra.....	44
8.5. Evaluar preliminarmente la preferencia a tres modalidades de consumo de alforfón .....	44
9. CONCLUSIONES .....	46
10. REFERENCIAS.....	47
11. APENDICE.....	49
11.1. Resultado análisis de suelos.....	49
11.2. Resultado análisis bromatológico .....	50
11.3. Fotografías .....	52
11.4. Boleta de evaluación de modalidades de consumo.....	58
11.5. Manual de cultivo de alforfón para las condiciones de Guatemala .....	59
12. ACTIVIDADES DE GESTIÓN, VINCULACION Y DIVULGACION.....	60
13. ORDEN DE PAGO.....	61

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de zona de vida del municipio de Pastores, Sacatepéquez .....	17
Figura 2. Mapa de cuencas del municipio de Pastores, Sacatepéquez.....	19
Figura 3. Vista satelital de la ubicación de la parcela.....	27
Figura 4. Vista de la parcela experimental 1.....	28
Figura 5. Vista de la parcela experimental 2.....	29
Figura 6. Presentación gráfica de la preferencia a tres modalidades de consumo de alforfón por estudiantes del ciclo básico del colegio CAF, Pastores, Sacatepéquez, año 2016.....	34
Figura 7. Daño causado por zompopos Atta sp. Fabricius .....	40

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del alforfón. ....	11
Tabla 2. Composición química en porcentajes del alforfón comparado con el trigo común.....	14
Tabla 3. Indicadores de salud.....	21
Tabla 4. Operacionalización de las variables de la investigación.....	26
Tabla 5. Resultados análisis de suelos .....	29
Tabla 6. Altura promedio de las plantas durante el ciclo del cultivo 2016, municipio de Pastores, Sacatepéquez.....	30
Tabla 7. Registro del desarrollo del cultivo de alforfón .....	31
Tabla 8. Rendimiento de grano de alforfón en parcela experimental bajo tres modalidades de siembra, año 2016 en el municipio de Pastores, Sacatepéquez .....	32
Tabla 9. Análisis de varianza de rendimiento de grano de alforfón en parcela experimental bajo tres modalidades de siembra, año 2016 en el municipio de Pastores, Sacatepéquez.....	32
Tabla 10. Resultados de análisis bromatológico año 2016 en el municipio de Pastores, Sacatepéquez.....	33
Tabla 11. Resultados de prueba hedónica de preferencia a tres formas de consumo de alforfón en el municipio de Pastores, Sacatepéquez en el año 2016. ....	33
Tabla 12. Matriz de resultados.....	35
Tabla 13. Resultados prueba de Friedman para tres modalidades de consumo.....	35
Tabla 14. Resultados prueba de Kramer para tres modalidades de consumo .....	36
Tabla 15. Matriz de resultados.....	37
Tabla 16. Composición química proximal de grano de alforfón cultivado en Guatemala .....	43

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

### **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 Pastores, departamento de Sacatepéquez, como municipio representativo del altiplano del país; caracterizado por precipitaciones medias, suelos fértiles y al igual que la mayor parte del país por prevalencia de pobreza y pobreza extrema. El alforfón es un cultivo perteneciente a la familia de las poligonáceas, 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 la fase inicial de la investigación realizada en el año 2015. Se compararon también 3 modalidades de siembra del cultivo y 3 modalidades de consumo del grano cosechado. El manejo agronómico de las parcelas experimentales fue sin uso de plaguicidas o fertilizantes químicos, la siembra se hizo durante la estación lluviosa, lo anterior buscando replicar las condiciones del agricultor medio de la zona. Se obtuvo un rendimiento de 1507.4 Kg/ha y alta calidad de grano 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 Pastores, department of Sacatepequez, as a representative locality of the country's highlands; characterized by medium rainfall, fertile soils and as much of the country is, prevalence of poverty and extreme poverty. Buckwheat is a crop belonging to the family of the Polygonaceae 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 the first phase of research in 2015. 3 planting forms and 3 consumption modalities were also evaluated. Agronomic management of parcels was without use of chemical pesticides or fertilizer, planting was done during the rainy season seeking to replicate environmental conditions of local farmers. A yield of 1507.4 Kg/ha and according to proximate analysis high quality grain was obtained.

#### **4. INTRODUCCION**

En nuestro país concurren una serie 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 sufre Guatemala, incidiendo en la falta de acceso a una alimentación adecuada.

El consumo de frijol negro y maíz blanco ha sido la base de la alimentación de la población sin distinción de etnia y clase social y es un rasgo cultural tan arraigado en el país, que en ningún momento se busca reemplazar mediante la adición de nuevas alternativas de cultivo sino más bien fortalecer al agregar nuevos productos altamente nutricionales que ayuden a proveer la calidad nutricional necesaria para el desarrollo de los niños y adultos, principalmente del área rural.

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 de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se ha evaluado la introducción del cultivo de alforfón en 2 localidades del país, en el año 2015 en San Andrés Sajcabajá, Quiché y actualmente en 2016 en Pastores, Sacatepéquez, evaluándose y comparándose el desarrollo fenológico del cultivo, su rendimiento y calidad de grano obtenido. Además durante el presente 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. Las experiencias de siembra del cultivo en estos dos años han permitido la publicación de un manual introductorio muy preliminar al cultivo del alforfón en Guatemala.

Esta investigación se ha constituido en los primeros pasos 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.

La evaluación al momento se ha realizado en dos localidades, como ya se mencionó anteriormente, la primera localizada en San Andrés Sajcabajá en el departamento de Quiché con condiciones poco favorables para la agricultura al haberse establecido la parcela experimental en el corredor seco que atraviesa el país, mientras que la segunda en el municipio de Pastores, Sacatepéquez en mejores condiciones de humedad y suelo y con un clima más frío. Lo anterior ha permitido evaluar la respuesta y desarrollo del cultivo bajo dos distintos ambientes agroecológicos.

La evaluación de este cultivo 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 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.

Pertenece a la familia de las Poligonáceas, aunque popularmente se le considera como un cereal. Se cultiva para aprovechar sus granos y por ser una planta melífera. En Asia es muy apreciado por su valor alimenticio.

Es además un alimento energético y nutritivo muy conveniente para niños, ancianos y convalecientes, por su corta temporada de cultivo y su capacidad de prosperar en suelos difíciles se convirtió en un salvavidas accesible para la mayoría de la población rural y pobre de Europa.

Se continuó investigando su adaptabilidad y rendimiento durante este año en las condiciones bioclimáticas del municipio de Pastores del departamento de Sacatepéquez, localizado en el altiplano occidental 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 el año 2015 en otra localidad del país y su rendimiento y calidad de grano serían equiparables a los reportados por la bibliografía en otros países y a la fase I de investigación durante el año 2015 el municipio de San Andrés Sajcabajá.

## 5. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

El Alforfón se considera un cereal, pero realmente no lo es ya que aunque tiene características similares, no pertenece a la familia de las gramíneas sino a las poligonáceas. Es originario de Asia Central y se ha cultivado tradicionalmente en muchos países. China produce el 55% del total mundial, seguido por Rusia 20%, Ucrania 15% y Polonia 3%.

El cultivo ha estado proporcionando los nutrientes esenciales, vitaminas, energía y fibra a la humanidad por aproximadamente 8,000 años. Su primer papel como una planta cultivada aparece alrededor del año 4,000 A.C. en la región de los Balcanes de Europa, pero su origen se sitúa en el sudeste asiático y desde allí se extendió a Asia Central, el Tíbet, el Medio Oriente y Europa. Hay historias que afirman que el Emperador Gensho de Japón ordenó el cultivo de trigo sarraceno en todo el país para prepararse para una sequía en el año 722, lo que nos habla ya de una de sus propiedades, su resistencia al déficit hídrico (Tomic, 1978).

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 Altai 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 año 2015 se han obtenido rendimientos de 901 kilogramos por hectárea.

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.

La alta adaptabilidad de la especie 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.

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, Rode, Kozir, Wang, Zhang & Kreft, 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).

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.

## Composición química

La composición química proximal del alforfón es la siguiente:

*Tabla 1. Composición química del 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, los

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.

### **Valor Nutritivo y usos**

La proteína del alforfón o trigo sarraceno posee un alto grado de valor biológico, Sure (1955) reporta que 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.

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.

Este pseudocereal es consumido principalmente en la forma de harina, que es utilizada como base para la elaboración de pan galletas, panqueques, fideos 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, 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 & 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.

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).

Una de las limitantes principales en el alforfón 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.

En la población norteamericana, especialmente en niños, se ha encontrado una incidencia de sensibilidad del 1%, lo que se manifiesta aún por ingestión o inhalación de cantidades extremadamente pequeñas de alforfón promoviendo alergias y síntomas respiratorios graves.

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 2. 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 San Pastores se ubica en la región fisiográfica de las tierras altas volcánicas, subregión zona montañosa y central (Tecpán-Jalpatagua) y en el gran paisaje denominado Abanico aluvial de la Antigua Guatemala.

Las características fisiográficas del área de acuerdo a la memoria descriptiva del Mapa fisiográfico-geomorfológico del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA, 2001, p. 27) son:

*“Ubicación y localización: Se encuentra desde Pastores hasta San Miguel Dueñas, pasando por Antigua Guatemala y Ciudad Vieja en el Departamento de Sacatepéquez.*

*Morfografía: Este abanico ha sido formado por los ríos Guacalate y río Pensativo en menor grado otros drenajes que bajan de las montañas volcánicas que encierran esta unidad. La pendiente es suave de menos de 4%, tiene una altura de 1530 msnm, realiza su salida por medio del río Guacalate que corre en sentido de Norte a Sur.*

*Tipo de roca: Esta unidad está compuesta por materiales aluviales producto de restos de rocas volcánicas transportadas por los ríos, piroclastos compuestos de pómez que rellenaron el área.*

*Morfogénesis: El relleno de materiales piroclásticos tuvo lugar durante el Pleistoceno y, posteriormente, se dieron aportes de materiales erosionados de las laderas de las montañas volcánicas por parte del drenaje natural de la región.*

*Morfocronología: La edad se considera del Cuaternario”.*

Las series de suelos presentes en el municipio según Simmons, Tárano y Pinto (1959) son los que se describen a continuación.

- *“Serie de suelos Alotenango, con una extensión de 21.38 Km<sup>2</sup>, que representa el 54.54 por ciento.*
- *Serie de suelos Cauqué con una extensión de 1.42 Km<sup>2</sup>, que representa el 3.62 por ciento.*
- *Serie de suelo Guatemala con una extensión de 0.33 Km<sup>2</sup>, que representa el 0.84 por ciento.*
- *Serie de suelos de los valles con una extensión de 1.51 Km<sup>2</sup>, que representa el 3.85 por ciento.*
- *Serie de suelos Tecpán con una extensión de 14.56 Km<sup>2</sup>, que representa el 37.14 por ciento.”*

#### **6.1.2. Zonas de Vida**

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

*“Bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MB)*

*Altitud 1500 a 2000 msnm*

*Precipitación Pluvial 1000 a 2000 mm anuales*

*Temperatura 12 a 18 °C*

*Suelos Poco profundos, de textura mediana, bien drenados o moderadamente bien drenados, de color pardo o café”.*

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

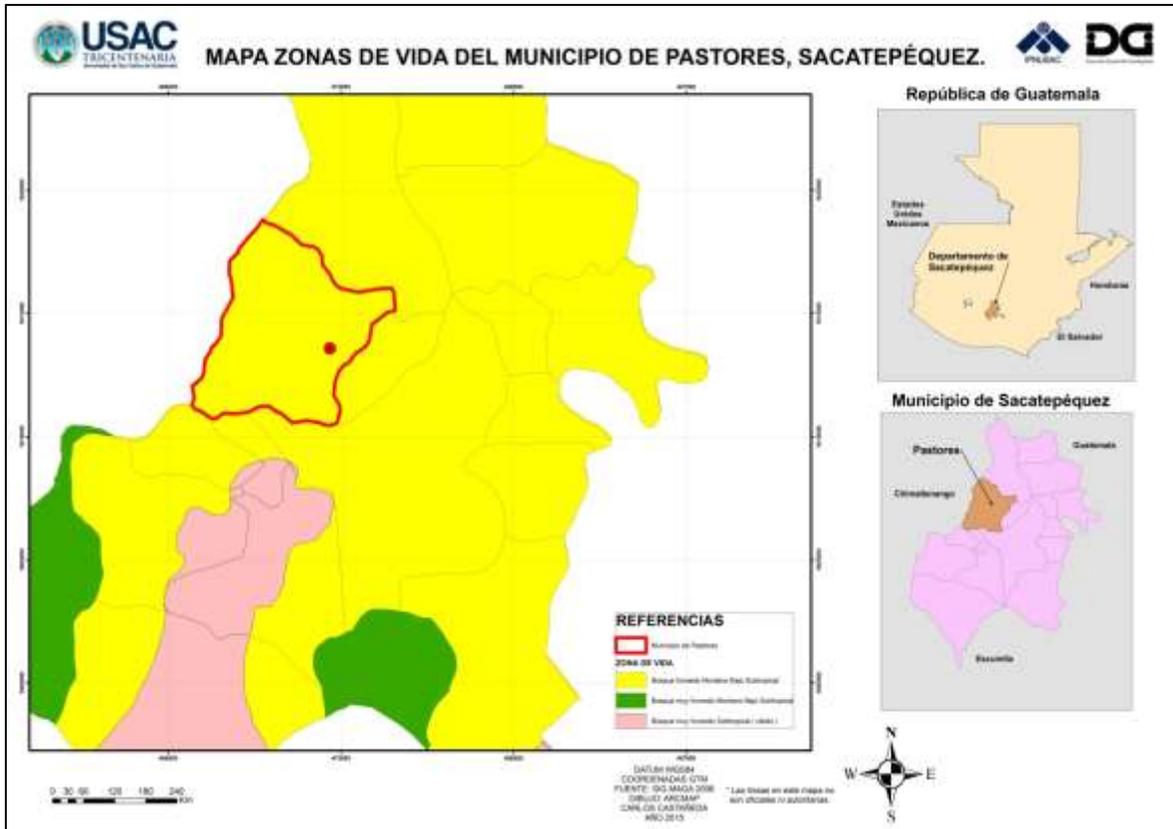


Figura 1. Mapa de zona de vida del municipio de Pastores, Sacatepéquez

### 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, que representa el 55.60 por ciento del total del municipio; 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 y el aguacate.

Dentro de las hortalizas los cultivos más importantes son la zanahoria, tomate, güisquil y chile pimiento.

El área cubierta con bosques de coníferas y latifoliadas representan el 15.20 por ciento. Y el área cubierta por cultivos de diferentes tipos representa el 84.80 por ciento.

De acuerdo a la clasificación agrológica en Pastores se localizan las clases: III- VII y VIII según los criterios de clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) siendo la más significativa por su cobertura la clase VII, que son tierras no cultivables, aptas únicamente para fines de uso o explotación forestal, de topografía muy fuerte y quebrada con pendiente muy inclinada. Además de la anterior, le sigue en importancia la clase III, que son tierras cultivables sujetas a medianas limitaciones, aptas para cultivos en riego y cultivos muy rentables, salvo en condiciones especiales, con topografía plana ondulada o inclinada, con productividad mediana con prácticas intensivas de manejo.

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

Aunque el potencial de muchos de los suelos es forestal evidentemente, debido a la necesidad que tienen los campesinos de producir granos básicos para consumo familiar de subsistencia, los planes de reposición de la cubierta forestal deben de ser enfocados a aquellas áreas que definitivamente son muy poco aptas para la agricultura, así como aquellas áreas que por tradición han formado el área boscosa de las comunidades en mención.

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

Los suelos de Pastores son irrigados por 13 nacimientos de agua o manantiales además del río Guacalate que forma parte de la cuenca del río Achiguate con una extensión de 3,919 Ha que representa el 2.90 por ciento de la misma (UPGGR, 2004).

El río Achiguate pertenece a la vertiente del Pacífico y tiene una longitud de corriente de 111 kilómetros y un caudal medio de 50.23 metros cúbicos por segundo. La cuenca tiene un perímetro de área de 129,100 hectáreas y representa el 5 % del área total de la vertiente. (UPGGR, 2004).



Figura 2. Mapa de cuencas del municipio de Pastores, Sacatepéquez

### 6.1.5. Flora y fauna

Está conformada por una gran diversidad de plantas, entre las que sobresalen los pinos, palo de pito, palo jiote, eucalipto, jacaranda, ciprés y encinos; además de especies cultivadas como aguacate, naranjas, duraznos, rosas, crisantemo y una gran cantidad de especies arbustivas.

Las especies animales que se encuentran en el municipio son: taltuzas, tacuazines, ardillas, ardillas, comadreas, gavilanes, tacuazín, conejos, zopilotes, armadillo, palomas, clarineros, bovinos, ovinos, 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***

Pastores es un municipio que cuenta con una baja población, ésta también es bastante joven, ya que más del 50% está comprendida entre las edades de 0 a 40 años. Por otro lado un 73.75% de la población es urbana y el restante 26.25% es rural.

De acuerdo a la extensión territorial del municipio, la densidad de población se estima en 698 habitantes por kilómetro cuadrado la cual está por encima de la densidad promedio departamental que es de 533 y la nacional que es de 103 habitantes por kilómetro cuadrado.

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

El informe nacional de desarrollo humano del año 2,005 refiere que el municipio de Pastores presenta un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 0.674, con un 31.4% de la población en condiciones de pobreza y un 6.6% de la misma en pobreza extrema.

## **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 3. Indicadores de salud.*

Tasas	Porcentaje
Tasa de mortalidad x 1,000 habitantes	4.09
Tasa de mortalidad infantil x 1,000 nacidos vivos	27.78
Tasa de mortalidad materna x 10,000 nacidos vivos	0
Tasa global de fecundidad x 1,000 mujeres en edad fértil	104
Cobertura de vacunación BCG a niños menores de 1 año	83.33

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

Las enfermedades que más afectan a la población son: Parasitismo Intestinal, desnutrición, anemia, infecciones respiratorias, bronconeumonías, paludismo, amebiasis intestinal e infecciones de la piel. El recurso humano para prestación de servicios de salud en el municipio es: 1 médico, 1 técnico en salud rural, 1 inspector de saneamiento ambiental, 5 auxiliares de enfermería, comadronas y voluntarios en salud.

## **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 se declaró libre de analfabetismo.

## **Historia**

Pastores en el siglo XVI se conoció como Molino de Pastores y se cree que fue fundado por Rodrigo de Maldonado de quien se dice que sembró los primeros granos de trigo traídos de México; por otra parte, hay quienes afirman que fue fundado por Pedro de Alvarado, principalmente para la crianza de ovejas y corderos que eran pastoreados por los vecinos de la comunidad, surgiendo de allí el nombre.

Con el paso de los años se convirtió en una comunidad conocida como San Dionisio de los Pastores, surgiendo como municipio del departamento de Sacatepéquez.

La fiesta principal es la que se realiza en honor a San Dionisio Areopagita a partir del 9 de octubre. El 25 de octubre es el día de San Crispín y San Cipriano donde se celebra a los zapateros, la cual es una actividad artesanal de mucha importancia en el municipio, otra festividad importante es la que se realiza en honor de la virgen de Concepción que es celebrado con convites y baile de fieros.

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

Se accede al municipio por medio de la Ruta Interamericana CA-2 Occidente, pudiendo utilizar la ruta que pasa por la Antigua Guatemala de la cual dista 7 kilómetros o bien desviarse de la Ruta Interamericana en el kilómetro 45 en la altura de San Lorenzo El Tejar y tomando la RN-14 hasta la cabecera municipal la cual dista 52 kilómetros de la ciudad capital. 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. Del municipio hacia la cabecera departamental existe servicio de bus diario y constante.

### ***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 93% de cobertura mientras que el 7% utiliza todavía candelas.

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

En cuanto a disponibilidad de servicio de agua para los hogares predomina la categoría de acceso por tubería, con el 90% 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. La

cabecera municipal cuenta también con una planta de tratamiento de aguas residuales mientras que las demás comunidades descargan las mismas al río Guacalate.

## **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 Pastores, Sacatepéquez con el obtenido en el año 2015 en el municipio de San Andrés Sajcabajá, Quiché.
2. Cuantitativa: Comparación del rendimiento obtenido bajo tres modalidades de siembra del cultivo de alforfón, en hileras, por postura cada 0.10 metros y al voleo.
3. Cualitativa: Preferencia de un grupo piloto de degustadores a tres modalidades de consumo de grano de alforfón, panqueques, cereal y cocido.
4. Cualitativa: Comparación de la calidad nutricional de grano cosechado en el municipio de Pastores, Sacatepéquez con el obtenido en el año 2015 en el municipio de San Andrés Sajcabajá, Quiché.

## **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 Antigua Guatemala del INSIVUMEH (2016), que es la más cercana al sitio de la parcela experimental; y 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 del 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. No se aplicaron plaguicidas ni fertilizantes químicos. Se establecieron dos parcelas experimentales, la parcela 1 con un área de 3500 metros cuadrados (la misma área de la sembrada en el año 2015) y una parcela 2 en la cual se hizo una distribución de bloques al azar para evaluar 3 modalidades de siembra (tratamientos) con 4 repeticiones (12 unidades experimentales).

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 secara 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, el cual fue analizado en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

j. Realización de prueba de degustación a 29 estudiantes de nivel básico del colegio CAF de la ONG Global Shore a los cuales se les presentaron 3 modalidades de consumo, 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.

#### 6.4. Muestreo

Se realizó muestreo estadístico durante el desarrollo fenológico del cultivo en la parcela 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 la parcela 1 de 3500 metros cuadrados, se tomó la cantidad total de grano y en el caso de las 12 unidades experimentales de la parcela 2 donde se evaluaron tres modalidades de siembra en un diseño de bloques al azar, se tomó el rendimiento de cada unidad experimental y se realizó análisis de varianza con un error del 5%.

Para el análisis de preferencia a tres modalidades de consumo se hizo una prueba hedónica con 4 posibles respuestas cualitativas (gusto) constituyéndose cada modalidad de consumo en un tratamiento y cada uno de los 30 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 4. 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, secado y limpio para determinar el rendimiento. Comparación con rendimiento obtenido en el año 2015 en parcela de igual área en San Andrés Sajcabajá.
Cuantitativa	Kilogramos/hectárea	Pesaje del grano cosechado, seco y limpio para determinar el rendimiento. Se realizó análisis de varianza a los resultados para evaluar la existencia o no de diferencias estadísticas significativas.
Cuantitativa	Diferentes parámetros, algunos en porcentaje y otros en gramos y miligramos	Análisis bromatológico. Se analizó una muestra homogénea de una libra de grano 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 el año 2015.
Cualitativa	Me gusta mucho, me gusta, no me gusta, no me gusta nada	Se realizó prueba hedónica para determinar preferencia de 29 estudiantes de nivel básico a las modalidades de consumo de alforfón: Panqueque, cereal y cocido.

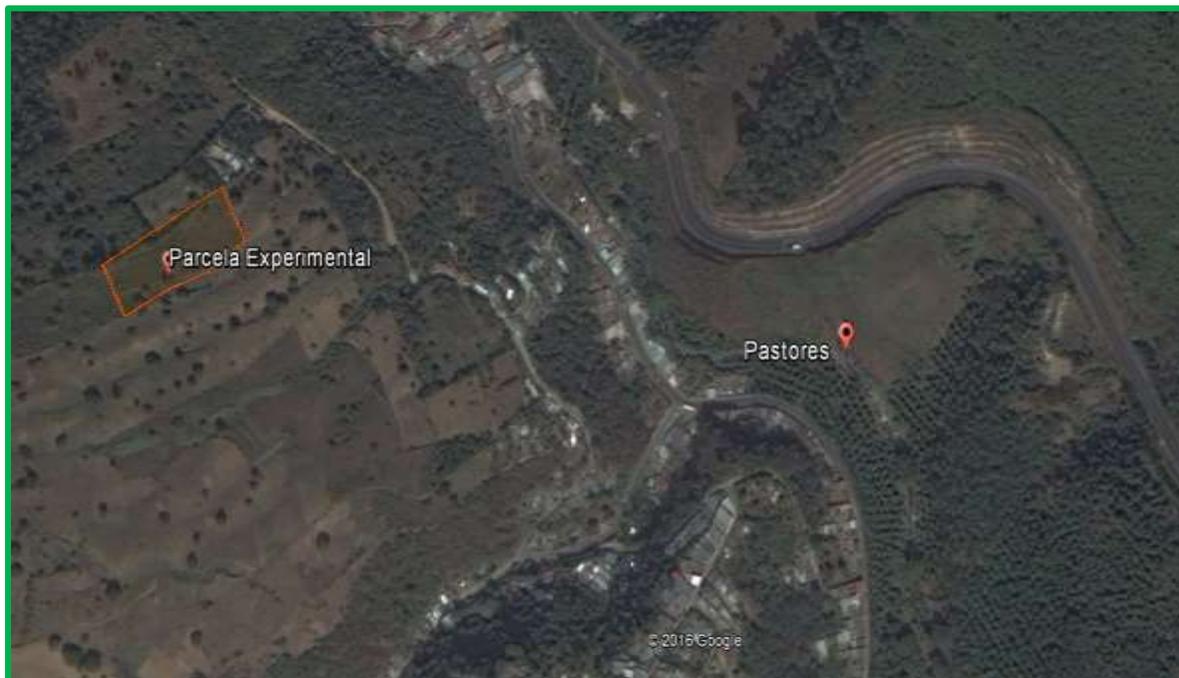
## 7. RESULTADOS

### 7.1. Resultados por objetivo

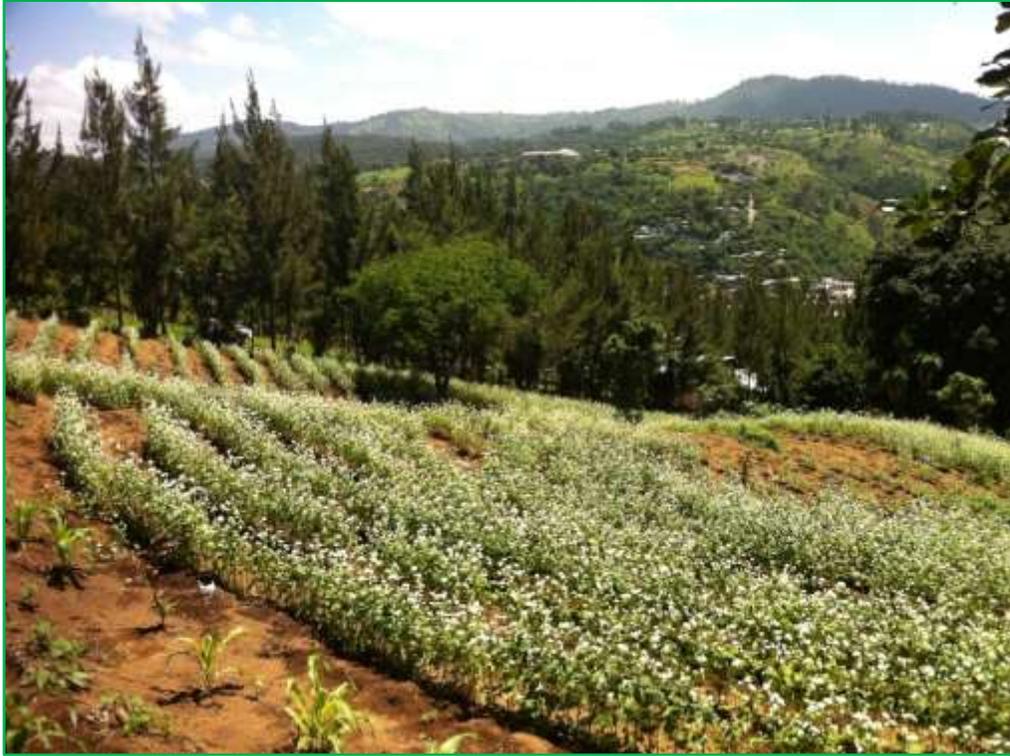
#### 7.1.1. Caracterización del ciclo agronómico del cultivo

El proceso de investigación surgió bajo la premisa de evaluar la adaptación del cultivo de alforfón a las condiciones agroambientales del municipio de Pastores y compararlo con lo reportado en la fase I de la investigación realizada en el año 2015 en el municipio de San Andrés Sajcabajá.

La siembra de las parcelas experimentales del cultivo de alforfón se realizó el día 8 de junio del 2016 en una parcela localizada en las coordenadas geográficas 14° 36' 8.74" latitud Norte y 90° 45' 56.84" longitud Oeste en el municipio de Pastores, departamento de Sacatepequez, la pendiente levemente inclinada (alrededor de un 15%) con suelo de textura franco arenosa, pH ligeramente ácido, fertilidad natural baja con niveles levemente altos de hierro y potasio.



*Figura 3. Vista satelital de la ubicación de la parcela*



*Figura 4. Vista de la parcela experimental 1*

Las dimensiones de la parcela 1 fueron de 60 metros de longitud por 60 metros de ancho para una superficie de 3,600 metros cuadrados de la cual se sembraron 3,500 metros cuadrados para que coincidiera la misma cantidad de área sembrada durante la fase I durante el 2015 en San Andrés Sajcabajá.

La parcela 2 compuesta por 12 unidades experimentales en un diseño de bloques al azar para la evaluación de 3 modalidades de siembra consistió en 3 tratamientos: a) Siembra por hilera, b) siembra por postura cada 0.10 metros y siembra al voleo. Estos fueron los tres tratamientos evaluados con 4 repeticiones.



*Figura 5. Vista de la parcela experimental 2*

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 reportó los siguientes resultados:

*Tabla 5. Resultados análisis de suelos*

	ppm						Meq/100 gr				%	
pH	P	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB	MO
5.8	5.85	1.50	1.00	27.00	6.50	17.69	6.99	2.22	0.20	1.72	62.82	2.36
Arcilla 8.74% Limo 20.24% Arena 71.02 Clase Textural Franco Arenoso												

El área sembrada fue de 3,500 metros cuadrados, utilizándose para ello veinte libras de semilla obtenidas durante la cosecha de la fase I realizada en el año 2015. Se hizo la siembra el día 8 de junio del 2016 pues en esa fecha ya habían ocurrido algunas lluvias en el municipio y se podía inferir que la estación lluviosa había iniciado.

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 6 y 7.

*Tabla 6. Altura promedio de las plantas durante el ciclo del cultivo 2016, municipio de Pastores, Sacatepéquez*

Días desde la siembra	Altura promedio planta	% de desviación
	± desv. est.	
0	0 ± 0.00	0.00
11	9 ± 1.91	21.22
19	22 ± 5.16	23.45
28	35 ± 7.98	22.80
35	80 ± 7.23	9.03
42	98 ± 16.96	17.30
50	112 ± 14.77	13.19
60	123 ± 15.87	12.90

Tabla 7. Registro del desarrollo del cultivo de alforfón

Días desde la siembra	Altura de plantas en centímetros	Desarrollo fenológico	Observaciones
0	0	Semilla	Fecha de siembra: 08-06-2016
3 a 5	1 - 2	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. La planta tiene un crecimiento vegetativo acelerado.
11	9	Desarrollo vegetativo.	Ataque de himenópteros del género Atta (zompopos) que han defoliado un 3% de las plantas.
19	22	Desarrollo vegetativo continúa.	Las plantas cuentan con 4 hojas y crecen rápidamente.
28	35	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
35	80	Continúa desarrollo vegetativo acelerado y plantas completamente en floración.	Inflorescencias de color blanco, flores pentámeras, perfectas, en grupos de 10 a 12 flores.
42	98	Inicia la formación de fruto.	La mayor parte de las plantas han iniciado la formación del fruto con consistencia blanda y color blanquecino.
50	112	Maduración del fruto.	El fruto toma una coloración café oscuro y consistencia coriácea.
60	123	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 el año 2015**

Después de cosechado el grano, se limpió y seco bajo techo por un período de 15 días, una vez hecho esto, se pesó el mismo y se tuvo un rendimiento de 1160.69 libras en 3,500 metros cuadrados, equivalentes a una producción de 1507.4 Kg/Ha que es un 67% mayor al reportado en la fase I de la Investigación pues la parcela sembrada en el municipio de San Andrés Sajcabajá en el año 2015 tuvo un rendimiento de 901.2 Kg/Ha.

**7.1.3. Comparar el rendimiento de grano seco en Kg/Ha obtenido con 3 modalidades de siembra**

Los rendimientos obtenidos en libras de grano de alforfón por unidad experimental de 1 metro cuadrado de área bajo tres modalidades de siembra se presentan en la tabla 8.

*Tabla 8. Rendimiento de grano de alforfón en parcela experimental bajo tres modalidades de siembra, año 2016 en el municipio de Pastores, Sacatepéquez.*

TRATAMIENTOS (Modalidades de siembra)	REPETICIONES			
	I	II	III	IV
<b>T1 (Por postura)</b>	0.750	0.800	0.500	0.250
<b>T2 (Hilera)</b>	0.600	0.350	0.750	0.500
<b>T3 (Voleo)</b>	0.800	0.780	0.850	0.450

El análisis de varianza con un 95 por ciento de confianza nos produjo los siguientes resultados:

*Tabla 9. Análisis de varianza de rendimiento de grano de alforfón en parcela experimental bajo tres modalidades de siembra, año 2016 en el municipio de Pastores, Sacatepéquez.*

	GL	SC	CM	F	F Tabla 0.05	
<b>Tratamientos</b>	2	0.067	0.034	1.102	5.14	NDS
<b>Bloques</b>	3	0.194	0.065	2.112	4.76	NDS
<b>Error</b>	6	0.184	0.031			
<b>Total</b>	11	0.445	0.040			

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

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 10.

*Tabla 10. Resultados de análisis bromatológico año 2016 en el municipio de Pastores, Sacatepéquez*

Base	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	Proteína Cruda %	Cenizas %	E.L.N. %
Seca	18.57	81.43	2.13	15.40	16.27	3.16	63.04
Como alimento	--	--	1.73	12.54	13.25	2.57	--

**7.1.5. Evaluar la aceptación de 3 modalidades de consumo del grano de alforfón**

Se realizó una prueba hedónica para medir la aceptación a tres modalidades de consumo de alforfón a un grupo de 29 estudiantes de ciclo básico, obteniéndose las siguientes respuestas:

*Tabla 11. Resultados de prueba hedónica de preferencia a tres formas de consumo de alforfón en el municipio de Pastores, Sacatepéquez en el año 2016.*

Respuesta	Tratamientos		
	T1 (Panqueques)	T2 (Cereal)	T3 (Cocido)
Me gustó mucho	24	8	0
Me gustó	5	15	8
No me gustó	0	5	13
No me gustó nada	0	1	8
Total	29	29	29

Se elaboró una gráfica de las respuestas obtenidas las cuales se presentan en la siguiente figura.

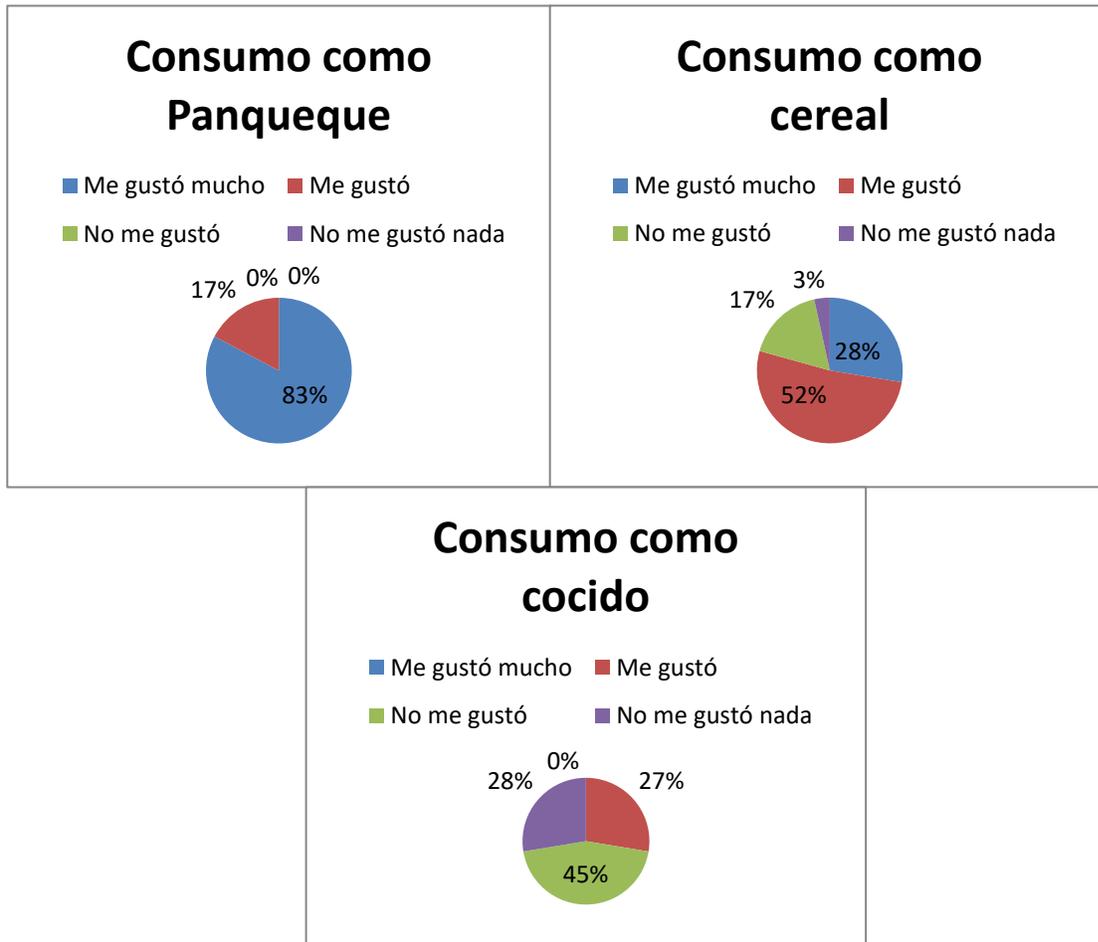


Figura 6. Presentación gráfica de la preferencia a tres modalidades de consumo de alfajón por estudiantes del ciclo básico del colegio CAF, Pastores, Sacatepéquez, año 2016.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante la prueba de Friedman obteniéndose un valor de  $X^2$  de 58.93 el cual es mayor al  $X^2$  de la tabla para 2 grados de libertad y un valor de significancia del 0.01. A continuación se presentan los resultados.

Tabla 12. Matriz de resultados

Tabla 13. Resultados prueba de Friedman para tres modalidades de consumo

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	1 (Panqueques)	2 (Cereal)	3 (Cocido)	
1	1	3	3	
2	1	4	4	
3	1	2	2	
4	1	2	3	
5	1	2	4	
6	2	1	3	
7	2	3	2	
8	1	3	3	
9	1	1	3	
10	2	2	3	
11	2	2	2	
12	1	1	3	
13	1	1	4	
14	1	2	3	
15	1	1	2	
16	1	1	4	
17	1	2	3	
18	1	1	2	
19	1	3	4	
20	1	2	2	
21	2	2	3	
22	1	2	3	
23	1	2	2	
24	1	1	3	
25	1	3	4	
26	1	2	3	
27	1	2	4	
28	1	2	3	
29	1	2	2	
SUMA	34	57	86	
<b>SUMA^2</b>	<b>1156</b>	<b>3249</b>	<b>7396</b>	<b>11801</b>

Escala de valoración: 1 Me gustó mucho, 2 Me gustó, 3 No me gustó, 4 No me gustó nada  
 $X^2 = 58.93$   $X^2$  Tabla: 2 GL Significancia 0.01= 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.

*Tabla 14. Resultados prueba de Kramer para tres modalidades de consumo*

Productos/Suma preferencia		T1	T2	T3
		34	57	86
T1	34	0	-23	-52
T2	57	23	0	-29
T3	86	52	29	0

El valor crítico indicado por la tabla de Basker para 29 panelistas y 3 productos es de 17.8

De la tabla anterior tenemos que el T1 (panqueques) es preferido al T2 (cereal) y T3 (cocido) y que el T2 (Cereal) es preferido al T3 (cocido).

## 7.2. Matriz de resultados

En la tabla 15 se presenta la matriz de resultados de la investigación de acuerdo al cumplimiento de cada objetivo específico planteado.

*Tabla 15. 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 la fase I	Rendimiento en Kg/Ha de grano	Rendimiento de 1,507.4 Kg/ha, que es comparado a los 901.2 Kg/Ha obtenidos en la fase I en el año 2015.
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 la fase I.
4. Comparación del rendimiento obtenido bajo 3 modalidades de siembra	Parcela experimental con diseño de bloques al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones cosechadas, pesadas y comparadas.	Parcela experimental con DBA con 12 unidades experimentales cosechadas, rendimiento medido y comparado.
5. Evaluación de la preferencia de 3 modalidades de consumo	Prueba hedónica a estudiantes de ciclo básico de la localidad evaluando su preferencia a cada modalidad	Prueba realizada a estudiantes del ciclo básico del colegio CAF con 29 estudiantes evaluando cada modalidad de consumo en forma cualitativa.

6. Publicar un manual preliminar del cultivo de alforfón

Publicación de 100 ejemplares de manual de cultivo de alforfón para las condiciones de Guatemala

500 ejemplares de manual de cultivo de alforfón para las condiciones de Guatemala publicados.

---

### **7.3. Impacto esperado**

El principal aporte que el proceso de investigación ha tenido, es generar una base de conocimiento de la adaptación que el cultivo tiene en condiciones de suelo y clima poco favorables en un municipio del altiplano occidental de Guatemala y su comparación con el rendimiento obtenido en el año 2015 en un municipio del corredor seco, así como 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 3 modalidades de siembra y 3 modalidades de consumo y se ha impreso un manual preliminar de manejo del cultivo para las condiciones de Guatemala.

De lo experimentado en la fase de campo se puede inferir que el cultivo si es apto para ser cultivado en el país, debiéndose concluir su evaluación mediante su siembra en una localidad de la costa sur, así como la evaluación de su rendimiento mediante manejo tecnificado.

Los agricultores del municipio, se interesaron por conocer del mismo, se les brindo información y se les regalo semilla para que la siembren y experimenten con el cultivo. Se ha evaluado la aceptación que el consumo del grano pueda tener y también se detectó la posibilidad de comercializar el grano en el mercado de productos naturales gourmet pues el grano está libre de gluten, por lo que de no materializarse la producción de alforfón para autoconsumo de las familias inmersas en la agricultura de subsistencia, el mismo si puede convertirse en un producto comercializable con buen precio y con una demanda pequeña pero con bastante posibilidad de incrementar.

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

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

Para evaluar la adaptación del cultivo se realizó la siembra de semilla de alforfón cosechada durante el ciclo de cultivo de la primera fase de esta investigación en el año 2015 en el municipio de San Andrés Sajcabajá. La siembra se hizo el día 8 de junio del 2016 en una parcela ubicada en el municipio de Pastores, departamento de Sacatepéquez.

De los resultados del análisis del suelo de la parcela, el cual es característico del municipio, se obtuvo que la textura del suelo es apropiada al ser esta franco arenosa, el pH ligeramente ácido, los niveles de fósforo (P), cobre (Cu) y Zinc (Zn) por debajo de los parámetros normales, el calcio (Ca), Manganeso (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 la fase I, 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 al de la parcela cosechada en año 2015 durante la fase I.

Aunque la información bibliográfica reporta incidencia de plagas como áfidos y gusanos cortadores sobre el cultivo, en este caso se experimentó desde el inicio de la fase de campo el ataque de insectos pertenecientes al orden Hymenoptera y género *Atta*, conocidos comúnmente como zompopos; estos al igual que en la fase I causaron la pérdida de plántulas recién emergidas sin embargo el daño fue menor al observado el año 2015 en San Andrés Sajcabajá pues al conocerse el peligro de ataque de estos insectos, se tomaron medidas previas para su control. Esta predilección de los zompopos por el alforfón puede deberse 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.



*Figura 7. Daño causado por zompopos Atta sp. Fabricius*

El crecimiento de las plantas durante su periodo de desarrollo vegetativo fue al igual que la emergencia, concordante con lo reportado por la bibliografía, la floración también inicio alrededor de los 28 días después de la siembra comparable con los 30 días reportados en la fase I para inicio de la floración, se observó la aparición de inflorescencias en forma de racimos terminales con flores de color blanco, con 5 pétalos.

A los 42 días después de la siembra, inicio la formación de fruto. 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 tomó 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 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 8 de agosto, 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 reduciendo su duración en comparación a la fase I en la cual la cosecha ocurrió hasta los 95 días.

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 acortó durante esta fase II debido a que la ocurrencia de las lluvias fue normal, sin periodos de sequía prolongados y con temperaturas adecuadas lo que permitió que el ciclo fuera 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.

En general, las etapas fenológicas del cultivo de alforfón se pueden establecer según nuestro criterio 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 la fase I**

Después de cosechado el grano, se limpió y seco bajo techo por un período de 15 días, una vez hecho esto, se pesó el mismo y se tuvo un rendimiento de 1,507.4 Kg/ha que es superior al obtenido en la misma área sembrada en el año 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.

Esta producción obtenida en el año 2016 en el municipio de Pastores, fue un 67% superior a la obtenida en el año 2015, se atribuye a las condiciones climáticas que imperaron a lo largo del ciclo de producción, pues las lluvias en San Andrés Sajcabajá fueron escasas y con largos intervalos entre ellas en el año 2015 mientras que en el municipio de Pastores durante el año 2016 las condiciones fueron favorables sin ocurrencia de sequías. 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 alforfón se adapta favorablemente tanto a las condiciones del corredor seco del país como a las del altiplano accidental. Cuando las condiciones son más favorables y no hay incidencia de sequías los rendimientos son superiores con incremento de alrededor del 67%.

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

Mediante 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, se evaluó 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 15.4%, 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 3.16%, porcentaje esperable para una muestra de semillas vegetales.

El contenido de grasas el cual se interpreta a partir del extracto etéreo, corresponde a un 2.13% y el de carbohidratos solubles a un 63.04% los cuales están también dentro de los parámetros comúnmente reportados en granos como el maíz y el trigo.

El porcentaje de proteína cruda de 16.27% es bastante aceptable y ligeramente 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 el análisis realizado al grano producido en el año 2015 durante la fase I.

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.

*Tabla 16. 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>Materia Seca Total %</b>	87.6	82.22	81.43
<b>Extracto Etéreo (%)</b>	2.4	1.12	2.13
<b>Fibra Cruda (%)</b>	13.8	18	15.4
<b>Proteína Cruda (%)</b>	12.7	13.63	16.27
<b>Cenizas (%)</b>	2.4	3.08	2.57
<b>Extracto Libre de Nitrógeno</b>	64	64.17	63.04

Al comparar los resultados de Penagos (1959) con los de ésta investigación durante las fases I y II, 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 la fase I durante el 2015, además el contenido de cenizas, que corresponde a la fracción mineral, fue mayor en la obtenida por este equipo de investigación en ambas fases, 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, 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 el año 2015.

#### **8.4. Evaluar el rendimiento de grano seco de alforfón obtenido bajo tres modalidades de siembra**

Como se mencionó anteriormente, la siembra de una parcela con diseño de bloques al azar donde los tres tratamientos fueron tres modalidades de siembra: 1. Por postura cada 0.10 m, 2. En hilera continua de semilla y 3. Al voleo (lanzando la semilla al azar).

Las unidades experimentales se manejaron en forma similar y al igual que en la parcela 1 de 3500 metros cuadrados, en esta parcela 2 la cosecha ocurrió también a los 60 días después de la siembra.

Aunque al observar a primera vista sin realizar análisis estadístico, el rendimiento promedio obtenido con el tratamiento 3 fue superior (3169 Kg/ha) contra los obtenidos en los tratamientos 1 (2508 Kg/ha) y 2 (2,420 Kg/ha); al realizar el análisis de varianza con una confiabilidad del 95% se obtuvo que no hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos por lo que cualquiera de las tres modalidades de siembra puede ser usada, sin embargo al sumar a este análisis el manejo agronómico del cultivo, se considera que la modalidad más apropiada es la siembra por posturas (T1) pues en esta la cantidad de semilla empleada es menor y el manejo del cultivo en relación al control de malezas es más fácil.

Se pudo observar también que la siembra al voleo genera dificultades para el control de malezas pues al nacer las plantas en forma desordenada es poco accesible para la realización de actividades culturales del cultivo además de producir plantas con tallos más delgados y plantas de talla menor.

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

El análisis de las respuestas proporcionadas por el grupo de catadores de las tres modalidades de consumo 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 58.93 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 como panqueques sobre las modalidades de consumo como cereal y cocido; además la modalidad de consumo como cereal es preferida al consumo como grano cocido.

Esta preferencia permite inferir que deben buscarse alternativas de consumo que involucren productos elaborados con harina de alforfón pues preliminarmente parece ser la que más se adapta al gusto guatemalteco. El consumo como panqueque tiene la ventaja de requerir el uso de harina de alforfón, agua, aceite y huevo, productos de fácil acceso en el ámbito rural y que incrementan el valor nutricional del alimento, principalmente la mezcla de alforfón con huevo. Para que el producto tenga mejor sabor es deseable la adición de miel de abeja la cual puede ser cosechada por los productores de alforfón si colocan colmenas en el área de cultivo al ser el alforfón una especie muy atractiva para insectos polinizadores y de la cual las abejas pueden elaborar miel de excelente calidad.

El consumo como cereal aunque más aceptado que el grano cocido, tiene el inconveniente que requiere la disponibilidad de leche, lo que en el medio rural no siempre es posible por lo que su adopción por parte de los consumidores con recursos más limitados dependería de que cualquier intervención para introducirlos al cultivo sea acompañada de algún programa pecuario con especies productoras de leche, por ejemplo cabras.

La modalidad de grano cocido aunque muy popular en otros países, no fue bien recibida por los degustadores, esto puede deberse a que en otros países se consume con carne sin embargo el acceso a productos de origen animal como la carne es muy limitado en el medio rural por lo que no se considera una opción viable.

## 9. CONCLUSIONES

6.1. El cultivo se desarrolló apropiadamente durante el año 2016 en un suelo con alto contenido mineral y baja fertilidad, esto permite afirmar 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 Pastores 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.

6.4. La disminución del nivel de precipitación pluvial durante el año 2015, estimado en un 40% menos que el patrón normal para el municipio de San Andrés Sajcabajá incidió directamente en la duración del ciclo de vida del cultivo y en su rendimiento; lo cual no ocurrió en el año 2016 en el municipio de Pastores reduciéndose el ciclo de cultivo e incrementando su rendimiento.

6.5. El rendimiento de 1,507.4 Kg/ha obtenido en el municipio de Pastores fue 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.

6.6. La calidad del grano de alforfón obtenido en el año 2016 en el municipio de Pastores 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 del año 2015 en el municipio de San Andrés Sajcabajá y a lo reportado por Penagos en el año 1959.

6.7. No hubo diferencias estadísticas entre las 3 modalidades de siembra evaluadas por lo que cualquiera de ellas puede utilizarse, sin embargo en la siembra por posturas cada 0.10 metros, se utiliza menos cantidad de semilla y el control de malezas es más fácil.

6.8. La modalidad de consumo preferida por el grupo piloto de degustadores fueron los panqueques, seguidos por alforfón como cereal y como último el cocido, que tuvo pocas opiniones favorables.

## 10. REFERENCIAS

- Christa, K., Soral-Šmietana, M. (2008). Buckwheat grains and buckwheat products, nutritional and prophylactic value of its components - a review. *Czech Journal of Food Sciences*, 26:153-162.
- 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.
- 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.
- 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. (2016). *Registros climáticos de la estación Antigua Guatemala, departamento del Sacatepéquez*. 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.
- Pomeranz, 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 Pastores, Sacatepéquez*. 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.
- Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos. (2004). *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. Review on buckwheat allergy. (1996). *Allergy*, 1996(51), 661-665.
- Wieslander, G., & Norback, D. (2001, September). Buckwheat consumption and its medical and pharmacological effects—a review of the literature. In *The Proceedings of the Eighth International Symposium of Buckwheat, ISB*. p (pp. 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. *Advances in Buckwheat Research*, 465.

# 11. APENDICE

## 11.1. Resultado análisis de suelos



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
 LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



**INTERESADO: CARLOS CASTAÑEDA**  
**PROCEDENCIA: SAN ANDRES SAJACABAJA, QUITCHE**  
**FECHA DE INGRESO: 27/4/2015**

**ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS**

IDENTIFICACION	pH	ppm						Meq/100 gr					%	
		P	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB	M.O	
RANGO ADECUADO	5-6.5	2-4	4-6	10-15	10-15	20-25	4-8	1.5-2	—	0.27-0.38	75-90	4-5		
M-1	5.8	114	0.50	4.00	29.50	29.00	13.64	7.73	1.56	0.10	0.49	72.45	2.57	

**ANÁLISIS FÍSICOS DE SUELOS**

IDENTIFICACION	%		CLASE TEXTURAL
	Arcilla	Limo	
M-1	13.90	31.12	FRANCO ARENOSO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE AGRONOMÍA  
 LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA  
 "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"  
 AV. 14-01, 2º NIVEL DE SUELO Y PLANTA

CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 EDIFICIO UVIGEA, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONAL 13, GUATEMALA  
 CÓDIGO POSTAL 01013, APARTADO POSTAL 5345, TEL.: (502) 23483939, (502) 23483990 EXT. 3162 Ó 1788

# 11.2. Resultado análisis bromatológico



Elaborado por: Aura Marina de Marroquín  
Autorizado por: Lic. Miguel Ángel Rodenas

## FORMULARIO BROMATO 7

### INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS



Estadio #6, 2º Nivel, Ciudad Universitaria zona 12  
Ciudad de Guatemala  
Teléfono: 24186307 Teléfono: 24186307 ext. 4676  
E-mail: bromato2000@yahoo.es

**No. 481**

Solicitud por: **ALTERNATIVA PARA COMBATIR EL HAMBRE EN ÁREAS DE PROXIMIDAD FASE II.**

Fecha de recepción de la muestra: **31-08-2016.**

Dirección: **CIUDAD, GUATEMALA.**

Fecha de realización: **DEL 05 AL 09-09-2016.**

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia  
Escuela de Zootecnia  
Unidad de Alimentación Animal

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEINA cruda %	Centizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. Pepsina %	E.B. Mcal/Kg	PEROXIDOS Mcg/Kg	A.G.L. Mcal/Kg
757	Alfornón	SECA	18.57	81.43	2.13	15.40	16.27	3.16	63.04	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		COMO ALIMENTO	—	—	1.73	12.54	13.25	2.57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		SECA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		COMO ALIMENTO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		SECA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		COMO ALIMENTO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		SECA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		COMO ALIMENTO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**OBSERVACIONES:**  
Dichos resultados fueron calculados en base e materia seca total y húmeda. Se prohíbe la aplicación y uso a partir de este informe, para mayor información favor dirigirse al teléfono 24186307.

  
**Lic. Miguel Ángel Rodenas**  
**Jefe Laboratorio de Bromatología**

  
**Resultados 2016/481**  
**09/09/16**

**TOTAL DE MUESTRAS REPORTADAS EN ESTA HOJA: 1**  
**X**

PRUEBA	MÉTODO DE REFERENCIA	APLICABIL	UNIDADES	RANGO	INCERTIDUMBRE
Mostr. Seca	AOAC 978.35	4.8.9	%	85 a 100	
Mostr. Seca	Balmain 6.111	1.3.5.6	%	1 a 85	
Mostr. Seca	AOAC 975.04	3	%	20 a 85	
Proteína Cruda	AOAC 978.05 Teclor. Manual del Sistema 1001 Archivar	1.2.3.4.5.6.9	%	1 a 200	
Fibra Cruda	Teclor. Manual del 1010/1021 Fibres System I AOAC 962.09 Balmain	1.2.3.4.5.6.7.8	%	1 a 60	
Fibra Acido Detergente	Teclor. Manual del 1010/1021 Fibres System I	1.2.3.4	%	0 a 60	
Fibra Neutro Detergente	Teclor. Manual del 1010/1021 Fibres System I	1.2.3.4	%	0 a 90	
Extracto Etéreo	Balmain 9.110	1.2.3.4.5.6.8	%	0 a 100	
Cenizas	AOAC 942.05	1.2.3.4.5.6.7.8 9.10	%	0 a 100	
Extracto Libre de Nitrogeno	Balmain 10.200	1.2.3.4.5.6	%	0 a 100	

**MATERIALES EN LOS QUE SE REALIZARON LOS ANÁLISIS ACREDITADOS:**

1. Heno, rastrojos y cascarrillas
2. Forrajes verdes
3. Ensilados
4. Alimentos concentrados (menos del 15% de humedad)
5. Frutas y verduras de consumo humano
6. Carnes y subproductos cárnicos
7. Leches y subproductos lácteos
8. Plantas con otros fines diferentes de la alimentación humana o animal
9. Suelos
10. Fertilizantes orgánicos e inorgánicos

### 11.3. Fotografías



Vista de la parcela experimental de alforfón con plantas en desarrollo vegetativo



Vista de la parcela experimental de alforfón con plantas en floración



Vista de plantas de alforfón en plena floración



Vista de plantas de alforfón en proceso de formación de fruto



Vista de plantas de alforfón con grano listo para ser cosechado



Vista de grano de alforfón recién cosechado



		
Siembra de unidad experimental con modalidad al voleo	Siembra de unidad experimental con modalidad en hilera	Siembra de unidad experimental con modalidad por postura

MODALIDADES DE CONSUMO		
Cereal	Cocido	Panqueque
		

## REALIZACION DE PRUEBA DE MODALIDADES DE CONSUMO



Grupo de estudiantes del ciclo básico participantes en la prueba



Impartiendo instrucciones para la realización de la prueba de degustación.

## PORTADA DE MANUAL DE ALFORFON PUBLICADO

Manual de Cultivo de  
**Alforfón**  
(*Fagopyrum esculentum* Moench)  
Para las condiciones de Guatemala

Ing. Agr. Carlos Guillermo Castañeda Acevedo  
Ing. Agr. Darío Amílcar Montenegro Flores

Esta publicación es resultado del proyecto de investigación "Alforfón: Alternativa para combatir el hambre en áreas de pobreza", avalado, aprobado y financiado por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala, partida presupuestal 4.8.63.7.35.

Año de ejecución:  
2016.

**DG**  
**USAC**  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Guatemala, 2016

The cover features a green and white geometric pattern on the left. The right side shows a hand holding dark seeds over a field of white flowers. The title 'Manual de Cultivo de Alforfón' is prominent, with the scientific name and local name below it. The authors' names are listed. A text box on the left provides details about the research project. The DG USAC logo and 'Guatemala, 2016' are at the bottom right.

#### 11.4. Boleta de evaluacion de modalidades de consumo

**Alforfón: Alternativa para combatir el hambre**

**Boleta de valoración de la modalidad de consumo**

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

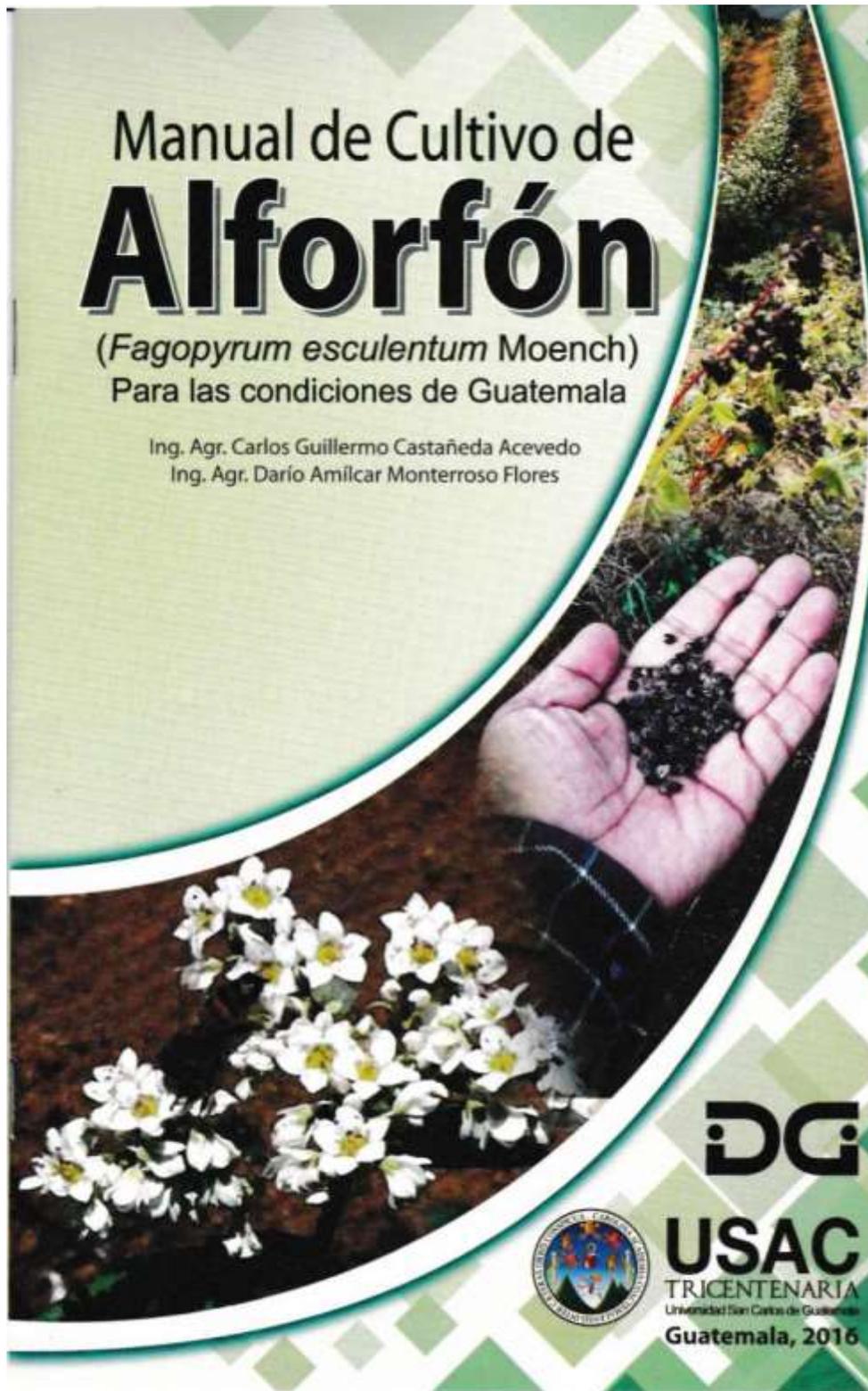
#### **CALIFICACION**

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	

## 11.5. Manual de cultivo de alforfón para las condiciones de Guatemala



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

El día 8 de julio se realizó presentación sobre el cultivo a estudiantes y padres del colegio CAF auspiciado por la ONG Global Shore con el fin de difundir el cultivo entre los productores de la zona pues muchos de los padres se dedican a actividades agrícolas.

El día 5 de octubre se entregó manuales a estudiantes participantes de la prueba de degustación, a maestros y padres interesados.

El día 12 de octubre se realizó presentación y entrega de manuales a estudiantes en el Congreso Nacional de Estudiantes de Agronomía.

Se han realizado contactos con el Lic. Zootecnista Fredy Gamas del Consejo de Desarrollo Agropecuario del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA–, llegándose al acuerdo de continuar proveyéndoles la información generada durante esta investigación y a proporcionarles ejemplares del manual de cultivo.

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