

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

IASA I

**EVALUACIÓN DE CUATRO NIVELES DE MATERIA
ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE *Amaranthus caudatus* E
INDUSTRIALIZACIÓN DEL GRANO PARA LA
COMUNIDAD DE SAN CLEMENTE – IMBABURA**

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO AGROPECUARIO

ELABORADO POR:

GABRIELA ALEXANDRA GALLARDO QUINTANA

SERGIO RENATO GARCÍA MONTOYA

SANGOLQUÍ 2011

EXTRACTO

En la comunidad de San Clemente – Imbabura se evaluó el desempeño de amaranto de la variedad INIAP Alegría con 4 niveles de inclusión de materia orgánica (0, 2, 5, 8 t/ha.), en dos épocas de siembra, reflejando los resultados en: el número de plantas por metro lineal, días al panojamiento, días a la floración, días a la cosecha, altura de la planta, longitud de la panoja, diámetro de la panoja, rendimiento de grano (kg/ha) y peso de mil semillas. Al mismo tiempo se aprovechó la cosecha en el desarrollo de 4 subproductos alimenticios los cuales fueron sometidos a una evaluación sensorial para determinar su nivel de aceptación y a los que posteriormente se les realizó un análisis de laboratorio para identificar su contenido nutricional.

Para la fase de campo se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, el área total del ensayo fue de 300 m² para cada época, donde las parcelas tuvieron un área de 18,75 m², se evaluaron 4 tratamientos y se manejaron 4 repeticiones.

Al analizar los resultados se determinó que: la variedad INIAP – Alegría cultivada con los diferentes niveles de incorporación de materia orgánica, mantuvo los parámetros agronómicos reportados por el INIAP para altura de la planta, días al panojamiento, días a la cosecha y largo de la panoja, pero en cuanto al rendimiento fue menor. La incorporación de materia orgánica influyó en las variables de: diámetro de la panoja y rendimiento solamente en la época seca. En la época lluviosa, la materia orgánica no tuvo mayor influencia en las variables. Las mejores respuestas en cuanto a: el número de plantas/m. lineal (25,31plantas), la altura de planta (91,20 cm), los días a la cosecha (128 días) y peso de mil semillas (1069,4

mg), se presentaron en la época lluviosa. Mientras que en la época seca las variables que tuvieron mejor comportamiento fueron: largo de la panoja (34,33cm) y el diámetro de la panoja (6,5cm). La época seca y lluviosa ejercieron igual efecto en los días al panojamiento, días a la floración y el rendimiento. En las dos épocas el tratamiento T3 (8t/ha) obtuvo el mayor rendimiento (745,33 kg/ha - época seca) y (640 kg/ha – época lluviosa).

Según el análisis económico efectuado, las mejores opciones son: E1T3 (Época seca – 8t/ha), E2T2 (Época lluviosa – 5t/ha) y E2T1 (época lluviosa – 2t/ha).

Los factores en estudio de cada producto procesado fueron: porcentaje de inclusión de harina de amaranto en galletas, tipos de endulzantes para barras energéticas, ingrediente saborizante en la bebida y diferentes esencias para el cereal reventado. En la evaluación de los productos se utilizó una escala hedónica de 5 puntos y participaron 10 panelistas, los cuales evaluaron a los productos en base a su textura, color, olor, sabor y apariencia general, determinándose así el grado de satisfacción sobre 25 puntos. Los productos con mayor aceptación fueron: galletas con 30% de inclusión de harina de amaranto, barra energética endulzada con miel de panela, bebida de maracuyá y cereal reventado con esencia de vainilla.

Después del análisis nutricional realizado en los productos procesados, el pop de amaranto presentó un porcentaje de proteína 14,71, las galletas un 10,80%, la barra energética 8,66% y la bebida 0,57%, estos porcentajes se basan en los diferentes niveles de inclusión de amaranto en la formulación de cada producto.

ABSTRACT

"In the community of San Clemente – Imbabura, the performance of Amaranth INIAP - Alegria variety was evaluated with 4 levels of inclusion of organic matter (0, 2, 5, 8 t / ha.) in two different sowing seasons. The results were reflected in: number of plants per linear meter, days to panicle, days to flowering, days to harvest, plant height, panicle length, panicle diameter, grain yield (kg / ha) and weight of a thousand seeds. At the same time, the crop was used in the development of four food products which were subjected to sensory evaluation to determine their level of acceptance. These products subsequently underwent a laboratory test to identify their nutritional content.

For the field phase, a completely randomized block design was used. The entire test area was 300 m² for each period, where the plots had an area of 18,75 m². Four treatments were evaluated and four repetitions were managed.

In analyzing the results, it was determined that the INIAP - Alegria variety cultivated with different levels of incorporation of organic matter kept the agronomic parameters reported by the INIAP for: plant height, days to panicle, days to harvest and length of the panicle. However, its performance was lower than that of INIAP parameters. The incorporation of organic matter influenced the following variables: diameter of the panicle and yield only in the dry season. In the rainy season, the organic matter did not influence significantly on the variables. The best responses in terms of: number of plants / m. linear (25,31 plants), plant height (91,20 cm), days to harvest (128 days) and weight of a thousand seeds (1069.4 mg) were displayed in the rainy season. In the dry season, the variables that

had better performance were: length of panicle (34,33 cm) and panicle diameter (6,5 cm). The dry and rainy seasons exerted the same effect in the days to panicle, days to flowering and yield. In both treatment periods; T3 (8t/ha) obtained the highest yield (745,33 kg / ha - dry season) and (640 kg / ha - rainy season).

According to the economic analysis performed, the best options are: E1T3 (dry season -8t/ha) E2T2 (Rainy season - 5t/ha) and E2T1 (rainy season - 2t/ha).

For the processed products, the factors studied were: percentage of amaranth flour present in cookies, types of sweeteners for energy bars, flavoring ingredient in the drink, and different species for the popped cereal. In the evaluation of the products we used a 5 point hedonic scale and with the participation of 10 panelists, the products were evaluated according to their texture, color, odor, flavor and general appearance, which led to determining the degree of satisfaction over 25 points. The most widely accepted products were cookies with 30% inclusion of amaranth flour, energy bars sweetened with brown sugar honey, passion fruit drink and vanilla essence in the popped amaranth.

After the conducted nutritional analysis of the processed products, the popped amaranth presented a protein percentage of 14,71, the cookies a 10.80%, the energy bar 8,66% and the drink 0,57%. These percentages are based on the different levels of inclusion of amaranth in the formulation of each product."

CERTIFICACIÓN

Ing. Elizabeth Urbano

Ing. Gabriel Larrea

Certifican:

Que el trabajo titulado EVALUACIÓN DE CUATRO NIVELES DE MATERIA ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE *Amaranthus caudatus* E INSUSTRIALIZACIÓN DEL GRANO PARA LA COMUNIDAD DE SAN CLEMENTE - IMBABURA, realizado por GABRIELA ALEXANDRA GALLARDO QUINTANA Y SERGIO RENATO GARCÍA MONTOYA, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que el interés para el desarrollo de este proyecto es el de aportar al impulso de cultivos ancestrales mediante técnicas amigables con el ambiente y el de proporcionar a los pequeños agricultores de procesos sencillos de industrialización, SI recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a GABRIELA ALEXANDRA GALLARDO QUINTANA Y SERGIO RENATO GARCÍA MONTOYA que lo entregue a ING. PATRICIA FALCONÍ en su calidad de Coordinadora de la Carrera.

Sangolquí, 29 de noviembre de 2011

Ing. Elizabeth Urbano

DIRECTOR

Ing. Gabriel Larrea

CODIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Gabriela Alexandra Gallardo Quintana

Sergio Renato García Montoya.

Declaramos que:

El proyecto de grado denominado EVALUACIÓN DE CUATRO NIVELES DE MATERIA ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE *Amaranthus caudatus* E INDUSTRIALIZACIÓN DEL GRANO PARA LA COMUNIDAD DE SAN CLEMENTE - IMBABURA ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 29 de noviembre de 2011

Gabriela Alexandra Gallardo Q.

Sergio Renato García M.

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Gabriela Alexandra Gallardo Quintana y Sergio Renato García Montoya

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo **EVALUACIÓN DE CUATRO NIVELES DE MATERIA ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE *Amaranthus caudatus* E INDUSTRIALIZACIÓN DEL GRANO PARA LA COMUNIDAD DE SAN CLEMENTE - IMBABURA** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 29 de noviembre de 2011

Gabriela Alexandra Gallardo Q.

Sergio Renato García M.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con mucho cariño a mi madre Gloria quien me enseñó lo verdaderamente importante en la vida, y a todos los incansables cultivadores de la tierra que respetan con su accionar el equilibrio de nuestro mundo.

Alexandra Gallardo Q.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi madre, Gloria, sin ella este logro no hubiese sido posible, a Fernanda mi hermana, gracias por su ayuda.

A mi familia por su apoyo incondicional y por estar siempre para mí.

A Alex por su paciencia y preocupación constantes, por impulsarme hasta llegar a la meta.

A mis amigos gracias por mantenerse a mi lado y subir el ánimo en tiempos críticos.

A Renato y su familia por su trabajo y colaboración que nos empujaron a culminar con un logro más en nuestras vidas.

Gabriela Alexandra Gallardo Q.

DEDICATORIA

A mis queridos padres, hermanos
A mi amada esposa,
y especialmente a mi pequeña hija
la fuerza que me impulsa cada día.

Renato García M.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme bendecido y ser mi guía.

A mis padres Ramiro y María del Carmen por ser un ejemplo de superación, lucha incansable y constancia. Por su inmenso amor, por sus consejos y por el apoyo incondicional que me han dado durante toda mi vida.

A mi esposa por la comprensión y fortaleza brindada, siendo el soporte para alcanzar este sueño.

A mis hermanos Juan Carlos y Diego que siempre estuvieron a mi lado y me ayudaron a cumplir con esta meta.

A mis familiares, amigos y compañeros por el compartir y la ayuda brindada en este arduo camino de mi formación profesional.

A mi compañera de tesis por su amistad, su constancia, trabajo y sacrificio para poder sortear los obstáculos y culminar este proyecto investigativo.

Renato García M.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestra directora de tesis la Ing. Elizabeth Urbano, al Ing. Gabriel Larrea, nuestro codirector y al Ing. Gabriel Suárez nuestro biometrista por sus valiosas recomendaciones y por su aporte en el desarrollo de esta investigación.

A los docentes de la carrera por compartir con nosotros sus conocimientos y experiencias

Al Ing. Peralta, Director del Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA) por su guía y aportes importantes para la realización de este trabajo.

Al Crnl. Ronald Run Ruil, por su apoyo en la ejecución de esta investigación.

Al Ing. Norman Soria por sembrar una semilla de amaranto en nuestras vidas.

A los miembros de la comunidad de Pugkyupamba por permitirnos realizar el ensayo en sus predios, por su apertura, cordialidad y amabilidad con que nos trataron.

Y a todas las personas que de una u otra forma aportaron en la realización de nuestra tesis.

Alexandra Gallardo

Renato García

HOJA DE LEGALIZACION DE FIRMAS

ELABORADO POR

Gabriela Alexandra Gallardo Q.

Sergio Renato García M.

DIRECTORA DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

Ing. Patricia Falconí

DELEGADO UNIDAD DE ADMISION Y REGISTRO

Dr. Ab. José Orozco

Lugar y fecha: _____

ÍNDICE DE CONTENIDO

I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 AGRICULTURA ORGÁNICA	4
2.2 EL AMARANTO	6
2.2.1 Origen	6
2.2.2 Distribución geográfica y principales especies.....	7
2.2.3 Taxonomía	8
2.2.4 Descripción botánica y morfológica del cultivo	9
2.2.4.1 La raíz	10
2.2.4.2 El tallo.....	10
2.2.4.3 Las hojas	10
2.2.4.4 La inflorescencia y la flor	11
2.2.4.5 El fruto	12
2.2.4.6 La semilla.....	13
2.2.5 Descripción ecofisiológica.....	14
2.3 EL CULTIVO DE AMARANTO, VARIEDAD “INIAP – ALEGRÍA”	15
2.3.1 Características de la variedad	15
2.3.2 Calidad de grano de la variedad.....	17
2.3.3 Requerimientos agroecológicos	17
2.3.4 Manejo del cultivo	18
2.3.4.1 Preparación del terreno.....	18
2.3.4.2 Semilla	19
2.3.4.3 Época de siembra	19
2.3.4.4 Siembra	19
2.3.4.5 Fertilización	20
2.3.4.6 Control de malezas.....	22
2.3.4.7 Control de plagas	22
2.3.4.8 Control de enfermedades	23
2.3.4.9 Riego.....	23

2.3.4.10 Aporque.....	24
2.3.4.11 Cosecha.....	24
2.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AMARANTO	26
2.5 USOS POTENCIALES DEL AMARANTO DE GRANO BLANCO.....	29
2.6 PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN	30
2.6.1 Manejo de post cosecha	30
2.6.2 Desarrollo de productos	30
2.6.2.1 Reventado del grano	30
2.6.2.2 Técnicas tradicionales de reventado	31
2.7 EVALUACION SENSORIAL.....	32
2.7.1 Propiedades sensoriales	33
2.7.2 Escala hedónica	35
2.8 METODOS ESPECIFICOS PARA EL ANALISIS DE ALIMENTOS.....	36
2.8.1 Análisis proximal	36
2.8.2 Análisis de minerales.....	36
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1 UBICACIÓN DEL LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.1.1 Ubicación Política.....	37
3.1.2 Ubicación Geográfica	37
3.1.1 Ubicación Ecológica	38
3.2 MATERIALES.....	38
3.3 MÉTODOS.....	38
3.3.1 Diseño Experimental.....	39
3.3.1.1 Factores probados.	39
3.3.1.2 Tratamientos comparados.	39
3.3.1.3 Tipo de diseño.....	40
3.3.1.4 Repeticiones o bloques.	40
3.3.1.5 Características de la unidad experimental.....	40
3.3.1.6 Croquis del diseño.....	41
3.3.2 Análisis estadístico.....	42

3.3.2.1 Esquema de análisis de varianza.....	42
3.3.2.2 Coeficiente de variación.....	42
3.3.2.3 Análisis funcional.....	42
3.3.2.4 Regresiones.....	43
3.3.3. Variables medidas.....	43
3.3.3.1 Número de plantas por metro lineal.....	43
3.3.3.2 Días al panojamiento.....	43
3.3.3.3 Días a la floración.....	43
3.3.3.4 Días a la cosecha.....	44
3.3.3.5 Altura de la planta.....	44
3.3.3.6 Longitud de la panoja.....	44
3.3.3.7 Diámetro de la panoja.....	44
3.3.3.8 Rendimiento del grano.....	45
3.3.3.9 Peso de mil semillas.....	45
3.4 MÉTODOS ESPECÍFICOS DE MANEJO DEL EXPERIMENTO EN EL CAMPO	45
3.4.1 Toma de muestras de suelo.....	45
3.4.2 Preparación del suelo.....	46
3.4.1 Fertilización con materia orgánica.....	46
3.4.4 Semilla.....	47
3.4.5 Siembra.....	47
3.4.6 Cubrimiento.....	48
3.4.7 Control de malezas.....	48
3.4.8 Raleo.....	48
3.4.9 Control de plagas y enfermedades.....	48
3.4.10 Fertilización.....	48
3.4.11 Aporque.....	49
3.4.12 Cosecha.....	49
3.4.13 Trilla.....	49
3.4.14 Poscosecha.....	49

3.5 UBICACIÓN DEL LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN (DESARROLLO DE PRODUCTOS)	50
3.5.1 Ubicación política	50
3.5.2 Ubicación geográfica	50
3.6 MATERIALES PARA EL DESARROLLO DE PRODUCTOS	50
3.7 MÉTODOS PARA EL DESARROLLO DE PRODUCTOS	51
3.7.1 Diseño experimental	51
3.7.1.1 Factores probados	51
3.7.1.2 Tratamientos comparados	51
3.7.1.3 Tipo de diseño.....	52
3.7.1.4 Repeticiones o bloques	52
3.7.1.5 Características de la unidad experimental.....	52
3.7.2 Análisis estadístico	53
3.7.2.1 Esquema de análisis de varianza.....	53
3.7.2.2 Coeficiente de variación	53
3.7.2.3 Análisis funcional	53
3.7.3. Análisis Económico	53
3.8 MÉTODOS ESPECÍFICOS DE MANEJO DEL EXPERIMENTO EN EL PROCESAMIENTO DEL GRANO	54
3.8.1 Procesamiento	54
3.8.2 Galletas	54
3.8.2.1 Método de elaboración.....	55
3.8.2.2 Diagrama de flujo para la elaboración de la galleta.....	57
3.8.3 Barra energética	58
3.8.3.1 Método de elaboración.....	59
3.8.3.2 Diagrama de flujo para la elaboración de la barra energética.....	60
3.8.4 Cereal reventado o pop	61
3.8.4.1 Método de elaboración.....	61
3.8.4.2 Diagrama de flujo para la elaboración del cereal.....	62
3.8.5 Bebida	63
3.8.5.1 Método de elaboración.....	64
3.8.5.2 Diagrama de flujo para la elaboración de la bebida.....	65
3.9 ANALISIS SENSORIAL	66

3.10 FASE DE LABORATORIO	67
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
4.1 NÚMERO DE PLANTAS/METRO LINEAL	68
4.1.1 Análisis combinado	70
4.2 ALTURA DE LA PLANTA	71
4.2.1 Análisis combinado.....	74
4.3 DÍAS AL PANOJAMIENTO	76
4.4 DÍAS A LA FLORACIÓN.....	78
4.5 LARGO DE LA PANOJA	79
4.5.1 Análisis combinado	81
4.6 DIÁMETRO DE LA PANOJA.....	82
4.6.1 Análisis combinado.....	85
4.7 DÍAS A LA COSECHA.....	88
4.7.1 Análisis combinado	89
4.8 RENDIMIENTO	90
4.8.1 Análisis combinado.....	93
4.9 PESO DEL MIL SEMILLAS.....	95
4.9.1 Análisis combinado.....	97
4.10 EVALUACIÓN SENSORIAL.....	98
4.10.1 Galletas	98
4.10.2 Bebida.....	101
4.10.3 Barra energética.....	104
4.10.4 Cereal.....	106
4.11 ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	109
V. ANÁLISIS ECONÓMICO	113
VI. CONCLUSIONES	116
VII.RECOMENDACIONES	118
VIII.BIBLIOGRAFIA	119
IX.ANEXOS	122

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1 Análisis de variancia de número de plantas de amaranto, en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.....	68
Cuadro 4.2 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre el número de plantas de amaranto a los 45 dds. en dos épocas de siembra en San Clemente-Imbabura 2010	69
Cuadro 4.3 Análisis de varianza de número de plantas/ metro lineal de amaranto en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.....	70
Cuadro 4.4 Promedios de dos épocas de siembra sobre el número de plantas/ metro lineal de amaranto en San Clemente -Imbabura 2010. DMS al 5%	71
Cuadro 4.5 Análisis de varianza de altura de la planta en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.....	72
Cuadro 4.6 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre la altura de la planta de amaranto en San Clemente-Imbabura 2010.....	72
Cuadro 4.7 Análisis de varianza de altura de la planta en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.....	74
Cuadro 4.8 Promedios de dos épocas de siembra sobre la altura de planta de amaranto en San Clemente -Imbabura 2010. DMS al 5%.....	75
Cuadro 4.9 Promedios de los tratamientos en dos épocas sobre la altura de planta de amaranto en San Clemente -Imbabura 2010. Duncan 5%	75
Cuadro 4.10 Promedios de la interacción épocas tratamientos sobre la altura de planta de amaranto en San Clemente -Imbabura 2010. Duncan 5%.....	76
Cuadro 4.11 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre los días al panojamiento en dos épocas de siembra en San Clemente-Imbabura 2010	77
Cuadro 4.12 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre los días a la floración en dos épocas de siembra en San Clemente-Imbabura 2010	78
Cuadro 4.13 Análisis de varianza de número de plantas/ metro lineal de amaranto en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.....	80
Cuadro 4.14 Promedios de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre largo de la panoja en San Clemente-Imbabura 2010.....	80
Cuadro 4.15 Análisis de varianza de largo de la panoja en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.....	82

Cuadro 4.16 Promedios de dos épocas de siembra sobre el largo de panoja de amaranto en San Clemente -Imbabura 2010. DMS al 5%.....	82
Cuadro 4.17 Análisis de varianza de diámetro de la panoja por época en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.....	83
Cuadro 4.18 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre diámetro de la panoja en San Clemente-Imbabura 2010.....	84
Cuadro 4.19 Análisis de varianza del diámetro de la panoja en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.....	86
Cuadro 4.20 Promedios de dos épocas de siembra sobre el diámetro de la panoja de amaranto en San Clemente -Imbabura 2010. DMS al 5%.....	87
Cuadro 4.21 Promedios de los tratamientos en dos épocas sobre el diámetro de la panoja en San Clemente -Imbabura 2010. Duncan al 5%.....	87
Cuadro 4.22 Promedios de la interacción épocas y tratamientos sobre el diámetro de la panoja de amaranto en San Clemente -Imbabura 2010. Duncan al 5%.....	88
Cuadro 4.23 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre días a la cosecha en San Clemente-Imbabura 2010.....	88
Cuadro 4.24 Análisis de varianza de los días a la cosecha en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.....	89
Cuadro 4.25 Promedios de dos épocas de siembra con respecto a los días a la cosecha en San Clemente -Imbabura 2010. DMS 5%.....	89
Cuadro 4.26 Análisis de varianza de rendimiento (kg/ha) en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.....	91
Cuadro 4.27 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre el rendimiento (kg/ha) en San Clemente-Imbabura 2010.....	91
Cuadro 4.28 Análisis de varianza del rendimiento del grano en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente-Imbabura 2010.....	94
Cuadro 4.29 Promedios de los tratamientos en dos épocas sobre el rendimiento (kg/ha) de planta de amaranto en San Clemente-Imbabura 2010. Duncan 5%.....	94
Cuadro 4.30 Análisis de varianza del peso de mil semillas (mg) en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010	95
Cuadro 4.31 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre el peso de mil semillas (mg) en San Clemente-Imbabura 2010	96
Cuadro 4.32 Análisis de varianza del peso de mil semillas en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.....	97

Cuadro 4.33 Promedios de dos épocas de siembra sobre el peso de mil semillas en San Clemente -Imbabura 2010. DMS 5%.....	98
Cuadro 4.34 Análisis de varianza de Galletas en respuesta a la inclusión de tres porcentajes de harina de amaranto	99
Cuadro 4.35 Promedios del color, olor, sabor, textura, apariencia general en relación al porcentaje de inclusión de harina de amaranto	100
Cuadro 4.36 Análisis de varianza de la bebida de amaranto en respuesta a 3 diferentes sabores.....	102
Cuadro 4.37 Promedios del color, olor, sabor, textura, apariencia general en relación al los distintos sabores de la bebida de amaranto	103
Cuadro 4.38 Análisis de varianza de barra energética en respuesta a la adición de tres edulcorantes	104
Cuadro 4.39 Promedios del color, olor, sabor, textura, apariencia general en relación a tres edulcorantes en la elaboración de la barra energética.....	105
Cuadro 4.40 Análisis de varianza del cereal en respuesta a la incorporación de esencias... ..	107
Cuadro 4.41 Promedios del color, olor, sabor, textura, apariencia general en relación a la adición de 3 esencias en el cereal de amaranto	108
Cuadro 4.42 Valores nutritivos de los productos seleccionados de amaranto (g/100 g).....	109
Cuadro 4.43 Valores nutritivos de los productos seleccionados de amaranto y las referencias comerciales	111
Cuadro 5.1 Beneficio bruto, costos variables y beneficio neto de los tratamientos en estudio.....	113
Cuadro 5.2 Análisis de dominancia de los tratamientos en estudio	114
Cuadro 5.3 Análisis marginal de los tratamientos no dominados	114
Cuadro 5.4 Beneficio bruto, costos variables precio y beneficio neto de los productos elaborados a base de amaranto	115

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Taxonomía del amaranto.....	8
Tabla 2.2 Características morfológicas de la variedad de amaranto “INIAP-Alegría”	16
Tabla 2.3 Características agronómicas de la variedad de amaranto “INIAP-Alegría”	16
Tabla 2.4 Característica de calidad de grano de la variedad de amaranto “INIAP-Alegría” ..	17
Tabla 2.5 Principales plagas que atacan al cultivo de amaranto	22
Tabla 2.6 Contenido de proteína del amaranto comparado con los principales cereales (g/100g pasta comestible)	26
Tabla 2.7 Composición química de la semilla de amaranto (por 100g de parte comestible en base seca)	27
Tabla 2.8 Contenido y cómputo de aminoácidos de la proteína de amaranto (mg de aminoácidos/g de proteína)	28
Tabla 2.9 Escala hedónica de 9 puntos	36

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 Tipos de panojas.....	11
FIGURA 2.2 Diagrama de las partes del fruto.....	13
FIGURA 2.3 Diagrama de secciones transversal y longitudinal de la semilla de amaranto ..	14
FIGURA 3.1 Esquema de localización de fase de campo	37
FIGURA 3.2 Croquis del diseño participativo y distribución de las parcelas en el campo....	41
FIGURA 4.1 Numero de plantas/m lineal por tratamiento, en dos épocas de siembra	69
FIGURA 4.2 Altura de la planta de amaranto por tratamientos, en dos épocas de siembra...	73
FIGURA 4.3 Días al panojamiento de la planta de amaranto por tratamientos, en dos épocas de siembra	77
FIGURA 4.4 Días a la floración de la planta de amaranto por tratamientos, en dos épocas de siembra.....	79
FIGURA 4.5 Largo de la panoja de la planta de amaranto por tratamientos, en dos épocas de siembra.....	81
FIGURA 4.6 Diámetro de la panoja de la planta de amaranto por tratamientos, en dos épocas de siembra.....	84
FIGURA 4.7 Regresión lineal y coeficiente de determinación entre la materia orgánica y el diámetro de la panoja en el época seca	85
FIGURA 4.8 Medias de los días a la cosecha en dos épocas de siembra	90
FIGURA 4.9 Rendimiento en (kg/ha) del grano de amaranto por tratamiento, en dos épocas de siembra.....	92
FIGURA 4.10 Regresión lineal y coeficiente de determinación entre la materia orgánica y el rendimiento (kg/ha) en el época seca.....	93
FIGURA 4.11 Peso de mil semillas de amaranto por tratamiento, en dos épocas de siembra....	96
FIGURA 4.12 Grado de satisfacción de las galletas según el porcentaje de inclusión de harina de amaranto.....	101
FIGURA 4.13 Grado de satisfacción de la bebida de amaranto según los diferentes sabores.....	103
FIGURA 4.14 Grado de satisfacción de las barras energéticas de amaranto según los diferentes endulzantes.....	106
FIGURA 4.15 Grado de satisfacción del cereal de amaranto según los diferentes esencias.....	108
FIGURA 4.16 Porcentaje de proteína de los productos elaborados a base de amaranto	110

INDICE DE FOTOS

FOTOGRAFIA 2.1 Panoja de amaranto var. INIAP-Alegría.....	9
FOTOGRAFIA 2.2 Expansión del grano de amaranto mediante técnica artesanal.....	32

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Análisis de suelos del predio 1.....	122
Anexo 2 Análisis de suelos del predio 2.....	123
Anexo 3 Análisis de suelos del predio 3.....	124
Anexo 4 Análisis del compost utilizado en la fertilización orgánica	125
Anexo 5 Encuesta aplicada para la evaluación sensorial.....	126
Anexo 6 Análisis nutricional de los productos de amaranto	127
Anexo 7 Amaranto a los 45 días	128
Anexo 8 Cosecha de panojas	128
Anexo 9 Secado de las panojas	129
Anexo 10 Limpieza del grano	129
Anexo 11 Elaboración de galletas de amaranto	130
Anexo 12 Elaboración de bebida de amaranto	131
Anexo 13 Elaboración de barras energéticas de amaranto	132
Anexo 14 Elaboración de cereal de amaranto	133
Anexo 15 Capacitación a Agricultores	134
Anexo 16 Tríptico divulgativo	135

I. INTRODUCCIÓN

El sistema de producción agrícola actual, busca obtener altos índices de rendimiento utilizando la menor cantidad de insumos y reduciendo al máximo los costos, sin darle la debida importancia a la residualidad de los productos tóxicos que utiliza y mucho menos a la calidad nutritiva de los alimentos que produce. Por todo esto, es necesario promover e implementar las técnicas y prácticas que la agricultura orgánica nos ofrece, así como la producción de cultivos con un alto valor nutricional, como un sistema integral, el cual a través de insumos no contaminantes, respetan el equilibrio natural, protegen nuestro ambiente y nos proporcionan alimentos seguros.

El interés de cultivar recursos vegetales que puedan constituir nuevas alternativas de alto valor nutricional e industrial, crece constantemente en diversos países del mundo, y la opción más acertada es la de reincorporar a la agricultura masiva cultivos nativos olvidados como lo es el amaranto, el cual ofrece grandes cualidades alimentarias.

El amaranto, un pseudocereal originario de América, específicamente de la zona andina, ha sido utilizado como fuente alimentaria desde hace siglos atrás, constituyéndose junto al maíz y el frijol como unos de los principales granos en la dieta de las poblaciones nativas del continente. Lastimosamente por la influencia de los conquistadores, su cultivo fue disminuyendo y reemplazado por especies introducidas hasta casi desaparecer.

En países como México y Perú el consumo de amaranto es una tradición milenaria que con el tiempo se ha ido perdiendo, sin embargo en los últimos años se han impulsado investigaciones en torno a este producto así como la reintroducción del cultivo, no sólo por

sus cualidades para resistir la sequía, adaptarse a diferentes terrenos y climas, sino porque el grano contiene un balance casi perfecto de aminoácidos, entre ellos la lisina, escasa en los demás cereales y un alto contenido de minerales como calcio, hierro y fósforo, que lo hacen uno de los mejores alimentos de origen vegetal. En la actualidad se puede encontrar el grano procesado en diferentes productos fácilmente accesibles en el mercado de dichos países. En Ecuador la mayor parte de la población desconoce acerca del amaranto.

Sin embargo la tendencia de mercado indica la demanda creciente de snacks saludables, demuestra las preferencias de los consumidores hacia alimentos funcionales, orgánicos, naturales y energéticos y producidos con técnicas más saludables que limiten la adición de colorantes y preservantes, pero que sobretodo no requieran mayor preparación para ser consumidos dadas las condiciones de vida actual donde el tiempo es el bien máspreciado.

Como alternativa alimentaria se busca recuperar el cultivo y consumo de amaranto por lo que en la presente investigación se evalúa la cantidad de materia orgánica necesaria para su óptimo desarrollo y la fecha de siembra como un factor importante dentro del manejo y rendimiento del amaranto. Además se elaboraron cuatro productos procesados para dar a conocer el grano, analizar su aceptación y masificar su utilización en la alimentación de la población más vulnerable ya que es un cultivo con un alto potencial para solucionar los problemas de desnutrición que existen en el país.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el cultivo de *Amaranthus caudatus* manejado con cuatro niveles de materia orgánica en dos épocas de siembra e industrializar el grano como alternativa de desarrollo para la comunidad de San Clemente.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar materia orgánica en 0, 2, 5 y 8 toneladas/ha para mejorar la producción y calidad de grano, capacitando a los agricultores en el manejo del cultivo.
- Crear cuatro sub-productos alimenticios (bebida nutricional, barra energética, grano reventado endulzado, y galletas) a base del grano de amaranto e identificar el grado de aceptabilidad de cada uno.
- Determinar el valor nutritivo de cada producto elaborado.
- Realizar el análisis económico de cada uno de los productos procesados.
- Elaborar un tríptico divulgativo acerca del cultivo e industrialización del amaranto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 AGRICULTURA ORGÁNICA

La agricultura orgánica o agroecología, es una forma por la que el hombre puede trabajar la tierra acercándose en lo posible a los procesos que se desencadenan de manera espontánea en la naturaleza. Este acercamiento presupone el uso adecuado de los recursos naturales que intervienen en los procesos productivos, sin alterar su armonía ni su equilibrio biológico, restableciéndolo e incluso mejorándolo por medio de una tecnología que incluye un adecuado tratamiento al sistema suelo - planta, que suprime el uso de productos químicos sintéticos (Suquilanda 2006).

La materia orgánica efectúa aportes necesarios para que el suelo por medio de los fenómenos físico-químicos, pueda proporcionar a las plantas una alimentación suficiente y equilibrada (Suquilanda 2006).

Los abonos orgánicos son sustancias que se encuentran constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixtos, ricos en micro y macro elementos que se incorporan al suelo para mejorar sus características físicas, biológicas y químicas, es decir ayudan al suelo a incrementar su capacidad de intercambio de cationes, mejoran su estructura y textura, regulan su temperatura, por absorción de los rayos solares, aumentan la capacidad de retención del agua y elementos nutritivos, además favorecen a la vida microbiana y disminuyen la erosión (Benzing 2001).

Antes de la incorporación de los diferentes abonos orgánicos estos deben ser sometidos a procesos de fermentación para que los nutrientes que contienen en forma no asimilables, se tornen asimilables para las plantas y se de origen a los compuestos húmicos, que desempeñan una función esencial en el suelo y en el cultivo. (Suquilanda 2006).

Suquilanda (1996), afirma que los abonos orgánicos de origen animal constituyen una de las prácticas tradicionales y una de las mejores formas para elevar la actividad biológica de los suelos y una fuente apropiada de fertilizante nitrogenado, debido a que la mitad del nitrógeno contenido en estos materiales es fácilmente disponible para las plantas.

Benzing (2001), recomienda que durante la elaboración de abonos orgánicos se debe considerar el manejo adecuado de la temperatura, humedad, pH, la aireación y sobre todo la relación C/N para obtener un abono de calidad. De este último factor depende el ritmo de degradación de los componentes orgánicos, la relación ideal se estima que es de 25:35, si se tiene una relación menor puede causar pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización, en cambio con una relación mayor alarga el proceso de fermentación.

2.2 EL AMARANTO

2.2.1 Origen

Este cultivo posee el mismo origen que el de la papa común, es decir la cadena montañosa andina. Los conquistadores españoles al encontrar amaranto en el imperio Inca lo llamaron trigo inca, pero este cultivo es mucho más antiguo que los incas ya que según Cole (1979) fue domesticado 2000 años antes.

Early *et al.* citado por Trinidad (1991), indican que el amaranto es una planta que fue domesticada en los Andes y Mesoamérica y usada como grano en los tiempos prehispánicos. En México, juntamente con el maíz y el frijol, constituía uno de los granos básicos para la alimentación en el Imperio Azteca.

Se sabe que el amaranto era la planta ceremonial más importante de los Aztecas, y por ello las autoridades coloniales se encargaron de prohibir su cultivo, extendiéndose la prohibición probablemente a otras áreas de América colonial. Sin embargo no desapareció totalmente y hoy en día, está retornando su explotación en varios países latinos debido a su excelente calidad nutritiva, y a su amplio rango de adaptación a ambientes desfavorables para otros cultivos.

Algunas poblaciones lo cultivan utilizando el grano principalmente para la elaboración de un dulce de la semilla reventada, mezclada con piloncillo o azúcar que se llama “alegría”.

2.2.2 Distribución geográfica y principales especies

El amaranto es uno de los cultivos más antiguos de América. En el tiempo de la conquista, el amaranto fue el principal cultivo por lo menos en la América Central y ocupó considerablemente extensiones en los Andes Sudamericanos (Sumar 1982). Sin embargo, el cultivo de amaranto fue introducido en África y Asia en el siglo IXX. Muchas especies por sus características fueron llevadas a los jardines europeos como una planta ornamental (Cole 1979).

El germoplasma existente está formado por unas 50 a 60 especies consideradas nativas de América y otras 15 especies, posiblemente procedentes de Europa, Asia, África y Australia.

Conocido con los nombres vulgares de “Sangorache”, “Ataco” (Ecuador), “Achis”, “Achita”, “Incajataco”, “Coimi” y “Kiwicha” (Perú); “Coimi” y “Millmi” (Bolivia) y “Trigo Inca”, “Incapachaqui” y “quinua del valle” (Argentina) (Sumar 1982).

Kigel, citado por Lara (1999), señala que las tres especies de amaranto de semilla comestible: *A. hypocondriacus*, *A. cruentus* y *A. caudatus* son todavía cultivadas en forma aislada en los valles montañosos de México, América Central y América del Sur, respectivamente. En cambio, las especies: *A. tricolos*, *A. viridis*, y *A. blitum* destinadas para el consumo de sus hojas son mejor conocidas en Europa y Asia. *A. hypocondriacus* es la especie más cultivada en Nepal e India.

Actualmente el cultivo se encuentra en toda la zona tropical del mundo y en muchas áreas templadas sobresaliendo países como: Perú, Bolivia, México, Guatemala, India, Pakistán, China, en la explotación de amaranto para grano y verdura.

2.2.3 Taxonomía

Según Espitia (1991), se ubica al amaranto dentro de la siguiente clasificación taxonómica:

Tabla 2.1: Taxonomía del amaranto

Reino: <i>Vegetal</i>
División: Fanerógama
Tipo: Embryophyta siphonogama
Subtipo: Angiosperma
Clase: Dicotiledónea
Subclase: Archyclamidae
Orden: Centropermales
Familia: Amaranthaceae
Género: Amaranthus
Sección: Amaranthus
Especies: <i>caudatus, cruentus e hypochondriacus.</i>

Fuente: Espitia (1991)

2.2.4 Descripción botánica y morfológica del cultivo

El amaranto es una especie anual, herbácea o arbustiva de diversos colores que van del verde al morado o púrpura con distintas coloraciones intermedias, en suelos fértiles alcanza un gran desarrollo pudiendo alcanzar los dos metros de altura. (Mujica *et al.* 1997).

Es una planta monoica de días cortos que necesita 8 horas de luz, normalmente tiene un eje central con pocas ramificaciones laterales. Las dos etapas más importantes de la planta entre la siembra y la maduración son la de desarrollo y la floración o etapa productiva (Espinoza 1986).



Fotografía 2.1: Panoja de
Amaranto var. INIAP Alegría
Fuente: Autores.

2.2.4.1 La raíz

La raíz es pivotante con abundante ramificación y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después de que el tallo comienza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes, la raíz principal sirve de sostén a la planta, permitiendo mantener el peso de la panoja. Las primarias llegan a tomar consistencia leñosa que anclan a la planta firmemente y que en muchos casos sobre todo cuando crece algo separada de otras, alcanza dimensiones considerables (Tapia 1997).

2.2.4.2 El tallo

El tallo es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, alcanza de 0,4 a 3 m de longitud, cuyo grosor disminuye de la base al ápice, presenta distintas coloraciones que generalmente coincide con el color de las hojas, aunque a veces se observa estrías de diferentes colores.

Presenta ramificaciones que en muchos casos empiezan desde la base o a media altura y que se originan de las axilas de las hojas. El número de ramificaciones es dependiente de la densidad de población en la que se encuentre el cultivo (Tapia 1997).

2.2.4.3 Las hojas

Las hojas son pecioladas, sin estípulas, de forma oval, elíptica, opuestas o alternas con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura cuyo

tamaño disminuye de la base al ápice, presentando borde entero, de tamaño variable de 6,5 - 15 cm (Sumar 1993). Las hojas tiernas hasta la fase de ramificación se consumen como hortaliza de hoja y su contenido de Fe es incluso mayor que el de la espinaca (Tapia 1997).

2.2.4.4 La inflorescencia y la flor

La inflorescencia del amaranto corresponde a panojas amarantiformes o glomeruladas muy vistosas, terminales o axilares, que pueden variar de totalmente erectas hasta decumbentes, con colores que van del amarillo, anaranjado, café, rojo, rosado, hasta el púrpura; el tamaño varía de 0,5 – 0,9 m pudiendo presentar diversas formas incluso figuras caprichosas y muy elegantes (Tapia 1997).

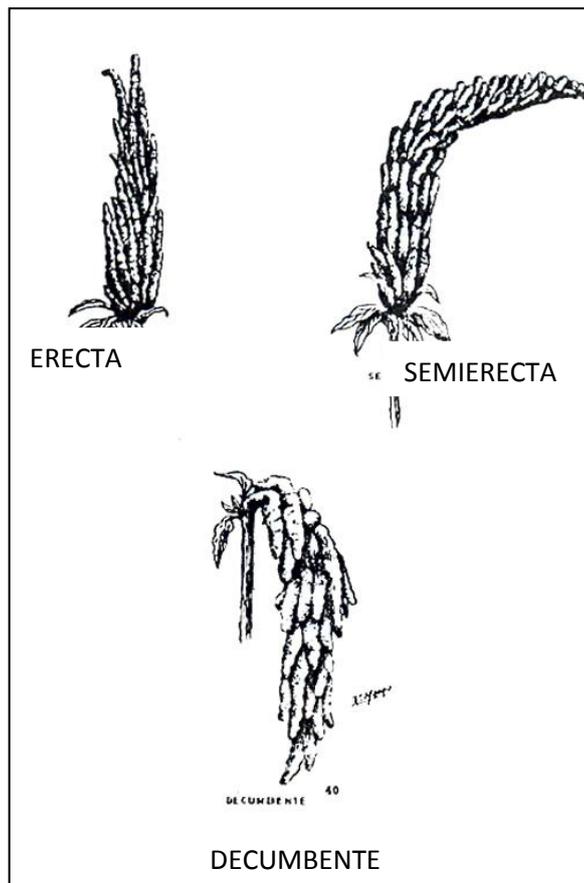


Figura 2.1: Tipos de panojas

Fuente: Mujica *et al.* (1997)

Las plantas por el tipo de polinización son predominantemente autógamias, variando el porcentaje de polinización cruzada con los cultivares.

El amaranto presenta flores unisexuales pequeñas, estaminadas y pistiladas, estando las estaminadas en el ápice del glomérulo y las pistiladas completan el glomérulo, el androceo está formado por cinco estambres de color morado que sostienen a las anteras por un punto cercano a la base, el gineceo presenta ovario esférico, súpero coronado por tres estigmas filiformes y pilosos, que aloja a una sola semilla (Tapia 1997).

El glomérulo es una ramificación dicasial cuya primera flor es terminal y siempre masculina, en cuya base nacen dos flores laterales femeninas, cada una de las cuales origina otras dos flores laterales femeninas y así sucesivamente. Un glomérulo puede contener 250 flores femeninas, la flor masculina luego de expulsar el polen se seca y cae (Mujica *et al.*1997).

2.2.4.5 El fruto

Según Sánchez, citado por Andrade & Balseca (2005), el fruto es un pixidio unilocular, es decir una cápsula pequeña que al llegar a la madurez se abre transversalmente, dejando caer la parte superior llamada opérculo, y así se deja descubierto la parte inferior llamada urna que contiene la semilla, la cual es liberada fácilmente.

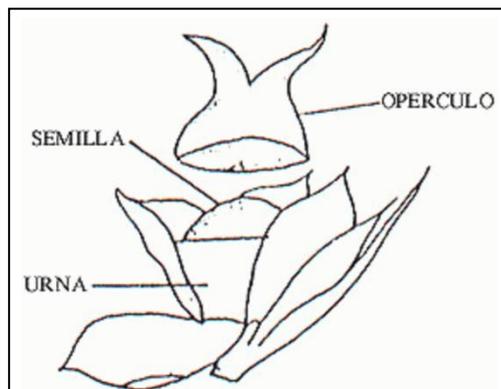


Figura 2.2: Diagrama de las partes del fruto,

Fuente Mujica *et al.* (1997).

2.2.4.6 La semilla

La semilla es pequeña, lisa, brillante y ligeramente aplanada, de forma circular y presenta diversos colores como blancos, rosados, dorados, rojos negros y púrpuras, su diámetro oscila entre 1 a 1,5 mm. El número de semillas por gramo está entre 1000 – 3000. Todas las especies silvestres presentan granos negros y cubiertas muy duras.

En el grano se pueden diferenciar tres partes: la primera es la cubierta con una capa de células muy finas denominada epispermo, la segunda capa (endosperma) es la parte más rica en proteína y está constituida por los cotiledones, la tercera capa es interna rica en almidones conocida como perisperma (Nieto 1990).

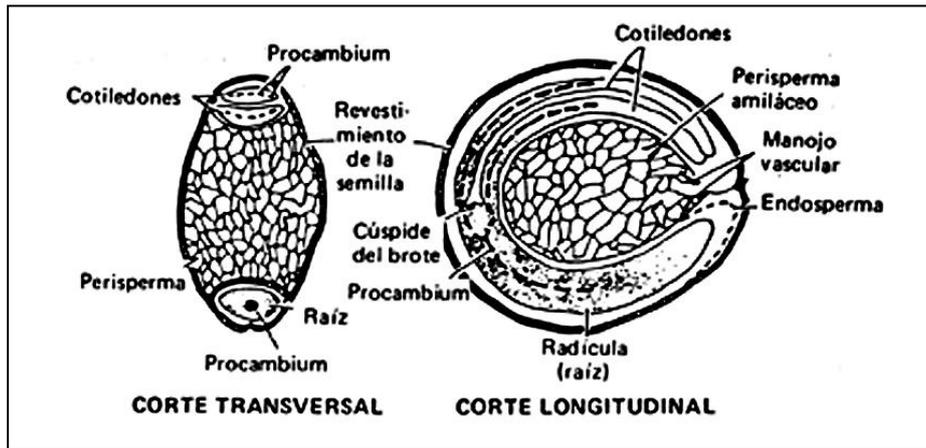


Figura 2.3: Diagrama de secciones transversal A y longitudinal B de la semilla de amaranto (Irving, citado por Mujica *et al.* 1997)

2.2.5 Descripción eco fisiológica.

Algunas plantas que ocupan principalmente zonas cálidas y, en algunos casos, áridas o semiáridas han desarrollado un sistema que les permite fijar CO₂ rápidamente en forma de ácido málico o aspártico, para liberarlo después en el entorno de la rubisco. Puesto que los primeros productos de la fijación de CO₂ tienen 4 átomos de carbono, a estas plantas se las conoce como plantas C₄ (Azcón y Talón 2000).

El Amaranto, es una planta C₄, al igual que el sorgo, el mijo y la caña de azúcar; este tipo de plantas realizan la fotosíntesis de una manera muy eficiente en condiciones de alta temperatura y baja disponibilidad de agua ya que sólo utiliza las 3/5 de la cantidad de agua que necesitaría una planta C₃ para producir la misma cantidad de biomasa (Hauptli, citado por Mujica *et al.* 1997).

La combinación de características morfológicas del amaranto y su tipo de metabolismo (C₄), resulta en un incremento en la eficiencia en el uso de CO₂ bajo un rango amplio de estrés por agua y temperatura, lo que contribuye a su amplia distribución y su capacidad de adaptarse a condiciones ambientales diversas ; por todo ello puede ser un buen cultivo alternativo para Ecuador, especialmente en zonas de temporal difícil y aún para zonas semiáridas si se usan métodos de cultivo adecuados (Stallknecht y Schulz 1993).

2.3 EL CULTIVO DEL AMARANTO, VARIEDAD “INIAP – ALEGRÍA”

2.3.1 Características de la variedad

La variedad "INIAP-Alegría", fue obtenida por selección de la variedad "Alan García", introducida desde Cuzco, Perú y seleccionada en Santa Catalina en el año agrícola 1987-1988, por lo que la nueva identificación fue: Alán García- 1E, la misma que actualmente está identificada en el Banco de Germoplasma del INIAP con el número Ecu-2210 (Monteros *et al*, 1994). A continuación se presentan las principales características morfológicas y agronómicas de esta variedad:

Tabla 2.2: Características morfológicas de la variedad de amaranto “INIAP-Alegría”.

Ramificación *	Sencillo a ramificado
Tipo de raíz	Axonomorfa
Color de planta	Verde claro
Forma del tallo	Redondo con aristas
Color del tallo a la floración	Verde amarillento
Color del tallo a la madurez	Rosado
Estrías en el tallo	Amarillo claro
Forma de hojas	Ovaladas-alargadas
Color de hojas	Verde claro
Superficie de una hoja (promedio)	39,6 cm ²
Borde de hojas	Entero
Color de panoja juvenil	Verde amarillento
Color panoja madura	Rosado
Tipo de panoja	Semierecta
Flores	Unisexuales

*Las plantas ramifican cuando disponen de espacio suficiente entre ellas.

Fuente: Monteros *et al.* (1994).

Tabla 2.3: Características agronómicas de la variedad de amaranto “INIAP- Alegría”

Días a la emergencia de plántulas	3 a 6
Días al panojamiento	50 a 55
Días a la floración	70 a 89
Días a la cosecha	125 a 180
Altura de planta (cm)	70 a 160
Largo de panoja (cm)	24 a 57
Rendimiento de grano (kg/ha)	646 a 3756
Tolerancia a plagas *	Tolerante
Tolerancia a enfermedades **	Tolerante
Tolerancia al volcamiento	Tolerante
Tolerancia a heladas	Susceptible

* A gusanos cortadores de tallos (larvas de *Agrotis* spp, *Feltia* spp y *Copitarsia* spp).

** A pudrición marrón del tallo (*Sclerotinia sclerotiorum*) y mancha foliar (*Alternaria* spp).

Fuente: Monteros *et al.*, 1994.

2.3.2 Calidad de grano de la variedad

Es muy importante la evaluación de la calidad del grano de amaranto, para poder determinar los posibles usos que se le pueden dar en la industrialización. Es por ello que el INIAP señala las características más importantes de la variedad “INIAP – Alegría” que se adjuntan en la siguiente tabla:

Tabla 2.4: Características de calidad de grano de la variedad de amaranto “INIAP-Alegría”

Color de grano	Blanco
Forma del grano	Redondo
Tamaño del grano (mm)	0,8 – 1,4
Peso hectolitrito (kg/Hl)	81 - 83
Grano de primera (%)	83 – 92

Fuente: PRONALEG

2.3.3 Requerimientos agroecológicos

La variedad presenta un rango de adaptación entre los 1500 a los 2800 m.s.n.m. es decir, puede ser cultivada en los valles bajos de la sierra. En localidades exentas de la presencia de heladas se puede sembrar a mayor altitud, pero en ningún caso se recomienda la siembra en sitios con una altitud superior a los 3000 m. Las localidades más aptas para el cultivo estarían situadas entre 2000 – 2600 m.s.n.m. (Monteros *et al.* 1994).

Según Peralta *et al.* (2008), la humedad requerida, es de 300 a 600 mm de precipitación durante el ciclo. La temperatura promedio apta para el desarrollo del amaranto esta en los 15°C.

La variedad no es exigente en humedad, sin embargo las etapas fisiológicas críticas de requerimientos de humedad son: Entre la siembra y el apareamiento de las dos primeras hojas verdaderas, entre el panojamiento y floración, y durante la formación de granos. La temperatura promedio anuales apta para el desarrollo del amaranto esta en los 15°C. (Monteros *et al.*1994). El amaranto requiere de suelos francos, con buen drenaje y contenido de materia orgánica y con un pH de 6 a 7,5.

2.3.4 Manejo del cultivo

2.3.4.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno debe ser lo más eficiente posible, debido al tamaño reducido de la semilla, para esto se requiere un pase del arado, dos de rastra y surcada, con máquina o yunta, con esto conseguiremos un suelo desterronado y mullido apto para recibir a la semilla (Peralta *et al.* 2008).

La distancia recomendada entre surcos según Monteros *et al.* (1994) debe ser de 0,6 m. y con una profundidad de 10 a 15 cm.

2.3.4.2 Semilla

Se recomienda el uso de semilla fresca y de buena procedencia o por lo menos seleccionada para garantizar buenos resultados. Si existe un almacenamiento prologando (más de un año), el poder germinativo podía bajar drásticamente. (Monteros *et al.* 1994).

2.3.4.3 Época de siembra

Para la sierra ecuatoriana la siembra debe realizarse entre los meses de diciembre y febrero, de tal manera que la cosecha coincida con el periodo seco (junio y agosto). En localidades que tengan disponibilidad de riego, se puede sembrar en diferentes épocas, pero analizando que la cosecha no sea en las épocas lluviosas de la región. Espinosa (1986) manifiesta que, la selección de la mejor época de siembra es de gran importancia para la obtención de grandes rendimientos.

2.3.4.4 Siembra

Después de las labores preculturales se puede sembrar utilizando dos sistemas:

- **Siembra por trasplante.** Se prepara con anticipación el suelo, formando camas de 1x2 m de largo empleando 700 g de semilla por hectárea. (Buñay Dalton, 2009). Realizar el trasplante cuando la planta tenga 15 cm de altura o por lo menos tres hojas verdaderas colocándolas en el suelo preparado a una distancia de 10 cm una de otra.
- **Siembra directa:** Se coloca la semilla directamente sobre el sitio sobre el cual completará su ciclo de crecimiento. El amaranto puede ser sembrado al voleo

o por líneas pero siempre sobre suelo húmedo para asegurar la germinación. Se puede realizar de forma manual colocando la semilla a chorro continuo o por golpe con una densidad de 6 - 8 kg de semilla/ha. Si ésta es mecanizada se requieren 12 kg de semilla/ha (Peralta *et al.* 2008).

Después de la siembra se debe tapar la semilla pasando una rama por el fondo del surco lo que consigue una profundidad adecuada de enterrado de 0.5 a 1.5 cm de preferencia en un suelo húmedo (Monteros *et al.* 1994). Según Henderson, citado por Iturralde y Román (2006) recomienda una población 173000 plantas/ha.

2.3.4.5 Fertilización

La fertilización depende de la fertilidad del suelo. Se requieren dosis medias de nitrógeno y fósforo, mientras que el potasio se aplica en menor cantidad principalmente en la zona andina. La fertilización recomendada a emplear en la región andina corresponde a 80 kg de N/ha, 60 kg de P₂O₅ y 40 kg de K₂O/ha, para suelos de mediana o pobre fertilidad (Monteros *et al.* 1994).

El cultivo de amaranto responde bien a la abonadura, recomendándose 8- 10 t/ha de materia orgánica. Una de las mejores maneras de incorporar materia orgánica al suelo es mediante la adición de compost.

Smith E. (2000), indica que el compost es materia orgánica parcialmente descompuesta, formada principalmente por plantas y deyecciones de los animales que se alimentan de ellas. La descomposición gradual del compost llevada a cabo por los

organismos que lo habitan, libera los nutrientes lentamente, al ritmo que las plantas pueden aprovecharlo. Los principales beneficios que el compost ofrece son:

- **Proporcionar nutrición:** ya que los restos de materia orgánica son fuente de todos los nutrientes básicos.
- **Mejora la estructura del suelo.** Al separar las partículas del suelo, mejora la tierra aireándola.
- **Aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo.** Como es absorbente, mejora la retención de agua.
- **Contribuye a la salud de las plantas.** Ayuda a prevenir ciertas enfermedades.
- **Modera el pH del suelo.** El compost suele tener un pH óptimo para el desarrollo de la mayoría de plantas y favorece la capacidad de tampon del suelo.
- **Favorece la existencia de microorganismos.** Lo más importante es que constituye una fuente de alimento para legiones de organismos que habitan el suelo, cuya actividad es esencial para la salud de las plantas.

Walters *et al.* citado por Andrade & Balseca (2005) determinaron una correlación positiva entre fertilización nitrogenada y el rendimiento de semilla; además ésta fertilización está correlacionada positivamente con el contenido de proteína del grano y de las hojas.

2.3.4.6 Control de malezas

Se puede deshierbar manualmente entre los 30 y 45 días después de la siembra para controlar malezas (Monteros *et al.* 1994). Este cultivo es muy sensible a la competencia por agua, espacio o luz en sus primeros estadios (Iturralde y Román 2006).

2.3.4.7 Control de plagas

Al ser un cultivo poco explotado no tiene una alta población de plagas, sin embargo se destaca el ataque de gusanos trozadores (*Agrotis* sp.) y gusanos cortadores o masticadores de hojas del genero *Feltia* (Monteros *et al.* 1994).

Tabla 2.5: Principales plagas que atacan al cultivo de amaranto.

Familia	Especie	Nombre común	Tipo de daño
Noctuidae	<i>Agrotis</i> spp <i>Feltia</i> spp	Gusano cortador o trozador	Mastica el tallo hasta trozar la planta. Consume follaje y brotes tiernos
Chrysomelidae	<i>Diabrotica</i> spp	Vaquitas o tortugas	Mastican hojas y brotes tiernos
Chrysomelidae	<i>Epitrix</i> spp	Pulguillas	Perforaciones finas de la hoja
Aphidae	<i>Myxus</i> spp	Pulgones	Succionan la savia
Miridae	<i>Lygus</i> spp	Chinches	Perforan y se alimentan de granos tiernos

Fuente Monteros *et al.* (1994).

2.3.4.8 Control de enfermedades

Sobresalen las causadas por hongos que producen la enfermedad conocida como mal de semillero (*Phythium*, *Phytophthora* y *Rhizoctonia*), que se hacen presentes en los primeros 30 días de cultivo y sobre todo en suelos con mucha materia orgánica.

En estado adulto la planta puede ser atacada por *Sclerotinia sclerotiorum* que afecta a todos los órganos de la planta en especial a las hojas, produciendo clorosis y muerte; y a los tallos y panojas pudriciones con posterior secamiento (Nieto 1990).

Las enfermedades foliares causadas por *Erysiphe* spp, *Curvularia* spp, y *Alternaria* spp, todavía no constituyen un problema importante en este cultivo en el país, por lo que no se recomiendan controles químicos (Peralta *et al.* 2008).

2.3.4.9 Riego

El cultivo de amaranto es de temporal o seco. En aéreas con disponibilidad de riego, se debe regar por gravedad o surco. El numero y frecuencia de riegos para el amaranto son mínimos, ya que requiere de una baja cantidad de agua, estos varían con el tipo de suelo, las condiciones climáticas y en ausencia de lluvia puede ser necesario regar cada 30 días, con énfasis en floración y llenado de grano (Peralta *et al.* 2008).

2.3.4.10 Aporque

Se debe realizar una vez que las plantas hayan completado el panojamiento, se efectúa para evitar la caída de las plantas al favorecer el enraizamiento. Peralta *et al.* (2008) recomienda realizar esta labor a los 60 días después de la siembra.

2.3.4.11 Cosecha

La cosecha se realizará de forma manual cuando la panoja presente una coloración parda- amarillenta, aproximadamente de 5 a 7 meses después de la siembra dependiendo de la localidad.

La cosecha se la divide en cinco fases: corte, formación de parvas, trilla, limpieza, venteo, secado y almacenamiento.

a. Corte

El corte o siega se lo puede realizar con una hoz o una tijera de podar. Se recomienda cortar las plantas cerca de la panoja para evitar daños en la trilladora por exceso de material leñoso. Todo proceso se efectúa por la mañana para evitar el desgrane. Se pueden utilizar cosechadoras combinadas, que cortan y trillan al mismo tiempo.

b. Formación de parvas

Después de cortar las plantas, se forman parvas colocando las panojas en un mismo sentido, de esta manera se reduce la humedad proveniente del campo. Es importante controlar posibles calentamientos sobre todo cuando se cosechan plantas con humedad.

c. Trilla o azotado

Esta labor permite la separación del grano de la panoja; para poder facilitar la caída del grano las plantas deben estar totalmente secas, este trabajo se puede realizar mecánicamente utilizando una trilladora preparada especialmente para este tipo de grano, o manualmente, para lo cual se extiende lonas en el suelo, luego se colocan las panojas en sentido opuesto uno sobre otros para proceder a golpearlas o azotarlas con palos o varas hasta que se desprenda el grano.

Otra método empleado consiste en raspar y golpear las panojas sobre una superficie dura (piedra) o utilizando un sarán que actúe como cernidor.

d. Limpieza y venteo

Para retirar las impurezas pequeñas provenientes de la trilla se utiliza tamices, mallas, zarandas manuales o un arnero. También se pueden usar maquinas clasificadoras de semilla, y las corrientes de aire o el viento para dejar limpia al grano.

e. Secado y almacenamiento

El grano libre de impurezas debe secarse al sol extendido en costales o lonas durante un día hasta llegar a una humedad del 12% para evitar fermentaciones y amarillamiento que reduce su calidad y valor comercial. El almacenaje debe realizarse en lugares secos y ventilados, el grano debe ser colocado en costales de yute o tela, y se debe evitar el uso de plástico.

2.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AMARANTO

Nieto (1990), manifiesta que el amaranto posee un contenido nutricional mayor que el chocho, trigo y quinua criterio confirmado por la FAO que es sus varias investigaciones certifica su calidad. El valor energético del amaranto es mayor que el de los cereales al igual que su contenido de proteína que se encuentra alrededor del 16%.

Tabla 2.6: Contenido de proteína del amaranto comparado con los principales cereales (g/100 g pasta comestible)

Cultivo	Proteína
Amaranto	13,6 - 18,0
Cebada	9,5 - 17,0
Maíz	9,4 - 14,2
Arroz	7,5
Trigo	14,0 - 17,0
Centeno	9,4 - 14,0

Fuente: USDA.

Tabla 2.7: Composición química de la semilla de amaranto (por 100 g de parte comestible en base seca)

Característica	Contenido
Proteína (g)	12 – 19
Carbohidratos (g)	71,8
Lípidos (g)	6,1 - 8,1
Fibra (g)	3,5 - 5,0
Cenizas (g)	3,0 - 3,3
Energía (Kcal)	391
Calcio (mg)	130 – 164
Fósforo (mg)	530
Potasio (mg)	800
Vitamina C (mg)	1,5

Fuente: Nieto 1990.

El balance de aminoácidos está cercano al requerido para la nutrición humana conteniendo lisina en una proporción mayor al resto de vegetales. Su aminoácido más limitante es la leucina que permite que la proteína de *A. caudatus* se absorba y utilice hasta el 70%, cifra que asciende hasta el 79% según las variedades. El cómputo aminoacídico es de 86% en *A. hypochondriacus* y de 77% en *A. cruentus*. Se puede apreciar el alto valor biológico de su proteína comparándola con los cálculos químicos de la proteína del trigo (73%) y soya (74%), mientras que las proteínas de origen animal no tienen aminoácidos limitantes.

Tabla 2.8: Contenido y cómputo de aminoácidos de la proteína de amaranto (mg de aminoácidos / g de proteína)

Aminoácidos	Patrón de aminoácidos (a)	<i>A. caudatus</i> (b)	<i>A.hypochondriacus</i> (c)	<i>A. cruentus</i> (c)
Isoleucina	28	52	39	36
Leucina	66	46	57	51
Lisina	58	67	55	51
metionina + cistina	25	35	47	40
fenilalanina + tirosina	63	63 (d)	73	60
Treonina	34	51	36	34
Triptófano	11	11	---	---
Valina	35	45	45	42
Histidina	19	25	25	24
cómputo aminoacídico		70	86	77

Fuente: FAO/OMS/UNU

Las hojas tienen un alto contenido de calcio y magnesio debido a la gran cantidad de ácido oxálico que poseen las plantas de amaranto en crecimiento. Además mayores contenidos de nutrientes similares a muchas hortalizas de hoja tales como acelga, espinaca, verdolaga, etc., mostrando alto contenido de proteínas, fósforo, hierro, calcio y vitaminas como vitamina C, retinol, y niacina (Mujica *et al.* 1997).

2.5 USOS POTENCIALES DEL AMARANTO DE GRANO BLANCO

Una importante alternativa de consumo del amaranto está relacionada con el aprovechamiento del grano para la elaboración de productos alimenticios de uso ancestral como las “alegrías”.

La calidad de proteína del amaranto y su perfil de aminoácidos esenciales permite la elaboración a gran escala de una diversa gama de productos alimenticios con excelente relación costo-beneficio y es así que el amaranto tiene múltiples usos tanto en la alimentación humana y animal como en la industria, medicina y en la ornamentación.

Para la alimentación humana se pueden utilizar las hojas tiernas en reemplazo de las hortalizas de hoja, el grano molido en forma de harina, ya sea tostada, reventada o hervida, para uso en panadería y pastelería, como enriquecedor proteico de papillas infantiles. Con los granos enteros se puede preparar cereal para desayunos, sopas, postres, papillas, tortas, budines, bebidas refrescantes y otros; los granos reventados se consumen mezclados con miel de abejas, miel de caña o chocolate, dándole diferentes formas en moldes de madera o metálicos a las que se conoce como turrónes de kiwicha en Perú, "alegría" en México y "tadoos" en India. Singhal y Kulkarni, citado por Mujica *et al.* (1997).

2.6 PROCESOS DE INDUSTRIALIZACIÓN

2.6.1 Manejo de post cosecha

Es importante secar el grano para bajar la humedad al 14% evitando la fermentación, formación de mohos y ataque de insectos (Monteros *et al.* 1994).

La materia prima recibida en la planta puede tener máximo 15% de humedad y 3 % de impurezas (Lara 2001). Se necesita tener un área de recepción y una zaranda para realizar una limpieza preliminar.

La variedad “INIAP – Alegría tiene un porcentaje de extracción de primera aproximadamente del 87%, con un 10% de granos de segunda y un 3% de impurezas, dependiendo del método de trilla y nivel de contaminación del cultivo (Monteros *et al.* 1994).

2.6.2 Desarrollo de productos

2.6.2.1 Reventado del grano

El grano de amaranto, al igual que el canguil y el sorgo se expande por efecto del calor, debido a la formación de vapor de agua en el interior del grano. Los métodos de reventado, conocidos, se fundamentan en los principios de transferencia de calor: por contacto directo con una superficie caliente y por aire seco caliente (Tovar *et al.* 1994).

Según Facciola citado por Andrade & Balseca (2005) el proceso de tostado es un tratamiento térmico utilizado, no solo para mejorar las características organolépticas (sabor, color y aroma) del alimento, sino también para aumentar su digestibilidad, la eficiencia proteínica (PER) y la destrucción de factores antifisiológicos ya que al someter al calor el grano cambian sus cualidades físicas y químicas alterando la configuración de proteínas haciéndolas digeribles y más nutritiva a la semilla.

Lara (2001) manifiesta que, para reventar el amaranto con los más altos niveles de rendimiento en peso de grano y volumen de expansión, se necesita someterlo a 240 °C de temperatura, una carga de 22g, 1.3 m³/s de flujo de aire y 12% de humedad del grano en la reventadora durante un tiempo de 25 a 30 segundos.

2.6.2.2 Técnicas tradicionales de reventado

Una de las maneras más eficaces para el reventado del grano de amaranto es mediante la utilización de un tiesto de barro caliente, esta técnica antigua permite mayor rendimiento en el reventado del grano ya que el calor se distribuye uniformemente a través del tiesto y los granos se expanden casi al mismo tiempo evitando que algunos se quemen y otros no revienten.



Fotografía 2.2: Expansión del grano de amaranto mediante técnica artesanal

Fuente: Autores.

2.7 EVALUACIÓN SENSORIAL

Según Anzaldúa Morales (1994), la evaluación sensorial es innata en el ser humano debido a que en el momento en el que se prueba algún producto se hace un juicio acerca de él sobre si le gusta o disgusta, y describe sus características de sabor, olor, textura, etc.

El sistema sensitivo del ser humano es la herramienta para el control de calidad de los productos. Los sentidos son quienes receptan y reconocen sensaciones y estímulos que se producen a través de la vista, oído, olfato, gusto y tacto.

El análisis sensorial es el estudio de los alimentos por medio de los sentidos, esta herramienta es altamente necesaria en todo ámbito alimenticio, sirviendo como punto de

control de calidad en la industria, como técnica para el desarrollo de productos o metodología para la caracterización de productos nuevos o disponibles en el mercado (Días & Durán 2007).

Para la evaluación sensorial de cualquier producto, se requiere de un lugar cómodo, agradable, con buena iluminación, sin interferencia de olores (cabinas separadas que permiten el trabajo individual de los evaluadores); una sala de preparación de muestras y la buena disposición de los evaluadores, con compromiso por las tareas.

En general el análisis se realiza con la finalidad de encontrar una fórmula adecuada que le agrade al consumidor, buscando la calidad e higiene del alimento para que tenga éxito antes de lanzarlo al mercado.

2.7.1 Propiedades sensoriales

a. Apariencia

La vista es uno de los órganos más importante en la evaluación de los alimentos, ya que la apariencia de los mismos nos permite decidir ingerirlos o no. La forma y tamaño son características que determinan la aceptación o rechazo del producto.

b. Olor

Es la percepción de sustancias volátiles por medio del olfato. El olor de un alimento contribuye gradualmente al placer de comer ya que permite apreciar el retrogusto de los mismos.

c. Sabor

Percibido por el sentido del gusto, el cual define si ciertos alimentos son agradables o no. Los corpúsculos gustativos son quienes tienen mayor contacto con la comida durante la masticación y deglución. Además del sabor es necesario tomar en cuenta a la sensación bucal de un alimento ya que influye en su aceptabilidad.

d. Textura

Es la propiedad de los alimentos que se detecta por los sentidos del tacto que ayuda a determinar si el alimento es duro o blando, de la vista que permite tener mayor noción de los atributos de la textura el momento que percibe este cambio y del oído que permite distinguir el crujido de los alimentos al masticarlos, y se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación.

La tersura y aspereza se confirma en la garganta, en el momento que se deglute el alimento aunque la textura puede medirse también de forma instrumental. (Anzaldúa Morales 1994).

e. Color

Propiedad que reside en la percepción de la luz de una cierta longitud de onda reflejada por un objeto, Tiene tres características: el tono la intensidad y el brillo. Para poder evaluarlo sensorialmente se utilizan escalas verbales o descriptivas. (Anzaldúa Morales 1994).

2.7.2. Escala hedónica

Es un método para medir preferencias, además permite medir estados psicológicos. En este método la evaluación del alimento resulta hecha indirectamente como consecuencia de la medida de una reacción humana.

Las escalas hedónicas de categorías consisten en una lista ordenada de posibles respuestas correspondiente a distintos grados de satisfacción, equilibradas alrededor de un punto neutro, donde el consumidor marca la respuesta que mejor refleja su opinión sobre el producto. La escala tiene 9 puntos, pero a veces es demasiado extensa, entonces se acorta a 7 ó 5 puntos:

Tabla 2.9 Escala hedónica de 9 puntos

1	me disgusta extremadamente.
2	me disgusta mucho
3	me disgusta moderadamente
4	me disgusta levemente
5	no me gusta ni me disgusta
6	me gusta levemente
7	me gusta moderadamente
8	me gusta mucho
9	me gusta extremadamente

2.8 MÉTODOS ESPECÍFICOS PARA EL ANÁLISIS DE ALIMENTOS

(Tecnología del Dpto. de nutrición y calidad del INIAP).

2.8.1 Análisis Proximal

Este análisis determina la humedad, cenizas o materia orgánica, proteína o nitrógeno total, fibra cruda y elementos libres de nitrógeno.

2.8.2 Análisis de minerales

El principio de este método se basa en la digestión ácida de las cenizas de la muestra, para luego ser diluidas en un volumen determinado, posteriormente se realizan los análisis de macro y micro elementos por absorción atómica y en el caso del fósforo por colorimetría.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN

Fase 1: Etapa de cultivo

3.1.1 Ubicación Política

El presente proyecto se llevó a cabo en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia La Esperanza, comunidad San Clemente en lo que corresponde a la fase de cultivo.

3.1.2 Ubicación Geográfica

La fase de campo de la investigación se ubicó en las siguientes coordenadas:

Latitud: 0°17'09,49'' N

Longitud: 78°06'59,86'' W



Figura 3.1: Esquema de localización de la fase de campo.

Fuente: Ministerio de Turismo Región Sierra Norte.

3.1.3 Ubicación Ecológica

Zona de vida: bmhT, bhT, bhM, bmhPM, bhPM, bmhM, bpPM, bpM,

bhSA, bmhSA

Altitud: 2600 - 2800 m.

Temperatura: 18 °C.

Precipitación: 1120 mm/año

Suelo: Franco – arcilloso.

Vegetación: especies de bromelias y helechos, vegetación selvática y vegetación natural.

3.2 MATERIALES

Implementos: yunta, arado, bombas de fertilización, azadones y azadillas, estacas, piolas, tijeras de podar, sarán, flexómetro, costales, plástico y arnero.

3.3 MÉTODOS

Metodología para: Evaluar el cultivo de *Amaranthus caudatus* manejado con cuatro niveles de materia orgánica en la comunidad de San Clemente.

Para iniciar el proyecto se levantó una línea de base, mediante preguntas estructuradas en una encuesta que se aplicó a los miembros de la comunidad para obtener la información necesaria.

Se preparó un abono orgánico con los materiales existentes en la zona. Posteriormente se delimitaron las unidades experimentales y se tomaron muestras de suelo para un análisis de nutrientes, luego se incorporó la materia orgánica en los diferentes niveles establecidos y se inició con el cultivo y las evaluaciones.

3.3.1 Diseño experimental

Para la distribución del experimento en el campo se tomaron en cuenta factores como la barrera de eucaliptos ubicados en el borde de manera que las parcelas experimentales quedaron ubicadas estratégicamente para que la influencia de la sombra afectara a todos los tratamientos. Los predios en los que se realizó la siembra en distintas épocas poseían similares características en cuanto a clima y suelo.

3.3.1.1 Factores probados

Se realizó la evaluación de 4 niveles de incorporación de materia orgánica en el suelo y dos épocas de siembra.

3.3.1.2 Tratamientos comparados

Niveles de materia orgánica en el suelo:

Área de la parcela: 18.75m^2

- Tratamiento 1: testigo (sin incorporación de materia orgánica)

- Tratamiento 2: 3 kg/parcela
- Tratamiento 3: 7,5 kg/parcela
- Tratamiento 4: 12 kg/parcela

3.3.1.3 Tipo de diseño

El tipo de diseño experimental que se utilizó fue bloques complemente al azar.

3.3.1.4 Repeticiones o bloques

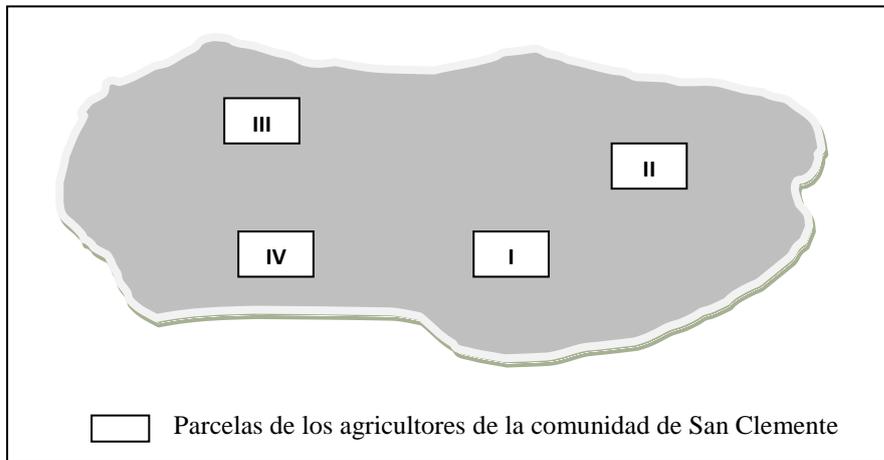
Cada agricultor con parcelas igualmente distanciadas fueron considerados como una repetición. Se realizaron 4 repeticiones de cada ensayo (época de siembra 1 y 2).

3.3.1.5 Características de la UE

Número de unidades experimentales:	16
Área de las unidades experimentales:	18,75 m ²
Largo:	5m
Ancho:	3,75m
Forma de la unidad experimental:	Rectangular
Área total del ensayo:	300 m ²

3.3.1.6 Croquis del diseño

Diseño



REP

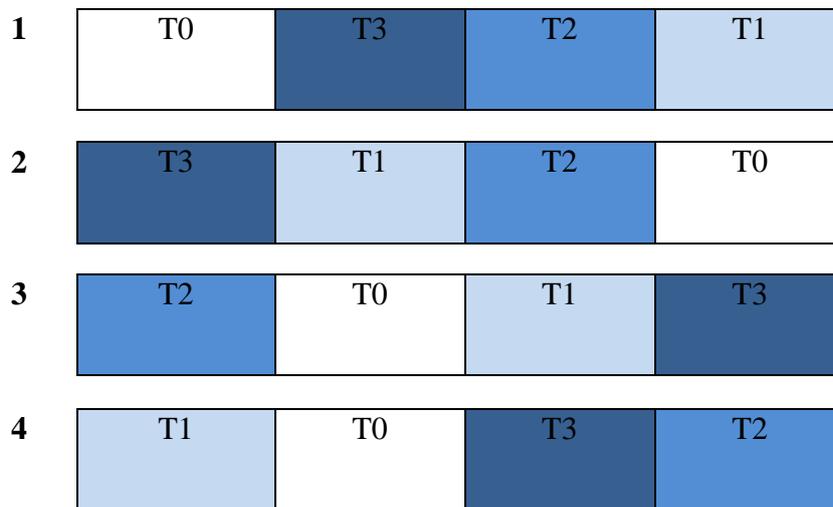


Figura 3.2 Croquis del diseño participativo y distribución de las parcelas en el campo

3.3.2 Análisis Estadístico

Se realizó una estadística descriptiva de los parámetros agronómicos establecidos, mediante la media y la desviación estándar. Adicionalmente se realizó un análisis de variancia combinado entre dos épocas de siembra.

3.3.2.1 Esquema de análisis de varianza

Se utilizó el siguiente esquema:

Fuentes de Variación	GL
TOTAL	15
REPETICIONES	3
TRATAMIENTOS	3
ERROR	9

3.3.2.2 Coeficiente de variación

Se calculó mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \times 100$$

3.3.2.3 Análisis funcional

Se utilizó la prueba de Duncan al 5% para tratamientos.

3.3.2.4 Regresiones

Se establecieron regresión con las siguientes variables que presentaron diferencias estadísticas significativas.

3.3.3 Variables Medidas

3.3.3.1 Número de plantas por metro lineal

A los 30 días después de la siembra se contó el número de plantas presentes en un metro lineal. Se seleccionaron 3 surcos al azar por cada parcela.

3.3.3.2 Días al panojamiento

Se expresa como el número de días a partir de la siembra hasta que el 50% de plantas presenten formación de panoja en la yema apical.

3.3.3.3 Días a la floración

Se expresa como el número de días después de la siembra hasta la formación de flores en las panojas, cuando en estas hayan aparecido el 50% de inflorescencia dentro de cada parcela.

3.3.3.4 Días a la cosecha

Se contó el número de días transcurridos a partir de la siembra hasta la cosecha cuando el cultivo estuvo maduro y el grano se desprendía con facilidad de la panoja.

3.3.3.5 Altura de la planta (cm)

Esta variable se evaluó cuando la planta llegó a madurez fisiológica, se midió 10 plantas al azar con la ayuda de un flexómetro desde la base del tallo hasta la parte terminal de la inflorescencia principal.

3.3.3.6 Longitud de la panoja (cm)

La longitud de la panoja principal se evaluó en 10 plantas al azar de la parcela neta, desde el inicio de la inflorescencia hasta la parte terminal en la misma.

3.3.3.7 Diámetro de la panoja

Con la ayuda de un flexómetro se procedió a medir en la zona más ancha de la panoja, es decir la longitud de la circunferencia y posteriormente mediante la siguiente fórmula se realizó el cálculo del diámetro:

$$\frac{L}{\pi} = d$$

3.3.3.8 Rendimiento de grano (kg/ha)

Después del proceso de la trilla y limpieza se pesó el grano seco (humedad promedio de 12%) por parcela y se realizó la conversión a kg/ha.

3.3.3.9 Peso de mil semillas

Se contarán mil semillas de cada tratamiento y repetición y se procederá a pesar en una balanza de precisión.

3.4 MÉTODOS ESPECÍFICOS DE MANEJO DEL EXPERIMENTO EN EL CAMPO

Para el establecimiento del cultivo en el diseño participativo, se contó con la participación de un grupo de agricultores de la comunidad de San Clemente, con quienes se manejó orgánicamente el cultivo, realizando las actividades que se detallan a continuación:

3.4.1 Toma de muestras de suelo

Se realizaron muestras de suelo dentro de cada predio.

3.4.2 Preparación del suelo

Se preparó el suelo manualmente con ayuda de azadillas y azadones hasta dejarlo bien mullido.

3.4.3 Fertilización con materia orgánica

Después del levantamiento de la línea de base, se identificó la fuente más significativa de materia orgánica dentro de la comunidad, para utilizarla en el ensayo, la misma que fue sometida proceso con respectivo análisis antes de ser incorporada al suelo según los diferentes niveles establecidos.

3.4.3.1 Proceso de elaboración de compost

- Ubicación de la compostera. Cualquier lugar cerca de las fuentes que alimentarán a la composta puede utilizarse, que tenga buen drenaje.
- Formación de la pila de compost. Se disponen en capas sucesivas paja (7,5cm), el material verde (2,5-15 cm), tierra (1,3cm) y las deyecciones de herbívoros (2,5cm), hasta que el montón alcance 1,2 m de altura. Al esparcir las capas se debe mullir para que el aire circule por el interior de la pila.
- Mantener húmeda la pila, agregando agua a los materiales secos de cada capa.

- Cubrir la pila con una lona de nylon reforzada o plástico negro para evitar la evaporación y la acumulación del agua lluvia.

- Control de temperatura diario, esta debe encontrarse entre los 60-70°C.

- Volteo de la pila cuando la temperatura baje, para que el material de los extremos pueda descomponerse de igual manera.

Cuando del compost no se identifican los materiales iniciales de los que estaba compuesto, se lo cosechó y fue pesado y dividido en sacos para luego, incorporarse en cada unidad experimental. Se mezcló con el suelo mullido y se formaron surcos espaciados a 0,6 m. con una profundidad de 15 cm.

3.4.4 Semilla

Se utilizó semilla fresca de amaranto variedad INIAP “Alegría”.

3.4.5 Siembra

La siembra se hizo en forma manual en los surcos de las unidades experimentales a chorro continuo aproximadamente a una densidad de siembra de 10 Kg. de semilla por hectárea.

3.4.6 Cubrimiento

Después de la siembra se cubrió a la semilla pasando una rama por el fondo del surco lo que consigue una profundidad adecuada de enterrado de 0.5 a 1.5 cm de preferencia en un suelo húmedo. Posteriormente se cubrieron los surcos con paja para evitar el ataque de pájaros y gallinas.

3.4.7 Control de malezas

Se realizó una deshierba manual entre los 25 y 35 días después de la siembra para controlar malezas.

3.4.8 Raleo

El raleo se efectuó a los 25 - 30 días después de la siembra (dds), eliminando las plantas en exceso y aquellas más débiles.

3.4.9 Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas y enfermedades se establecieron cultivos con características como cercas de protección.

3.4.10 Fertilización

Con el fin de estimular el mejoramiento de la cosecha, se aplicaron dos aspersiones foliares de biol. Ésta fertilización se realizó por igual en todas las parcelas de manera que no se considera un tratamiento sino una técnica para fortalecer al cultivo.

3.4.11 Aporque

Se realizó una vez que las plantas hayan completado el panojamiento, o cuando las plantas alcancen 40 – 50 cm. de altura.

3.4.12 Cosecha

Se evaluaron los días de cosecha. Del área establecida se espera un rendimiento aproximado del 80% con respecto al rendimiento obtenido por el INIAP de la misma variedad. La cosecha se realizó de forma manual con tijeras de podar cuando la panoja tenía una coloración parda- amarillenta para luego dejar secar el grano al sol.

3.4.13 Trilla

Esta actividad se hizo en forma manual para cada unidad experimental, sobre una lámina plástica.

3.4.14 Poscosecha

El grano cosechado fue secado hasta que obtenga un porcentaje de humedad aproximado al 14%. La limpieza y la clasificación se realizaron con la ayuda de un sarán y un arnero.

3.5 UBICACIÓN DEL LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN

Fase II: Desarrollo de productos a base de amaranto: galletas, barras energéticas, reventado endulzado y bebida.

3.5.1 Ubicación Política

La fase de industrialización tuvo lugar las instalaciones de la panificadora “Number One” ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia el Sagrario.

3.5.2 Ubicación Geográfica

Las instalaciones donde se llevó a cabo la fase de industrialización posee las siguientes coordenadas:

Latitud: 78°24'44'' (O)

Longitud: 0°23'20'' (S)

3.6 MATERIALES

Equipos: Cocineta a gas, horno, batidora, balanza, selladora, licuadora.

Implementos: Tiesto, moldes, cortador, cucharas de madera, ollas, juego de tamices, fundas de empaque y envases.

3.7 MÉTODOS

Metodología para: Crear cuatro sub-productos alimenticios (bebida nutricional, barra energética, grano reventado endulzado, y galletas) a base del grano de amaranto e identificar el grado de aceptabilidad de cada uno.

Para el procesamiento de los cuatro productos se realizaron pruebas preliminares de cada proceso hasta establecer los mejores procedimientos por cada producto. De cada producto se elaboraron tres variantes y cada uno fue sometido a pruebas de degustación con la ayuda de 10 panelistas en donde se evaluaron características como textura, color, olor y sabor, esta evaluación se realizó en la ciudad de Quito.

3.7.1 Diseño Experimental

3.7.1.1 Factores probados

Productos	Factores de Estudio
Galletas	% de inclusión de amaranto
Barras energéticas	Tipos de endulzantes
Bebida	Ingrediente saborizante
Cereal reventado	Tipos de esencias

3.7.1.2 Tratamientos comparados

- **T1:** Galletas con 15 % de inclusión de amaranto
- **T2:** Galletas con 30 % de inclusión de amaranto

- **T3:** Galletas con 45 % de inclusión de amaranto
- **T4:** Barra de amaranto + miel de maíz + chocolate + granola
- **T5:** Barra de amaranto + miel de panela + chocolate + granola
- **T6:** Barra de amaranto + miel de abeja + chocolate + granola
- **T7:** Bebida de amaranto + naranjilla.
- **T8:** Bebida de amaranto + maracuyá
- **T9:** Bebida de amaranto + leche
- **T10:** Cereal reventado + jarabe de azúcar + esencia de vainilla
- **T11:** Cereal reventado + jarabe de azúcar + esencia de canela
- **T12:** Cereal reventado + jarabe de azúcar + sin esencia

3.7.1.3 Tipo de diseño

Bloques complemente al azar.

3.7.1.4 Repeticiones o bloques

La fase de evaluación de los productos se llevó a cabo con la ayuda de 10 catadores, cada uno representa una repetición, y se degustaron todos los productos en distintas sesiones.

3.7.1.5 Características de la UE

Cada catador fue considerado como una unidad experimental.

3.7.2 Análisis Estadístico

3.7.2.1 Esquema de análisis de varianza

Este esquema se utilizó para cada producto evaluado.

Fuentes de Variación	GL
TOTAL	29
REPETICIONES (catadores)	9
TRATAMIENTOS	2
ERROR	18

3.7.2.2 Coefficiente de variación

Se calculó mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \times 100$$

3.7.2.3 Análisis funcional

Se utilizó la prueba de Duncan al 5% para tratamientos.

3.7.3 Análisis Económico

El análisis económico se efectuó de acuerdo al protocolo establecido por Perrin *et al.* (1998) para lo cual se obtiene el beneficio bruto y los costos variables, de la diferencia de estos se obtendrá el beneficio neto. Colocando los beneficios netos en orden decreciente

acompañado de los costos variables se realizó el análisis de dominancia, donde el tratamiento dominado es aquel que a igual o menor beneficio neto presenta un mayor costo variable.

3.8 MÉTODOS ESPECÍFICOS DE MANEJO DEL EXPERIMENTO DESARROLLO DE PRODUCTOS.

3.8.1 Procesamiento

Para el procesamiento se ensayó el método artesanal de reventar el amaranto sobre diferentes superficies calientes. Después de realizar las pruebas de reventado se eligió el reventado el amaranto sobre el tiesto, utensilio que en la comunidad se utiliza y tiene una superficie donde la expansión del grano es homogénea y la pérdida del grano es menor.

La elaboración de los subproductos empiezo a partir varias pruebas experimentales para definir los ingredientes y los procesos más adecuados, se desarrollaron tres procesos para cada producto para luego ser sometidos a pruebas de degustación con el objetivo de conocer el nivel de aceptación de los productos por su olor, color, sabor, textura (consistencia) y apariencia general.

3.8.2 Galletas

El interés de la creación de una galleta se justifica en la intención de masificar el consumo de amaranto principalmente en niños, por la influencia positiva que tiene en su desarrollo cerebral. En base a este criterio se busco incorporar la mayor cantidad posible de harina de amaranto por galleta, sin que altere sus características físicas y organolépticas por lo que se probaron niveles de inclusión al 15%, 30% y 45%. Además se desarrolló un empaque con porciones de 40 g y con una etiqueta llamativa.

Cuadro 3.1 Formulación de galletas

Ingredientes	Porcentaje
Harina de trigo	22,08%
Harina de amaranto (30%)*	9,47%
Azúcar	21,03%
Azúcar negra	21,03%
Mantequilla	6,73%
Manteca	4,21%
Huevos	8,41%
Esencia de vainilla	0,27%
Bicarbonato de sodio	0,02%
Polvo de hornear	0,02%
Amaranto reventado	6,73%
Total ingredientes	100%

* el % de inclusión de harina de amaranto varia en 15% , 30% y 45% en la formulación

3.8.2.1 Método de elaboración

En el proceso de elaboración de galletas se utilizó la harina FORTIORI que fue la de mayor disponibilidad en el mercado. Esta harina está elaborada con 100% grano de amaranto.

a. Preparación

Batir el azúcar con la mantequilla y la manteca, después agregue uno a uno los huevos batiendo por 10 minutos.

En otro recipiente se revuelven la harina de amaranto y de trigo incorporando el bicarbonato de sodio y el polvo de hornear.

b. Mezcla

Integrar la mezcla anterior y añada el amaranto reventado de forma envolvente cuando la mezcla esté homogénea.

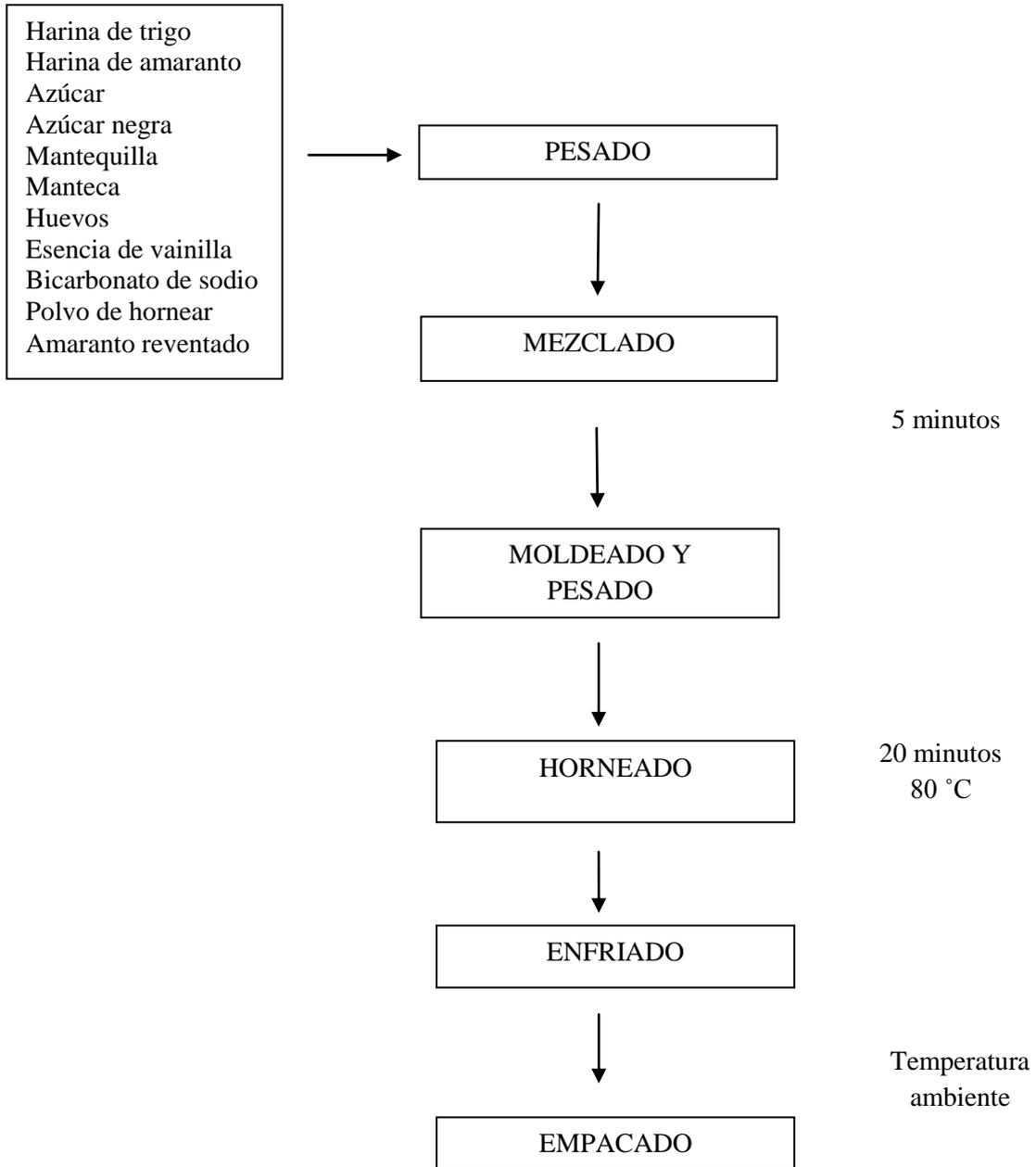
c. Moldeo

Para formar las galletas se coloca la masa en pequeñas porciones sobre la lata engrasada utilizando una manga pastelera o una cuchara.

e. Horneo

Hornear las galletas durante 20 minutos a 180 °C o hasta que estén doradas. Después dejar enfriar y retirar las galletas de la lata.

3.8.2.2 Diagrama de flujo para la elaboración de la galleta



3.8.3 Barra energética

La cantidad de energía disponible en el amaranto es considerable junto a su balance de aminoácidos reflejados también en el contenido proteínico de este, por lo tanto la creación de barras energéticas fue enfocada a jóvenes y adultos en general dado que requieren altos índices de energía para desarrollar actividades intelectuales como deportivas y el ritmo de vida actual hace que los alimentos empacados se consideren en el menú diario por lo que una barra energética es una muy buena opción.

En el desarrollo de las barras crocantes se probaron tres tipos de endulzantes: miel de panela, miel de maíz o miel de abeja.

Cuadro 3.2 Formulación de barras energéticas

Ingredientes	Porcentaje
Aceite	7,02
Endulzante*	35,09
Amaranto expandido	12,28
Avena	24,56
Salvado de trigo	1,75
Linaza	3,51
Arroz crocante	3,51
Chocolate	12,28
Total ingredientes	100%

*miel de panela, miel de maíz o miel de abeja.

3.8.3.1 Método de elaboración

a. Preparación de la Emulsión

En un recipiente sometido a fuego directo, se agrega el azúcar invertido, la glucosa y se calienta hasta que llegue a ebullición; se adiciona la margarina, agitando hasta obtener una emulsión espumosa. Esto sucede cuando han transcurrido diez minutos desde el inicio del proceso. En este punto la mezcla ha alcanzado aproximadamente una temperatura de 100 °C.

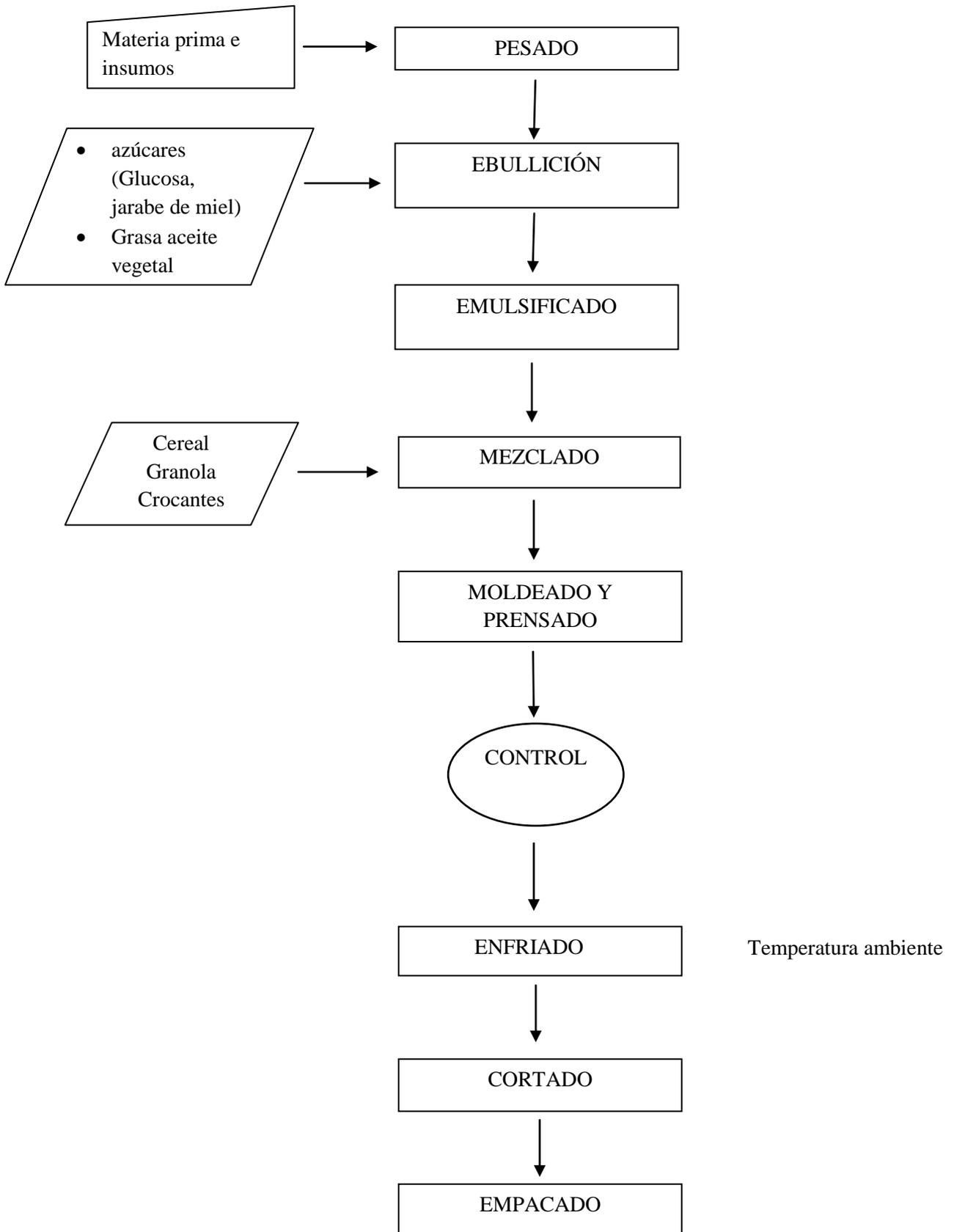
b. Mezcla de ingredientes sólidos

En un recipiente se realiza la mezcla de los ingredientes sólidos (granola, chocolate, amaranto).

c. Mezcla final

Se adiciona la emulsión a los ingredientes sólidos, batiendo vigorosamente hasta homogenizar la masa. La temperatura alcanzada se encuentra alrededor de 50 °C.

3.8.3.2 Diagrama de flujo para la elaboración de barras energéticas.



3.8.4 Cereal reventado o pop

El pop de amaranto fue desarrollado pensando en los infantes que se encuentran en sus primeros años de vida, tiempo en el cual su dieta consiste mayormente en cereales y papillas, el cereal de amaranto al no contener gluten y al ser sometido al calor, evita problemas de asimilación de almidones y permite que sus proteínas sean fácilmente digestibles, por lo que puede ser usado incluso como el primer cereal en la alimentación de niños y niñas en forma de papilla con leche materna o agua.

Para la elaboración del cereal se utilizaron esencias de vainilla y canela y se lo comparó en aceptación con el cereal sin esencia.

Cuadro 3.3 Formulación de pop de amaranto.

Ingredientes	Porcentaje
Amaranto expandido	66,7%
Endulzante	33,2%
Esencia	0,1%
Total ingredientes	100%

3.8.4.1 Método de elaboración

a. Preparación

En el tiesto bien caliente, se agrega el grano de amaranto pesado para ser expandido.

Aparte se prepara el jarabe con el endulzante y la esencia hasta el punto de diluirla completamente.

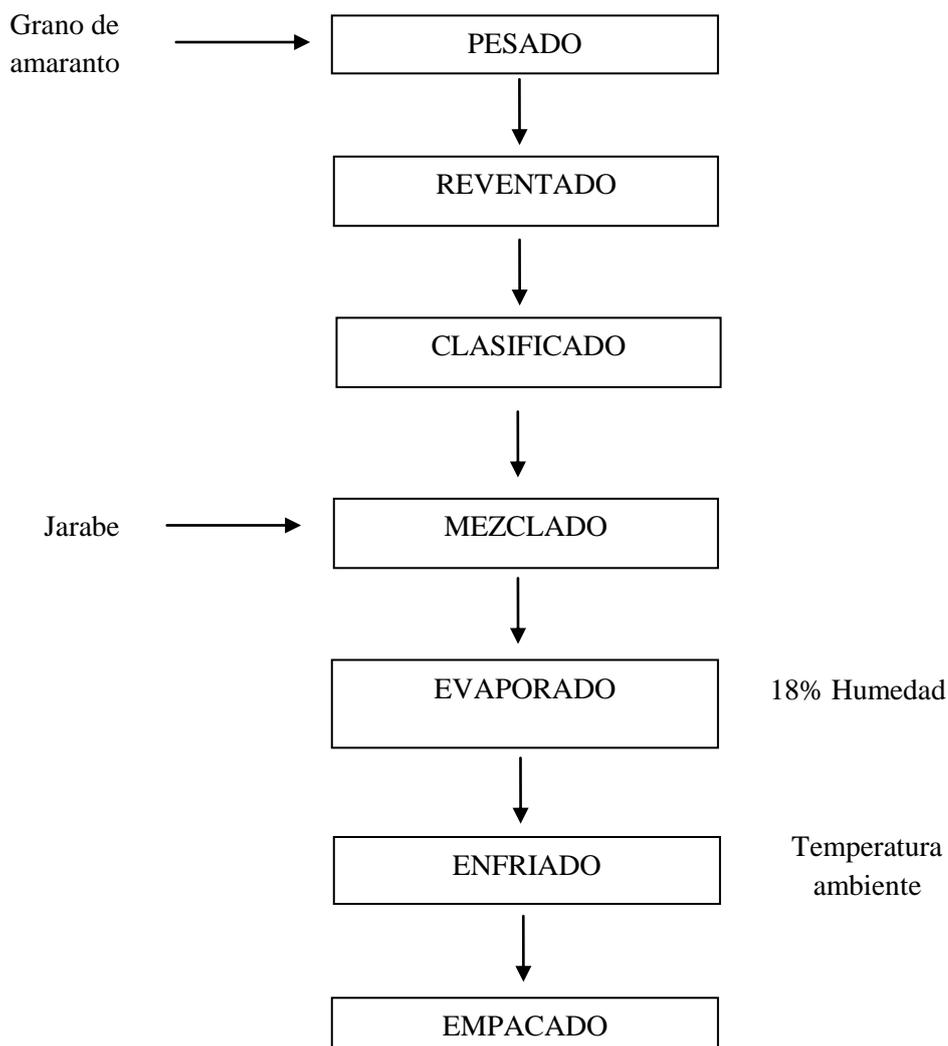
b. Mezcla

Rociar el jarabe y mezclar con el grano expandido.

d. Secado

La mezcla lista se extiende en una bandeja y se la deja en el horno a una temperatura aproximada de 170 ° C por unos pocos minutos, esto permite la eliminación de la humedad del producto para luego ser envasado inmediatamente.

3.8.4.2 Diagrama de flujo para la elaboración del cereal



3.8.5 Bebida

La creación de una bebida de amaranto se fundamenta en la demanda de bebidas altamente nutritivas y de fácil preparación que sea del agrado de adultos y niños.

La bebida se realizó en base a dos tipos de fruta (maracuyá, naranjilla) y leche:

Cuadro 3.4 Formulación de la bebida de amaranto con maracuyá

Ingredientes	Porcentaje
Maracuyá	5,09
Agua	76,33
Azúcar	8,14
Amaranto	10,18
Canela	0,22
Pimienta dulce	0,033
Total ingredientes	100%

Cuadro 3.5 Formulación de la bebida de amaranto con naranjilla

Ingredientes	Porcentaje
Naranjilla	12,43
Agua	72,47
Azúcar	6,6
Amaranto	8,28
Canela	0,18
Pimienta dulce	0,02
Total ingredientes	100%

Cuadro 3.6 Formulación de la bebida de amaranto con naranjilla

Ingredientes	Porcentaje
Leche	60,14
Agua	23,31
Azúcar	6,99
Amaranto	9,32
Canela	0,21
Pimienta dulce	0,033
Total ingredientes	100%

3.8.5.1 Método de elaboración

a. Recepción y pesaje

Se realiza el pesaje de cada uno de los ingredientes de la materia prima. El amaranto debe ser remojado por lo menos una noche anterior a la preparación.

b. Mezclado

Llevar a ebullición el agua en el caso de las bebidas con fruta y toda la leche para la bebida láctea, agregar el amaranto y las especias. Dejar hervir por 30 min o hasta las semillas estén suaves.

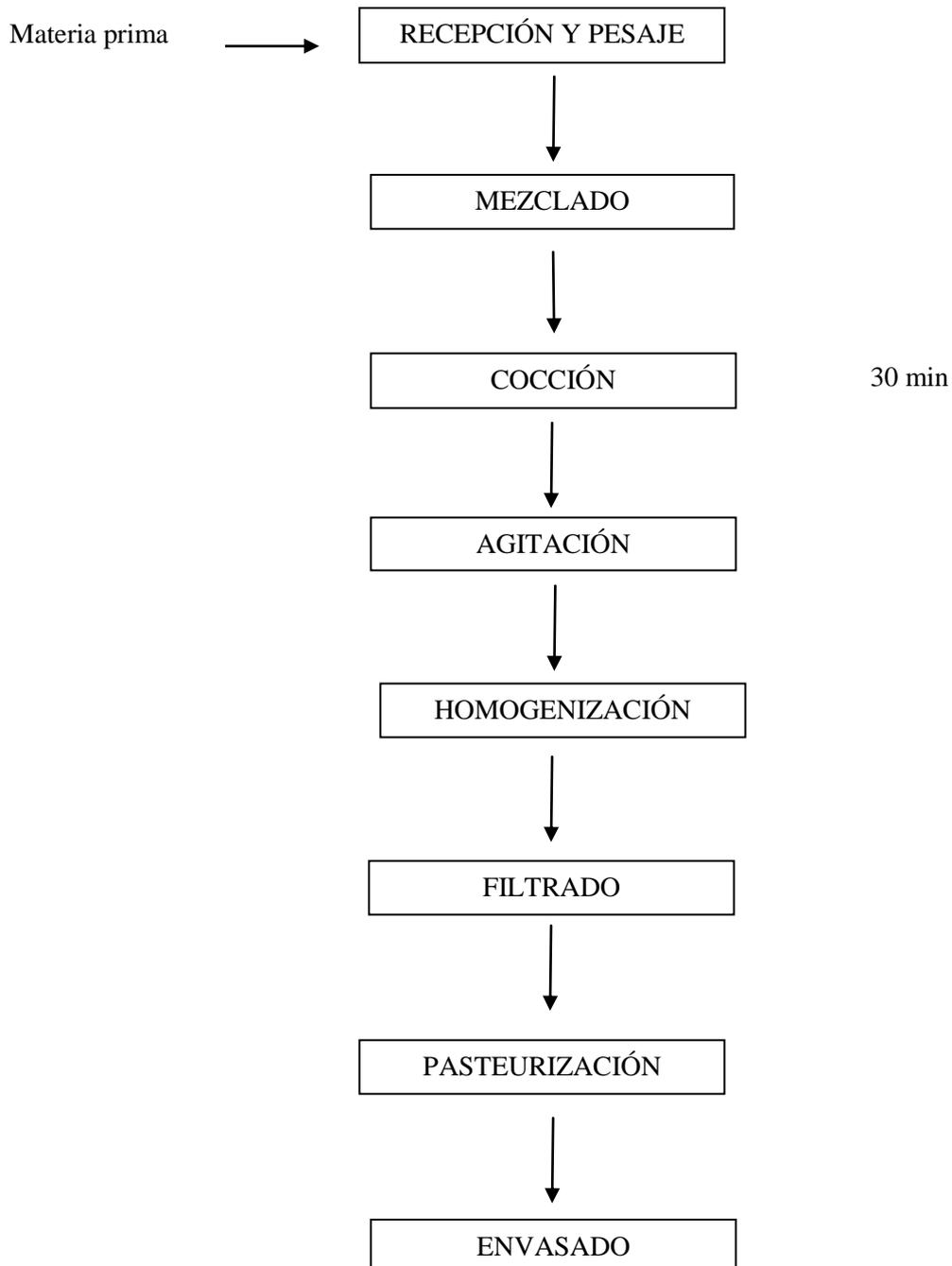
c. Homogenizado

Retirar las especias y licuar junto con el azúcar, regresar a ebullición la mezcla hasta que espese.

d. Envasado

Retirar del fuego, envasar, tapar y dejar enfriar.

3.8.5.2 Diagrama de flujo para la elaboración de la bebida



3.9 ANÁLISIS SENSORIAL

Se instaló un panel temporal para realizar la prueba sensorial de las muestras, el panel estuvo compuesto por diez personas.

Las muestras se presentaron en recipientes idénticos, tapados y codificados con números aleatorios de tres dígitos, a cada muestra se le asignó un código diferente, a las cuales se adjuntaron las hojas de calificaciones.

Para la prueba de escalas se utilizó la escala hedónica categorizada de 5 puntos. A los panelistas se les pidió evaluar las muestras indicando cuánto les agrada cada muestra y para ello se les presentó una hoja de calificación con los 5.

Para el análisis de los datos, las categorías se convirtieron en puntajes numéricos del 1 al 5, 1 corresponde a "disgusta muchísimo" y 5 es equivalente a "gusta muchísimo" y de este modo los puntajes numéricos de los 10 panelistas se tabularon y analizaron con el modelo de análisis de variancia.

Las variables que fueron evaluadas fueron: olor, color, sabor, textura y apariencia general.

3.10 FASE DE LABORATORIO

Los productos seleccionados por los catadores fueron sometidos a análisis de laboratorio para conocer sus propiedades físicas, químicas y nutricionales en el laboratorio del departamento de nutrición y calidad de la Estación experimental Santa Catalina INIAP. Los resultados se exponen en el anexo 6.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Número de plantas / metro lineal

Al establecer el análisis de varianza del número de plantas de amaranto/metro lineal no se encontraron diferencias significativas para tratamientos en ninguna época (cuadro 4.1).

El promedio general de número de plantas de amaranto por metro lineal fue de 13,81 plantas en la época seca y de 25,31 plantas en la época lluviosa, con un coeficiente de variación (CV) de 26,39 y 23,15% respectivamente, coeficientes muy altos por las características del ensayo.

Cuadro 4.1 Análisis de variancia de número de plantas de amaranto, en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.

Fuentes de Variación	GL	Número de plantas	
		Época seca	Época lluviosa
Total	15		
Repeticiones	3	53,56*	147,56*
Tratamientos	3	2,73 ^{ns}	26,56 ^{ns}
Error	9	13,28	34,34
X (N°)		13,81	25,31
CV (%)		26,39	23,15

Los tratamientos no presentaron diferencia significativa con respecto al testigo en cuanto al número de plantas, sin embargo los tratamientos que superaron al testigo fueron T1 (2 t) y T2 (5 t) en la época seca, mientras que en la época lluviosa el tratamiento que prevaleció sobre el testigo fue T2 (5 t) (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre el número de plantas de amaranto a los 45 dds¹ en dos épocas de siembra en San Clemente-Imbabura 2010.

Tratamientos	Épocas	
	Seca	Lluviosa
T0 Testigo	12,75	26,50
T1 2 t/ha	14,75	24,75
T2 5 t/ha	13,75	28,00
T3 8 t/ha	14,00	22,00

En la figura 4.1 se observa el número de plantas/metro lineal en las dos épocas de siembra, siendo la época lluviosa en donde se pudo observar mayor número de plantas de amaranto/metro lineal en todos los tratamientos, esto se debe a que las semillas en condiciones apropiadas de humedad favorece al porcentaje de germinación.

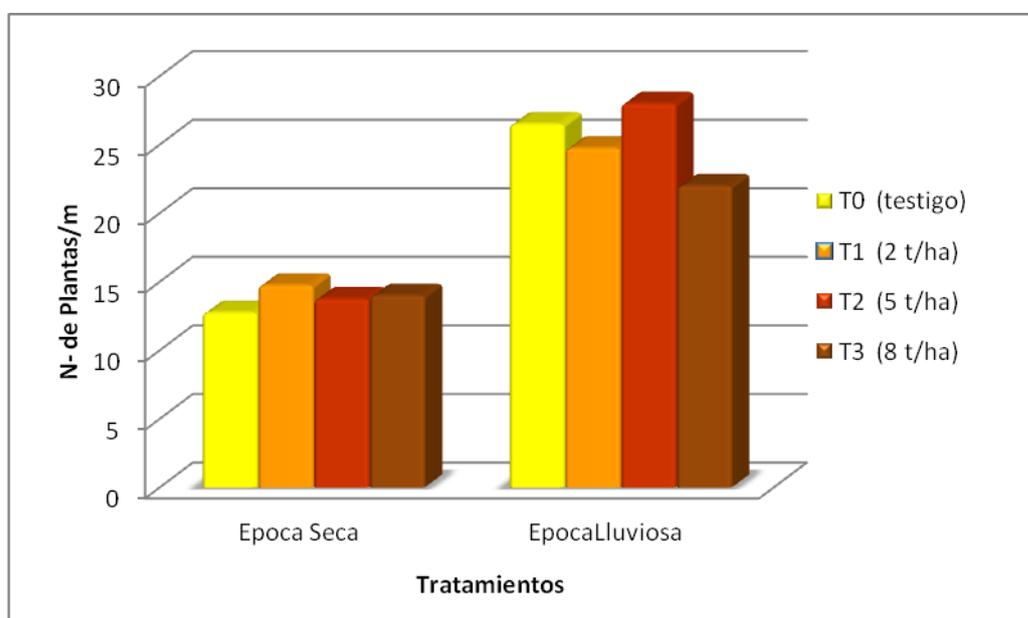


Figura 4.1 Número de plantas/m lineal de amaranto por tratamiento, en dos épocas de siembra.

1

¹ dds: días después de la siembra

La humedad en el suelo permitió una mejor germinación de la semilla, lo que se evidencia con el número de plantas/m lineal que fue mayor en la época lluviosa que en la época seca.

4.1.1 Análisis combinado

Al establecer el análisis combinado por época se detectó diferencias estadísticas entre épocas al 5%, mientras que los tratamientos no se diferenciaron estadísticamente. La interacción no presentó significación estadística, por lo tanto los dos factores actuaron independientemente (Cuadro 4.3).

El promedio general del número de plantas/m lineal fue de 19,56 plantas. Con un coeficiente de variación de 24,94%.

Cuadro 4.3 Análisis de varianza de número de plantas/ metro lineal de amaranto en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente - Imbabura 2010.

Fuentes de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Total	31	2177,88		
Épocas	1	1058,00	1058,00	10,52 *
Repetición/ Épocas	6	603,38	100,56	
Tratamientos	3	33,63	11,21	0,47 ^{ns}
Épocas x Tratamientos	3	54,25	18,08	0,76 ^{ns}
Error	18	428,63	23,81	
\bar{X} (N°)			19,56	
CV (%)			24,94	

Se puede evidenciar en el cuadro 4.4 que en la época seca presenta un promedio de 13,81 plantas/m lineal siendo superada por la época lluviosa que presento una media de 25,31 plantas/m lineal de amaranto.

Cuadro 4.4 Promedios de dos épocas de siembra sobre el número de plantas/metro lineal de amaranto en San Clemente -Imbabura 2010. DMS al 5%.

Épocas	Medias
E1 Seca	13,81 b
E2 Lluviosa	25,31 a

4.2 Altura de la planta

Al efectuar el análisis de varianza de la altura de la planta de amaranto, se encontraron diferencias estadísticas al 5% para tratamientos en la época seca. Para la época lluviosa no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

El promedio general de la altura de planta de amaranto fue de 75.11 cm en la época seca, su coeficiente de variación fue 9,73%, mientras que para la época lluviosa el promedio fue de 91,20 cm con un coeficiente de variación 7,44% (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5 Análisis de varianza de altura de la planta en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.

Fuentes de Variación	GL	Altura de la Planta	
		Época Seca	Época Lluviosa
Total	15		
Repeticiones	3	8,25 ^{ns}	252,36*
Tratamientos	3	373,96*	6,94 ^{ns}
Error	9	53,45	46,04
X (cm)		75,11	91,20
CV (%)		9,73	7,44

Los tratamientos que presentaron diferencia estadística con respecto al testigo en la altura de la planta, fueron T2 (5 t) y T3 (8 t) en la época seca. En la época lluviosa no se diferenciaron estadísticamente, sin embargo los tratamientos que sobrepasaron al testigo fueron T1 (2 t) y T3 (8 t) (Cuadro 4.6).

Cuadro 4.6 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre la altura de la planta de amaranto en San Clemente-Imbabura 2010.

Tratamientos	Altura de la planta	
	Época seca	Época lluviosa
T0 Testigo	63,80 c	90,98
T1 2 TM/ha	70,95 bc	92,93
T2 5 TM/ha	80,03 ab	89,73
T3 8 TM/ha	85,65 a	91,18

En la figura 4.2 se puede observar que la altura alcanzada por las plantas de amaranto fue mayor en la época de lluviosa superando los 90 cm, mientras que en la época seca las plantas estuvieron en un rango de 63 a 85 cm.

La altura alcanzada de la plantas se encuentra dentro de los rangos característicos de la variedad que van desde 70 a 160 cm señalados por Monteros *et al.* (1994).

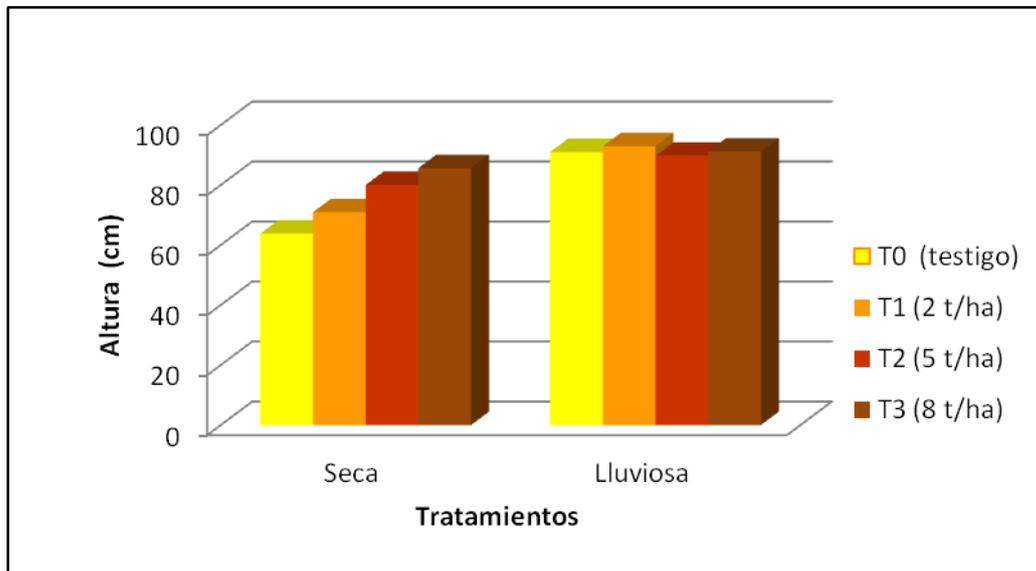


Figura 4.2. Altura de la planta de amaranto por tratamientos, en dos épocas de siembra.

Como se puede apreciar las diferencias de altura no son considerables entre los niveles de fertilización en la época lluviosa, lo que corrobora que el cultivo no se ve afectado con la incorporación de materia orgánica en lo concerniente a la variable altura según lo citado por Nieto (1982) que manifiesta que el amaranto puede desarrollarse muy bien en suelos pobres.

Adicionalmente Cruz 2003 citado por Monsalvo & Oliver, afirma que el nitrógeno influye en una mayor altura de la planta, solo en las etapas previas a la floración.

4.2.1 Análisis Combinado

Al realizar el análisis combinado por época se observaron diferencias estadísticas entre épocas al 1%, mientras que los tratamientos se diferenciaron estadísticamente al 5%. La interacción presentó significación estadística al 5%.

El promedio general de la altura de plantas fue de 83,16 cm. Con un coeficiente de variación de 8,48% (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7 Análisis de varianza de altura de la planta en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.

Fuentes de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Total	31	4892,00		
Épocas	1	2072,07	2072,07	15,90**
Repetición/ Épocas	6	781,83	130,30	
Tratamientos	3	522,77	174,26	3,50*
Épocas x Tratamientos	3	619,92	206,64	4,15*
Error	18	895,41	49,75	
\bar{X} (cm)			83,16	
CV (%)			8,48	

En el cuadro 4.8 se especifican los promedios de altura de la planta de amaranto por épocas; en la época seca presenta un promedio de 75,11 cm mientras que en la época lluviosa

la media fue de 91,20 cm de altura, esto se debe a que con adecuadas condiciones de humedad la planta tiene un mejor desarrollo vegetativo, además al tener mayor competencia por luz dada la alta densidad de plantas en la época lluviosa, estas tienden a elongarse mas que las de la época seca.

Cuadro 4.8 Promedios de dos épocas de siembra sobre la altura de planta de amaranto en San Clemente -Imbabura 2010. DMS al 5%.

Épocas	Medias
E1 Seca	75,11 b
E2 Lluviosa	91,20 a

En el cuadro 4.9 se puede evidenciar que la aplicación de materia orgánica permite un mejor desarrollo de la planta por lo que todos los tratamientos superan al testigo, presentando una elongación proporcional a la cantidad de materia orgánica aplicada.

Cuadro 4.9 Promedios de los tratamientos en dos épocas sobre la altura de planta de amaranto en San Clemente -Imbabura 2010. Duncan 5%.

Tratamientos	Medias
T0 Testigo	77,39 b
T1 2 t/ha	81,94 ab
T2 5 t/ha	84,88 ab
T3 8 t/ha	88,41 a

Como se puede observar en el cuadro 4.10 en la época lluviosa los tratamientos no tienen mayor influencia sobre la altura de la planta, no así en la época seca donde la cantidad de materia orgánica podría influir en el desarrollo y elongación de la planta cuando la humedad es limitada.

Cuadro 4.10 Promedios de la interacción épocas tratamientos sobre la altura de planta de amaranto en San Clemente -Imbabura 2010. Duncan 5%.

Épocas x Tratamientos	Medias
E1T0	63,80 d
E1T1	70,95 cd
E1T2	80,03 bc
E1T3	85,65 ab
E2T0	90,98 ab
E2T1	92,93 ab
E2T2	89,73 ab
E2T3	91,18 a

4.3 Días al panojamiento

No se determinaron diferencias estadísticas en ninguna de las dos épocas de siembra entre los tratamientos para los días al panojamiento.

Al panojamiento, las plantas de amaranto presentaron mayor precocidad en la época seca al panojar a los 50 días, mientras que la época lluviosa a aparición de la panoja fue a los 53 días (Cuadro 4.11).

Cuadro 4.11 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre los días al panojamiento en dos épocas de siembra en San Clemente-Imbabura 2010.

Tratamientos	Días al panojamiento	
	Época seca	Época lluviosa
T0 Testigo	50,25	53
T1 2 t/ha	50,25	53
T2 5 t/ha	50,25	53
T3 8 t/ha	50,25	53

En la figura 4.3 se puede observar que los días al panojamiento en las dos épocas de siembra se encuentran entre los rangos de la variedad INIAP Alegría establecidos por el PRONALEG-GA que son entre 50 a 55 días. En la época seca la panoja apareció antes debido a las plantas cuando no cuentan con la suficiente humedad en el suelo adelantan sus procesos fisiológicos como medida de supervivencia.

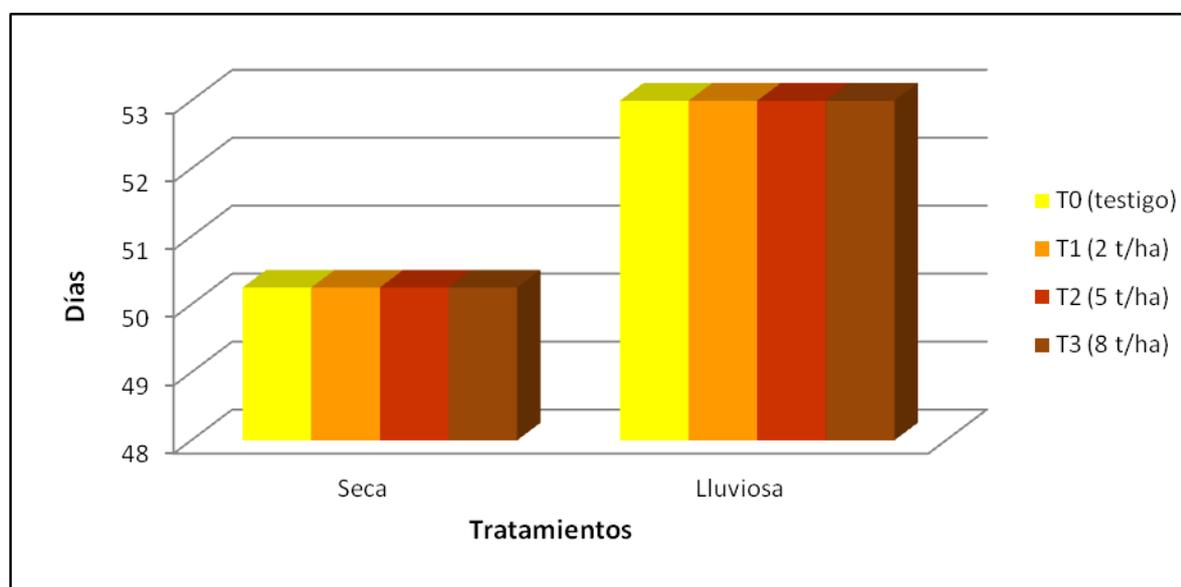


Figura 4.3. Días al panojamiento de la planta de amaranto por tratamientos, en dos épocas de siembra.

4.4 Días a la floración

El análisis de varianza para los días a la floración no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos en ninguna de las dos épocas.

Tanto en la época seca como lluviosa los tratamientos no fueron superiores al testigo presentando la floración sin diferencias, también en la época lluviosa la aparición de las flores fue más precoz (Cuadro 4.12).

Cuadro 4.12 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre los días a la floración en dos épocas de siembra en San Clemente-Imbabura 2010.

Tratamientos	Días a la floración	
	Época Seca	Época Lluviosa
T0 Testigo	97,00	90,75
T1 2 t/ha	97,00	90,75
T2 5 t/ha	97,00	90,75
T3 8 t/ha	97,00	90,75

La figura 4.4 indica que los días a la floración en la época seca fue la más tardía con 97 días, sin diferenciarse estadísticamente entre tratamientos, esto se dio debido a las variaciones del ambiente influye directamente en el proceso fisiológico de la planta; mientras que la época lluviosa las plantas tardaron en florecer 90 días.

Como se puede apreciar en los datos registrados la incorporación de nutrientes de los tres niveles de fertilización no determinaron diferencias con el testigo.

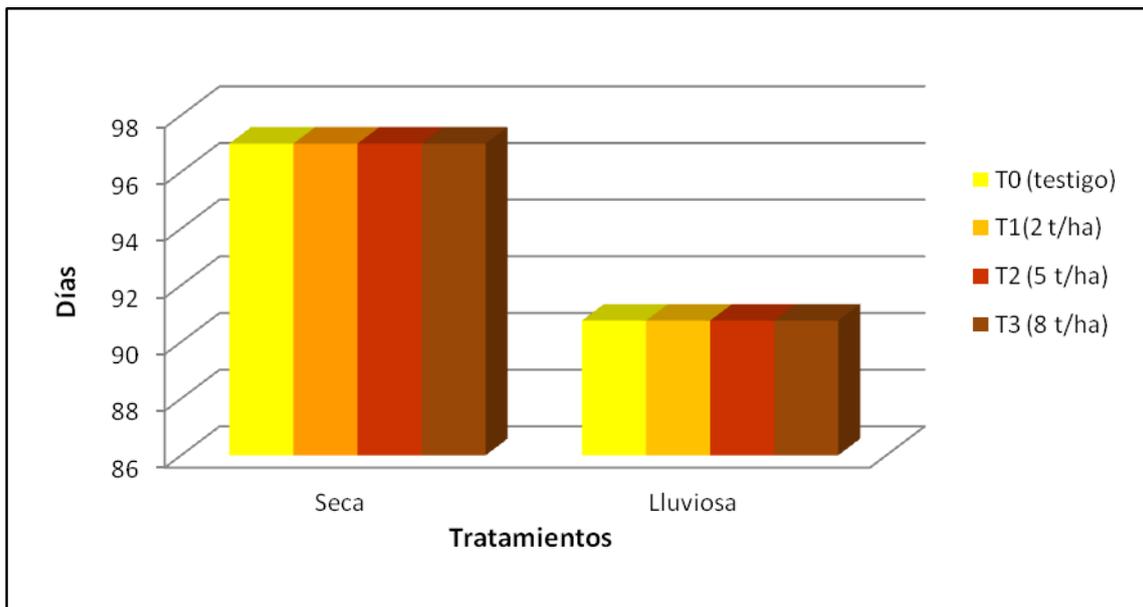


Figura 4.4. Días a la floración de la planta de amaranto, por tratamiento en dos épocas de siembra.

4.5 Largo de la panoja

En el análisis de varianza de largo de la panoja en la planta de amaranto no se encontraron diferencias estadísticas para tratamientos en la época seca, ni en la época lluviosa.

El promedio general del largo de la panoja de planta de amaranto fue de 34,33 cm en la época seca, su coeficiente de variación fue 9,82 %. En la época lluviosa la media fue de 27,87 cm con un coeficiente de variación 14,68 % (Cuadro 4.13).

Cuadro 4.13 Análisis de varianza de largo de la panoja en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.

Fuentes de Variación	GL	Largo de la panoja	
		Época Seca	Época Lluviosa
Total	15		
Repeticiones	3	4,72 ^{ns}	57,68 ^{ns}
Tratamientos	3	17,55 ^{ns}	6,72 ^{ns}
Error	9	11,37	16,73
X (cm)		34,33	27,87
CV (%)		9,82	14,68

Los tratamientos no presentaron diferencia estadística con respecto al testigo en el largo de la panoja en la época seca, los tratamientos que sobrepasaron al testigo fueron T1 (2 t), T2 (5 t) y T3 (8 t). En la época lluviosa tampoco se presentaron diferencias estadísticas aunque numéricamente presentaron superioridad los tratamientos T1 (2 t/ha) y T3 (8/ha) (Cuadro 4.14).

Cuadro 4.14 Promedios de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre largo de la panoja en San Clemente-Imbabura 2010.

Tratamientos	Largo de la panoja	
	Época seca	Época lluviosa
T0 Testigo	31,68	27,08
T1 2 t/ha	33,73	29,75
T2 5 t/ha	35,45	26,95
T3 8 t/ha	36,45	27,70

Morales, 2000 menciona que las siembras en los primeros días de lluvia favorecen el desarrollo vegetativo de la planta, pero no garantiza igual desarrollo de la panoja, mientras que las fechas tardías reducen el desarrollo vegetativo, pero pueden presentar panojas de

mayor altura. Lo que concuerda con esta investigación donde en la época lluviosa el largo de la panoja es menor al de la época seca debido a que la época de mayor humedad favoreció al crecimiento de la parte verde de la planta, más no a la panoja (Figura 4.5).

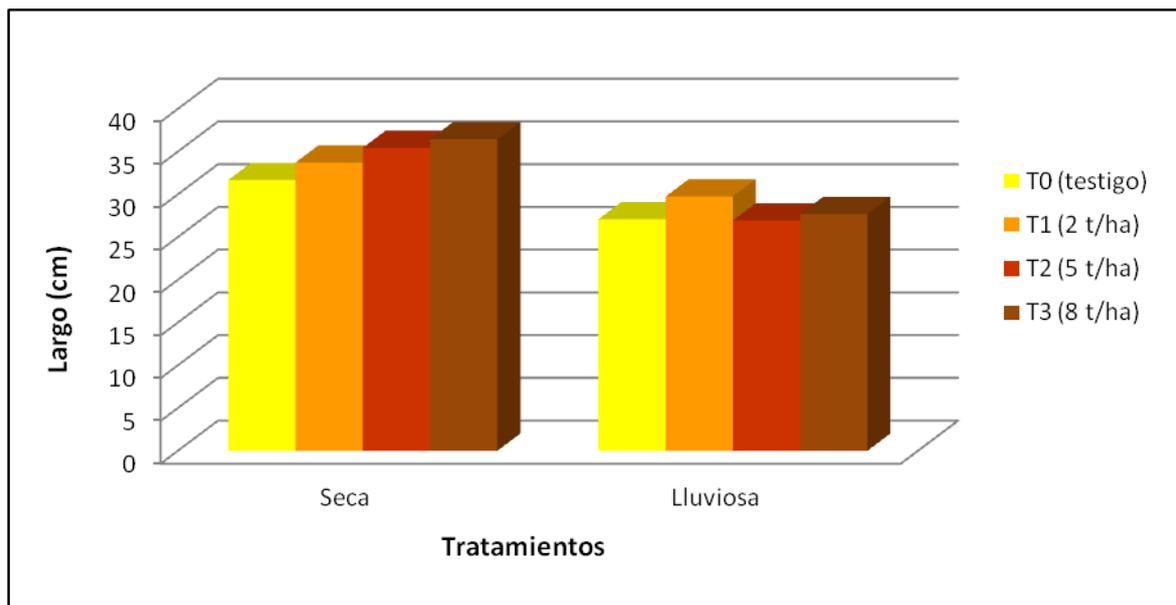


Figura 4.5. Largo de la panoja de la planta de amaranto por tratamientos, en dos épocas de siembra

4.5.1 Análisis combinado

Al establecer el análisis combinado por época se presentaron diferencias estadísticas entre época al 5%, mientras que entre los tratamientos no existió diferencia significativa. En la interacción no existió significación estadística.

El promedio general del largo de la panoja fue 31,1 cm. Con un coeficiente de variación de 12,05% (Cuadro 4.15).

Cuadro 4.15 Análisis de varianza de largo de la panoja en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.

Fuentes de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Total	31	846,39		
Épocas	1	333,47	333,47	10,69*
Repetición/ Épocas	6	187,21	31,20	
Tratamientos	3	34,74	11,58	0,82 ^{ns}
Épocas x Tratamientos	3	38,08	12,69	0,90 ^{ns}
Error	18	252,90	14,05	
\bar{X} (cm)			31,10	
CV (%)			12,05	

El cuadro 4.16 demuestra que las panojas de las plantas de amaranto de la época seca se elongaron mas que las panojas de la época lluviosa obteniendo medias de 34,33 y 27,87 cm respectivamente.

Cuadro 4.16 Promedios de dos épocas de siembra sobre el largo de panoja de amaranto en San Clemente -Imbabura 2010. DMS al 5%.

Épocas	Medias
E1 Seca	34,33 a
E2 Lluviosa	27,87 b

4.6. Diámetro de la panoja

En el análisis de varianza del diámetro de la panoja en la planta de amaranto se hallaron diferencias significativas al 5% para tratamientos en la época seca. El diámetro de la

panoja de planta de amaranto tuvo un promedio general de de 6,50 cm en la época seca, con un coeficiente de variación de 12,98%.

Para la época lluviosa no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos. El diámetro de la panoja de planta de amaranto tuvo un promedio general de de 6,50 cm en la época seca, con un coeficiente de variación de 12,98%. El promedio general del diámetro de la panoja fue de 5,52 cm, con un coeficiente de variación 12,76 % (Cuadro 4.17).

Cuadro 4.17 Análisis de varianza de diámetro de la panoja por época en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.

Fuentes de Variación	GL	Diámetro de la panoja	
		Época seca	Época lluviosa
Total	15		
Repeticiones	3	0,15 ^{ns}	1,68 ^{ns}
Tratamientos	3	4,31*	0,08 ^{ns}
Error	9	0,71	0,50
X (cm)		6,50	5,52
CV (%)		12,98	12,76

Los tratamientos que se diferenciaron estadísticamente con respecto al testigo en el diámetro de la panoja en la época seca fueron T3 (8 t) y T2 (5 t) en la época seca.

En la época lluviosa no se presento diferencias estadísticas en relación al testigo, aunque todos los tratamientos que sobresalieron frente al testigo (Cuadro 4.18).

Cuadro 4.18 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre diámetro de la panoja en San Clemente-Imbabura 2010.

Tratamientos	Diámetro de la panoja	
	Época Seca	Época Lluviosa
T0 Testigo	5,28 c	5,48
T1 2 t/ha	6,25 bc	5,72
T2 5 t/ha	6,72 ab	5,48
T3 8 t/ha	7,77 a	5,39

La figura 4.6 demuestra que aunque durante la época de crecimiento vegetativo la planta sufrió de estrés hídrico, a la formación de la panoja donde tuvo mejores condiciones de humedad, pudo desarrollarse de manera normal según los parámetros varietales.

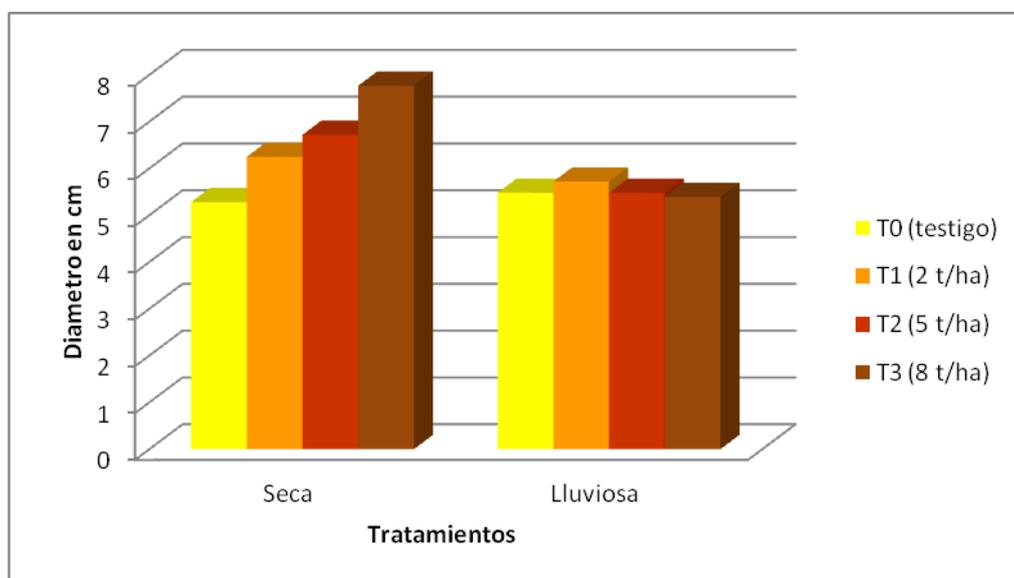


Figura 4.6 Diámetro de la panoja de la planta de amaranto por tratamiento, en dos épocas de siembra.

Por cada tonelada de incorporación de materia orgánica, se incrementa 0.29 del diámetro de la panoja, por lo tanto la materia orgánica está incidiendo dentro de este componente de rendimiento (Figura 4.7). Además se puede manifestar que el 63% de los cambios de diámetro de la panoja se debe exclusivamente a la incorporación de materia orgánica.

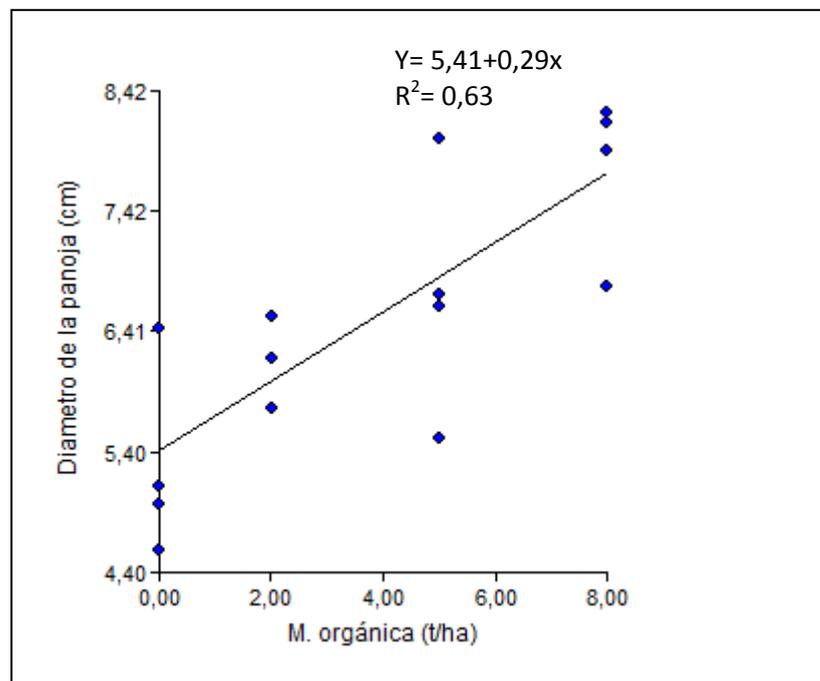


Figura 4.7 Regresión lineal y coeficiente de determinación entre la materia orgánica y el diámetro de la panoja en la época seca.

4.6.1. Análisis combinado

Luego del análisis combinado por época se determinaron diferencias estadísticas entre épocas al 5%, y para los tratamientos la diferencia significativa se estableció al 5%. En la interacción existió diferencias estadísticas al 5% de igual manera (Cuadro 4.19).

El promedio general del diámetro de la panoja fue 6.01 cm, con un coeficiente de variación de 12.98%.

Cuadro 4.19 Análisis de varianza del diámetro de la panoja en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.

Fuentes de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Total	31	37,34		
Épocas	1	7,80	7,80	8,50*
Repetición/ Épocas	6	5,51	0,92	
Tratamientos	3	5,91	1,97	3,26*
Épocas x Tratamientos	3	7,25	2,42	4,00*
Error	18	10,87	0,60	
\bar{X} (cm)			6,01	
CV (%)			12,98	

En el cuadro 4.20 se especifican los promedios por épocas; estableciendo para la época seca un promedio de 6,50 cm superando mientras a la época lluviosa que obtuvo un promedio de 5,52 cm de diámetro de la panoja. Esto se debe a que en la época seca las condiciones de humedad en la etapa de panojamiento y floración mejoraron considerablemente lo que ayudo al desarrollo de la planta en estas etapas.

Los resultados confirman el criterio de Monteros *et al.* 1994 quienes afirman que la una de las épocas fisiológicas críticas del amaranto en cuanto a requerimientos de humedad se encuentra entre el panojamiento y floración.

Cuadro 4.20 Promedios de dos épocas de siembra sobre el diámetro de la panoja de amaranto en San Clemente - Imbabura 2010. DMS al 5%.

Épocas	Medias
E1 Seca	6,50 a
E2 Lluviosa	5,52 b

En el cuadro 4.21 se puede apreciar que al incorporar la materia orgánica se produce un mejor desarrollo de la panoja en cuanto a su diámetro por lo que todos los tratamientos superan al testigo.

Cuadro 4.21 Promedios de los tratamientos en dos épocas sobre el diámetro de la panoja en San Clemente - Imbabura 2010. Duncan al 5%.

Tratamientos	Medias
T0 Testigo	5,38 b
T1 2 t/ha	5,99 ab
T2 5 t/ha	6,10 ab
T3 8 t/ha	6,58 a

En el cuadro 4.22 se evidencia que en la época lluviosa los tratamientos no influyen sobre diámetro de la panoja. En la época seca la cantidad de materia orgánica tiene una influencia directa en el grosor de la panoja.

Cuadro 4.22 Promedios de la interacción épocas y tratamientos sobre el diámetro de la panoja de amaranto en San Clemente -Imbabura 2010. Duncan al 5%.

Épocas x Tratamientos	Medias
E1T0	5,28 b
E1T1	6,25 ab
E1T2	6,72 a
E1T3	7,77 a
E2T0	5,48 ab
E2T1	5,72 ab
E2T2	5,48 ab
E2T3	5,39 b

4.7 Días a la cosecha

En la época seca la cosecha se realizó a los 152 días, mientras que en la época lluviosa el grano se cosechó a los 128 días sin existir diferencias estadísticas entre los tratamientos en ninguna de las dos épocas (Cuadro 4.23).

Cuadro 4.23 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre días a la cosecha en San Clemente-Imbabura 2010.

Tratamientos	Días a la cosecha	
	Época Seca	Época Lluviosa
T0 Testigo	152	128
T1 2 t/ha	152,5	128
T2 5 t/ha	152,5	128
T3 8 t/ha	152,5	128

4.7.1. Análisis combinado

En el cuadro 4.24 se pueden apreciar diferencias estadísticamente significativas al 1% entre épocas de siembra con respecto a los días de cosecha siendo la época seca más tardía que la época lluviosa.

Cuadro 4.24 Análisis de varianza de los días a la cosecha en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.

Fuentes de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Total	31	5002,88		
Épocas	1	4753,13	4753,13	115,58**
Repetición/ Épocas	6	246,75	41,13	
Tratamientos	3	0,38	0,13	1,00 ^{ns}
Épocas x Tratamientos	3	0,38	0,13	1,00 ^{ns}
Error	18	2,25	0,13	
\bar{X} (días)			140,19	
CV (%)			0,25	

El efecto de de tuvo influencia estadísticamente significativa sobre los días a la cosecha dentro de cada época, presentando la época 1 un promedio de 152,38 días versus la época 2 de 128 días (Cuadro 4.25).

Cuadro 4.25 Promedios de dos épocas de siembra con respecto a los días a la cosecha en San Clemente -Imbabura 2010. DMS 5%

Épocas	Medias
E1 Seca	152,38 a
E2 Lluviosa	128,00 b

En la figura 4.8 muestra que en la época seca al punto de madurez de cosecha tardo 24 de días más en relación con la época lluviosa, debido a que las plantas en el época seca aumentaron su ciclo productivo al no tener las condiciones adecuadas al inicio del mismo.

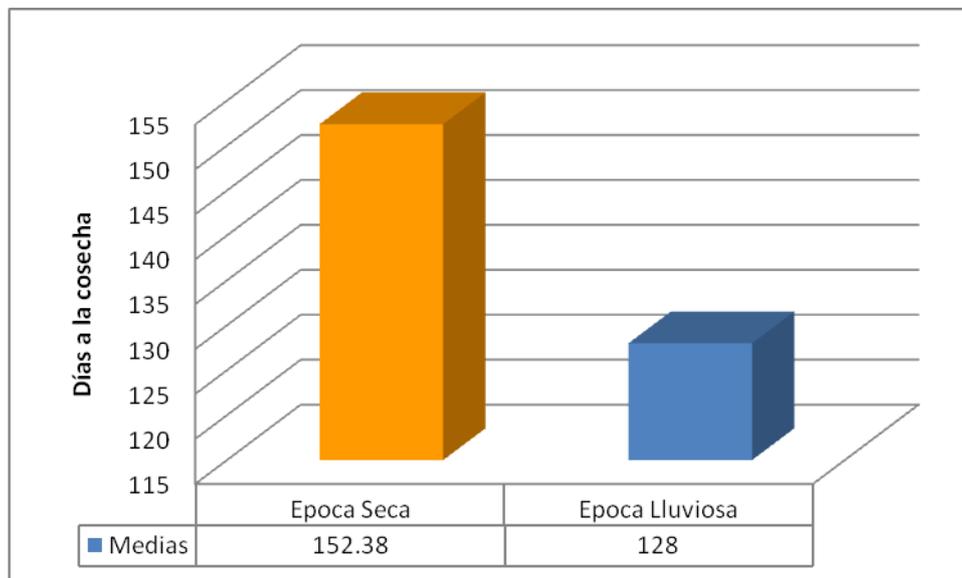


Figura 4.8 Medias de los días a la cosecha en dos épocas de siembra

4.8 Rendimiento (kg/ha)

El análisis de varianza (cuadro 4.26) del rendimiento de grano de amaranto determinó diferencias significativas al 5% para tratamientos en la época seca. Para la época lluviosa entre los tratamientos no se observaron diferencias estadísticas.

La media del rendimiento del grano de amaranto en la época seca fue de 489,33 kg, con un coeficiente de variación de 27,56 % y para la época lluviosa el promedio general del rendimiento del grano fue de 586,67 kg y un coeficiente de variación 32,26 %.

Cuadro 4.26 Análisis de varianza de rendimiento (kg/ha) en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.

Fuentes de Variación	GL	Rendimiento kg/ha	
		Época Seca	Época Lluviosa
Total	15		
Repeticiones	3	103282,01*	48499,42 ^{ns}
Tratamientos	3	126751,86*	34392,47 ^{ns}
Error	9	18184,37	33176,31
X (kg)		489,33	564,67
CV (%)		27,56	32,26

En la época seca el tratamiento T3 (8 t) presentó diferencia significativa con respecto al testigo en el rendimiento del grano, mientras que en la época lluviosa no existió diferencia estadística; todos los tratamientos prevalecieron sobre el testigo, el tratamiento con mayor rendimiento fue T3 (8t/ha) (Cuadro 4.27).

Cuadro 4.27 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre el rendimiento (kg/ha) en San Clemente-Imbabura 2010.

Tratamientos	Rendimiento kg/ha	
	Época Seca	Época Lluviosa
T0 Testigo	350,67 b	441,33
T1 2 t/ha	389,34 b	545,33
T2 5 t/ha	472,00 b	632,00
T3 8 t/ha	745,33 a	640,00

La figura 4.9 demuestra que a mayor nivel de fertilización con materia orgánica se obtiene mejor rendimiento, como se puede evidenciar en la época seca con el tratamiento 3 (8 toneladas) el cual produjo 745,33 kg de grano de amaranto/ha. Sin embargo aunque

numéricamente el resto de tratamientos también son mayores al testigo, la incorporación de materia orgánica, en esas proporciones no fue suficiente para proporcionar diferencias estadísticas. En la época lluviosa aunque no existen diferencias significativas, el rendimiento es mayor según se incrementan los niveles de materia orgánica.

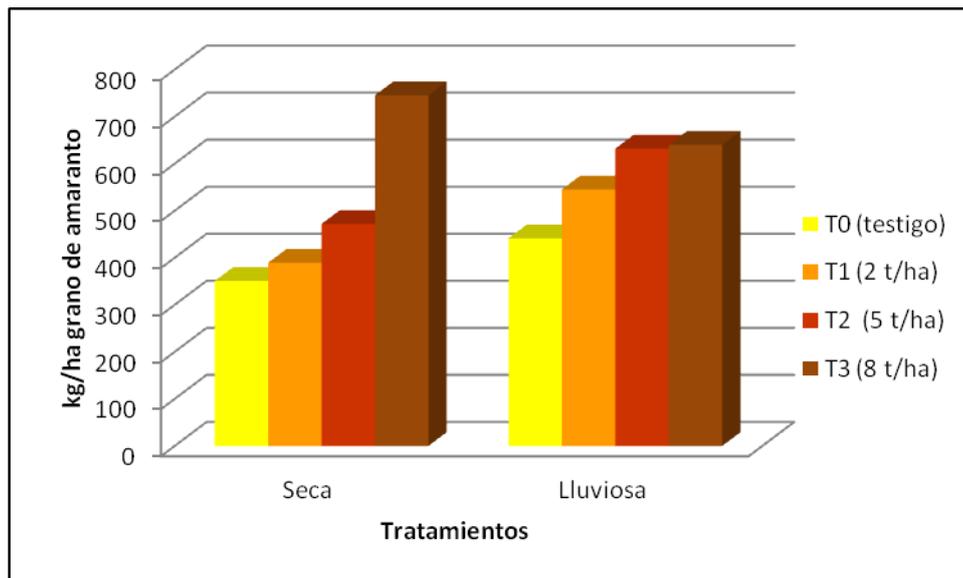


Figura 4.9 Rendimiento (kg/ha) del grano de amaranto por tratamiento, en dos épocas de siembra.

Durante la época seca se determinó que a medida que se incrementa la materia orgánica aumenta el rendimiento en kg /ha de amaranto y es así que la regresión nos determina que por cada tonelada de incorporación de materia orgánica en el suelo se incrementa el rendimiento en 47,9 kg/ha. (Figura 4.10), vale indicar que el coeficiente de determinación fue de 0,4 esto posiblemente se deba a que esta investigación estuvo enmarcada en un diseño de bloques al azar y la variabilidad de respuesta se debe a los bloques.

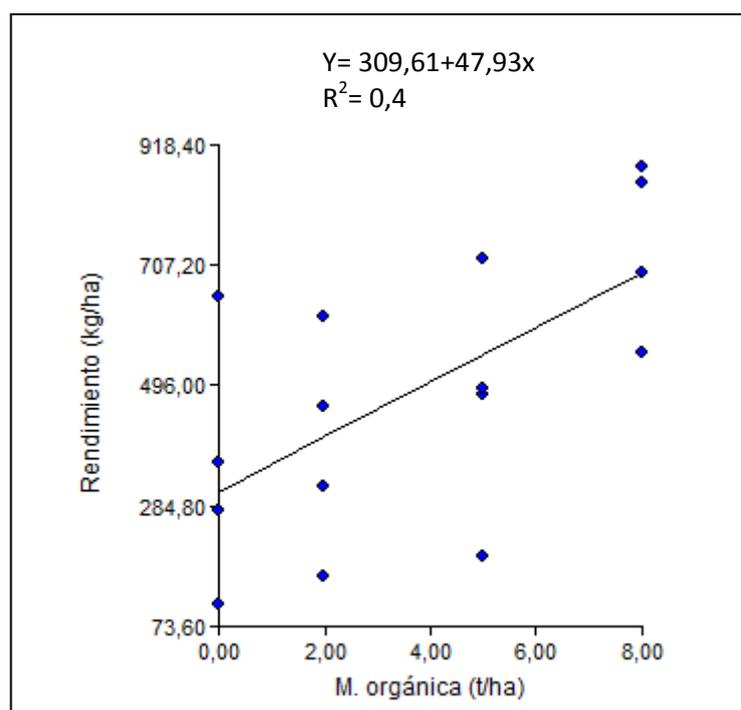


Figura 4.10 Regresión lineal y coeficiente de determinación entre la materia orgánica y el rendimiento (kg/ha) en la época seca.

4.8.1. Análisis combinado

Al establecer el análisis de varianza para el rendimiento por hectárea de grano de amaranto no se determinaron diferencias estadísticas entre épocas, para los tratamientos la diferencia significativa se estableció al 1%. En la interacción no existieron diferencias estadísticas (Cuadro 4.28).

El promedio general del diámetro de la panoja fue 527 kg/ha, con un coeficiente de variación de 30,41%.

Cuadro 4.28 Análisis de varianza del rendimiento del grano en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.

Fuentes de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Total	31			
Épocas	1	45400,64	45400,64	0,60 ^{ns}
Repetición/ Épocas	6	455344,29	75890,71	
Tratamientos	3	361673,14	120557,71	4,69**
Épocas x Tratamientos	3	121759,86	40586,62	1,58 ^{ns}
Error	18	462246,06	25680,34	
\bar{X} (kg)		527		
CV (%)		30,41		

En el cuadro 4.29 se puede apreciar que al incorporar mayor cantidad de materia orgánica se produce un incremento en el rendimiento del grano de amaranto, sin embargo en esta investigación no se alcanzó los promedios de la variedad que es de 1500 kg/ha según lo expuesto por Peralta *et al.* 2008.

Cuadro 4.29 Promedios de los tratamientos en dos épocas sobre el rendimiento (kg/ha) de planta de amaranto en San Clemente -Imbabura 2010. Duncan 5%

Tratamientos	Medias
T0 Testigo	396,00 b
T1 2 t/ha	510,67 b
T2 5 t/ha	508,67 b
T3 8 t/ha	692,67 a

4.9 Peso de mil semillas (mg)

Al establecer el análisis de varianza del peso de mil semillas de amaranto, se determinó que no existen diferencias significativas para tratamientos en la época seca. Para la época lluviosa entre los tratamientos tampoco se observaron diferencias estadísticas (Cuadro 4.30).

El promedio general del peso del grano de amaranto en la época seca fue de 1002,3 mg, con un coeficiente de variación de 0,33 %, mientras que para la el promedio general de la época lluviosa fue de 1069,38 mg de peso y un coeficiente de variación 6,57 %.

Cuadro 4.30 Análisis de varianza del peso de mil semillas (mg) en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.

Fuentes de Variación	GL	Peso de mil semillas	
		Época Seca	Época Lluviosa
Total	15		
Repeticiones	3	70,92 ^{ns}	8562,42*
Tratamientos	3	0,75 ^{ns}	11750,75 ^{ns}
Error	9	11,19	4938,92
X (mg)		1002,3	1069,38
CV (%)		0,33	6,57

Tanto en la época seca como en la época lluviosa no se presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto al peso de mil granos de amaranto. En la primera época ningún tratamiento supero al testigo, mientras que para la segunda época, el testigo fue

superado por los tratamientos T2 (5 t/ha) y T3 (8 t/ha), encontrándose diferencias estadísticas al 5%. (Cuadro 4.31).

Cuadro 4.31 Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre el peso de mil semillas (mg) en San Clemente-Imbabura 2010.

Tratamientos	Peso de mil semillas	
	Época Seca	Época Lluviosa
T0 Testigo	1001,50	1043,00
T1 2 t/ha	1001,25	1030,35
T2 5 t/ha	1001,25	1149,25
T3 8 t/ha	1000,50	1055,00

En la figura 4.11 se puede apreciar que en la época seca no hay dominancia de ninguno de los tratamientos probados sobre el testigo ya que el peso del grano fue similar. En el caso de la época lluviosa, si existieron diferencias entre los tratamientos, siendo el grano del T2 (5t/ha) el que mayor peso alcanzó.

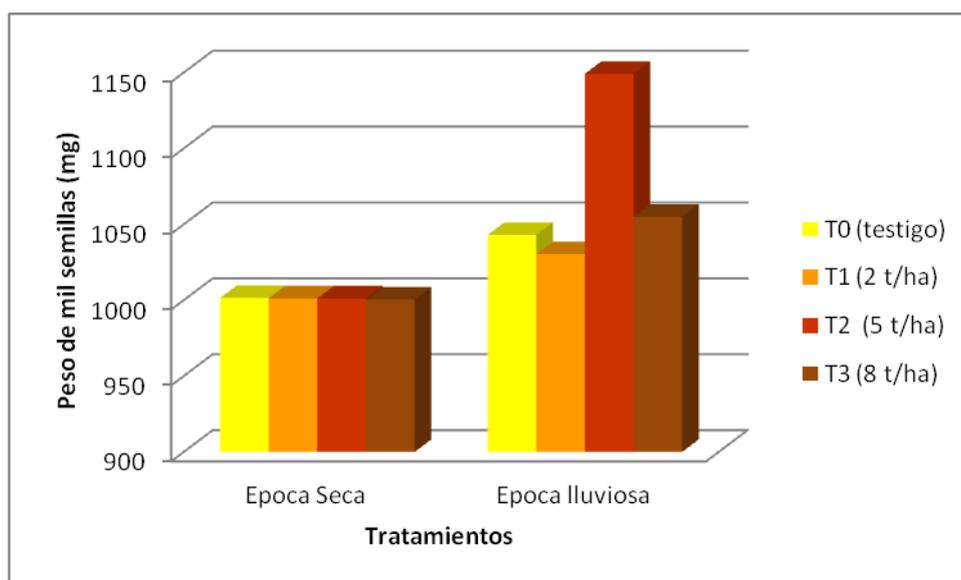


Figura 4.11 Peso de mil semillas de amaranto por tratamiento, en dos épocas de siembra.

4.9.1. Análisis combinado

Al establecer el análisis de varianza de amaranto se determinaron diferencias estadísticas entre épocas al 1%, para los tratamientos la diferencia significativa se estableció al 1%. En la interacción no se evidenció diferencias estadísticas.

El promedio general fue de 1035,84 mg/mil semillas, con un coeficiente de variación de 4,81% (Cuadro 4.32).

Cuadro 4.32 Análisis de varianza del peso de mil semillas en dos épocas en respuesta a cuatro niveles de fertilización orgánica en San Clemente -Imbabura 2010.

Fuentes de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Total	31			
Épocas	1	37264,50	37264,50	15,06**
Repetición/ Épocas	6	11451,75	3817,25	
Tratamientos	3	17644,00	5881,33	2,38 ^{ns}
Épocas x Tratamientos	3	17610,50	5870,17	2,37 ^{ns}
Error	18	44551,00	2475,06	
\bar{X} (mg)			1035,84	
CV (%)			4,81	

En el cuadro 4.33 se describen los promedios del peso de mil semillas de amaranto por épocas; en la época seca presenta un promedio de 1001,13 mg y para la época lluviosa la media fue de 1069,38 mg. Esta diferencia determina que en la época lluviosa el grano tubo un mayor peso, sin embargo en las épocas el peso de las mil semillas se mantuvo dentro de los parámetros de la variedad mencionados por Peralta *et.al* 2008.

Cuadro 4.33 Promedios de dos épocas de siembra sobre el peso de mil semillas en San Clemente -Imbabura 2010. DMS 5%

Épocas	Medias
E1 Seca	1001,13 b
E2 Lluviosa	1069,38 a

4.10 Evaluación Sensorial

4.10.1 Galletas

Se realizó una prueba de aceptación donde se evaluaron las características sensoriales de color, olor, sabor, textura y apariencia general, la cual generó las siguientes respuestas: Con respecto al color no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos con un CV de 13,93% y un promedio de 4,1 puntos sobre una escala de 5; para el olor se observaron resultados estadísticamente diferentes al 5% con un CV de 13,63% y una media de 4,06; en cuanto al sabor las diferencias estadísticamente significativas fueron nulas, condición que se repite para la textura y la apariencia general con los CV de 15,04, 21,28 y 17, 81%, y con promedios de 4,23, 4,45 y 3,6 respectivamente (Cuadro 4.34).

Cuadro 4.34 Análisis de varianza de Galletas en respuesta a la inclusión de tres porcentajes de harina de amaranto.

Fuentes de Variación	GL	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia General
Total	29					
Repeticiones (catadores)	9	0,98*	0,87*	0,30 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,58 ^{ns}
Tratamientos	2	0,63 ^{ns}	1,23*	0,23 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,30 ^{ns}
Error	18	0,34	0,31	0,46	0,90	0,41
\bar{X} (N°)		4,1	4,06	4,23	4,45	3,60
CV (%)		13,93	13,63	15,94	21,28	17,81

En el cuadro 4.35 se determinan los promedios de las características sensoriales evaluadas: En cuanto al color los tratamientos con 15%, 30% y 45% de inclusión de harina de amaranto fueron estadísticamente igual aceptados. Con respecto al olor el tratamiento con 45% de inclusión de harina presentó diferencias significativas con el tratamiento de 30%. Esto deberse al uso de panelistas no profesionales. Para el sabor y textura no se evidenció diferencias estadísticas significativas, los tres tratamientos tuvieron la misma aceptación lo cual resulta positivo para la adición de harina de amaranto en galletas porque a los consumidores les agrada. En relación a la apariencia general el tratamiento con 30% de harina de amaranto fue estadísticamente diferente al tratamiento con 45%. El tratamiento con 45% de inclusión de harina fue menos aceptado en este atributo, esto puede deberse al oscurecimiento de la galleta por la adición de más harina de amaranto cuya coloración es un tanto más oscura que la de trigo.

El grado de satisfacción se determina en una escala de 25 puntos otorgándole 5 puntos a cada variable evaluada, en este sentido no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Sin embargo el tratamiento con 30% de inclusión de harina fue mayoritariamente aceptado por los panelistas.

Cuadro 4.35 Promedios del color, olor, sabor, textura, apariencia general en relación al porcentaje de inclusión de harina de amaranto.

Tratamientos % de harina	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia general	Grado de satisfacción
Harina 15%	4,20 a	4,10 ab	4,20 a	4,20 a	3,50 ab	20,20 a
Harina 30%	4,40 a	3,70 b	4,10 a	4,60 a	4,00 a	20,80 a
Harina 45%	3,90 a	4,40 a	4,40 a	4,60 a	3,30 b	20,60 a

En la figura 4.12 se observa que los tres tipos de galletas con harina de amaranto tuvieron una buena aceptación por los panelistas, sin embargo las galletas de mayor puntaje fueron las de 30% de inclusión de harina de amaranto alcanzando 20,80/25 puntos.

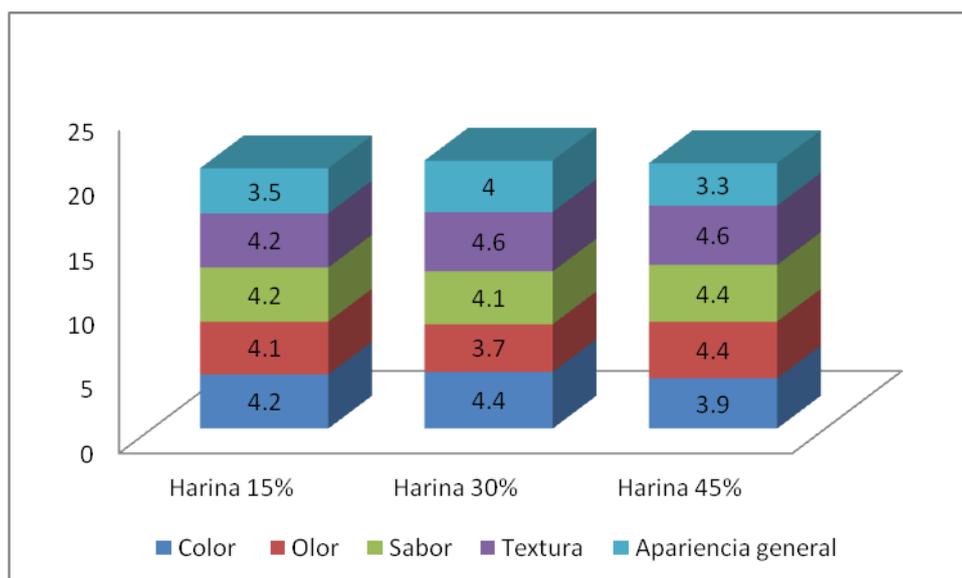


Figura 4.12 Grado de satisfacción de las galletas según porcentaje de inclusión de harina de amaranto.

4.10.2 Bebida

Se realizó el análisis de varianza evaluando las características sensoriales de color, olor, sabor, textura y apariencia general de la bebida de amaranto (Cuadro 4.36). Llegando a determinarse que con respecto al color existió diferencia significativa al 1% entre tratamientos presentando un CV de 19,35% y un promedio general de 3,6. Para el olor se determinaron diferencias significativas al 5% con un CV de 18,16% y una media de 4,2, en cuanto al sabor y la consistencia no se pudieron apreciar diferencias significativas con un CV de 16,71% y 30,24% y un promedio de 0,49 y 1,41 respectivamente. La apariencia general presentó diferencias significativas al 5% con un coeficiente de variación de 20,34 y un promedio de 3,63%.

Cuadro 4.36 Análisis de varianza de la bebida de amaranto en respuesta a 3 diferentes sabores.

Fuentes de Variación	GL	Color	Olor	Sabor	Consistencia	Apariencia General
Total	29					
Repeticiones (catadores)	9	0,65 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,77 ^{ns}
Tratamientos	2	7,30**	3,10*	0,90 ^{ns}	0,93 ^{ns}	2,13*
Error	18	0,49	0,58	0,49	1,41	0,54
\bar{X} (N°)		3,6	4,2	4,20	3,93	3,63
CV (%)		19,35	18,16	16,71	30,24	20,34

En el cuadro 4.37 se especifican los promedios de cada variable medida en la evaluación sensorial de la bebida de amaranto proporcionando los siguientes resultados: en cuanto al color se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos, debido a que existió mayor preferencia de los catadores por la bebida de maracuyá de color amarillento

En cuanto al olor existieron diferencias significativas entre los sabores de naranjilla y maracuyá. Con relación al sabor los panelistas no se detectaron diferencias entre la aceptación de sabores de maracuyá, naranjilla y leche, presentando aceptación por todas.

La consistencia de todos los tratamientos no presentó diferencias significativas, a los panelistas les agradó de igual manera.

La apariencia general presenta diferencias estadísticas entre la bebida de naranjilla, la menos aceptada vs el resto de sabores. Este resultado se debe a que al entrar en proceso de

ebullición la pulpa de naranjilla toma una coloración verdosa poco atractiva dado por el grado de madurez de la fruta. El grado de satisfacción de la bebida determinó diferencias estadísticas, el tratamiento con maracuyá tuvo el mayor grado de aceptación durante las pruebas de degustación.

Cuadro 4.37 Promedios del color, olor, sabor, textura, apariencia general en relación al los distintos sabores de la bebida de amaranto.

Tratamientos Sabores	Color	Olor	Sabor	Consistencia	Apariencia general	Grado de satisfacción
Naranjilla	2,70 c	3,60 b	3,90 a	3,60 a	3,10 b	16,90 b
Leche	3,70 b	4,30 ab	4,20 a	4,00 a	3,90 a	20,10 a
Maracuyá	4,40 a	4,70 a	4,50 a	4,20 a	3,90 a	21,70 a

En el figura 4.13 se puede constatar el grado de satisfacción que causó cada sabor de la bebida en los catadores, ubicando a la bebida de amaranto con sabor a maracuyá como la primera en la lista de preferencias con un puntaje de 21,70/25 puntos.

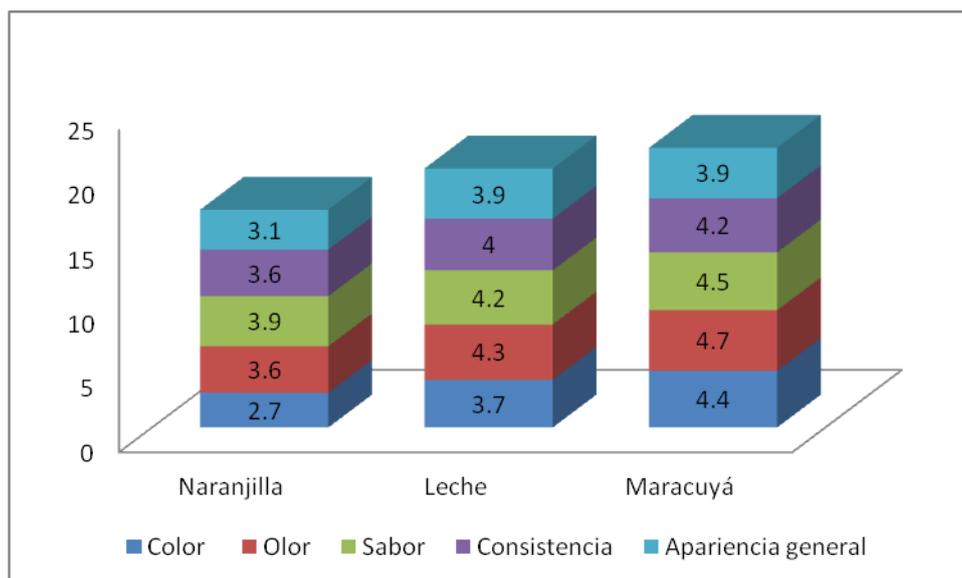


Figura 4.13 Grado de satisfacción de la bebida de amaranto según los diferentes sabores

4.10.3 Barra energética

Se evaluaron las características sensoriales de color, olor, sabor, textura y apariencia general de la barra de amaranto mediante el análisis de varianza y se determinó que no existieron diferencias estadísticas para ninguna variable. El coeficiente de variación de las variables para: color fue de 11,49%, olor 14,98%, sabor 15,58%, textura 22,48% y apariencia general 14,43. Los promedios que presentaron fueron para el color 4,4, para el olor 4, para el sabor 4,13, para la textura 3,8 y para la apariencia general 4,07 (Cuadro 4.38).

Cuadro 4.38 Análisis de varianza de barra energética en respuesta a la adición de tres edulcorantes.

Fuentes de Variación	GL	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia General
Total	29					
Repeticiones (catadores)	9	1,24 ^{**}	1,26*	1,13*	1,27 ^{ns}	1,02*
Tratamientos	2	0,70 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,93 ^{ns}	2,10 ^{ns}	0,23 ^{ns}
Error	18	0,26	0,36	0,41	0,73	0,34
\bar{X} (N°)		4,40	4,00	4,13	3,80	4,07
CV (%)		11,49	14,98	15,58	22,48	14,43

En el cuadro 4.39 se detallan los promedios de cada variable medida, en la evaluación sensorial de la bebida de amaranto determinando diferencias significativas entre los tratamientos de miel de abeja y panela.

Las variables olor, sabor y apariencia general no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Con respecto a la se obtuvieron resultados estadísticamente diferentes entre los tratamientos de miel de abeja y panela.

El grado de satisfacción de la bebida no determino diferencias estadísticas entre los diferentes endulzantes, aunque el tratamiento con miel de panela fue el de mayor puntaje con 20,90/25.

Cuadro 4.39 Promedios del color, olor, sabor, textura, apariencia general en relación a tres edulcorantes en la elaboración de la barra energética.

Tratamientos/ Edulcorantes	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia general	Grado de satisfacción
Miel de maíz	4,50 ab	3,90 a	3,80 a	3,40 ab	4,20 a	20,10 a
Miel de abeja	4,60 a	4,10 a	4,20 a	3,70 b	3,90 a	20,20 a
Panela	4,10 b	4,00 a	4,40 a	4,30 a	4,10 a	20,90 a

En el figura 4.14 se puede evidenciar que las barras energéticas de amaranto causaron un alto el grado de satisfacción en los catadores, sin embargo la barra que obtuvo mayor aceptabilidad fue la barra elaborada con miel de panela como edulcorante con un puntaje de 20,90/25 puntos.

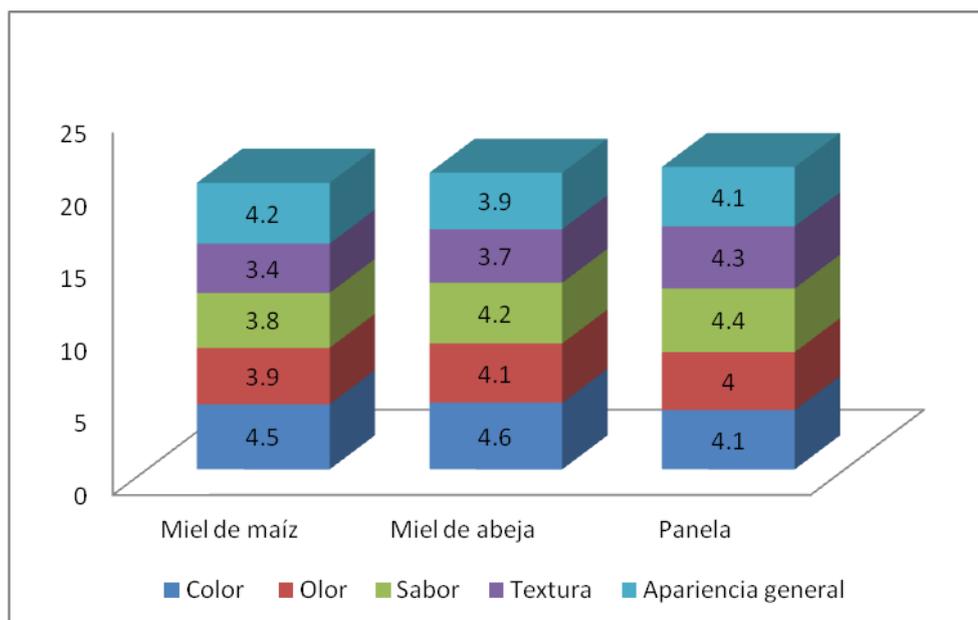


Figura 4.14 Grado de satisfacción de las barras energéticas de amaranto según los diferentes endulzantes.

4.10.4 Cereal

Al establecer el análisis de varianza de las características sensoriales de color, olor, sabor, textura y apariencia general de la cereal de amaranto se determinó que existió diferencia estadística entre tratamientos solamente para el sabor. El coeficiente de variación de las variables para: color fue de 13,34% con una media de 4,4, para el olor el CV fue de 15,58% con un promedio de 4,13, para el sabor el coeficiente de variación fue de 15,58% y su media de 4,13, para la textura el CV fue de 16,95% presentando un promedio de 3,96 y la apariencia general estableció un coeficiente de variación de 15,86% con un promedio de 4,13 (Cuadro 4.40).

Cuadro 4.40 Análisis de varianza del cereal en respuesta a la incorporación de esencias

Fuentes de Variación	GL	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia General
Total	29					
Repeticiones (catadores)	9	1,02*	0,46 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,61 ^{ns}
Tratamientos	2	0,90 ^{ns}	0,93 ^{ns}	2,80**	0,93 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Error	18	0,34	0,41	0,28	0,45	0,43
\bar{X} (Nº)		4,4	4,13	4,10	3,96	4,13
CV (%)		13,34	15,58	12,94	16,95	15,86

En el cuadro 4.41 se detallan los promedios de cada variable medida en la evaluación sensorial del cereal de amaranto estableciendo los siguientes resultados: En cuanto al color se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos, debido a que existió una mayor preferencia de los catadores por el cereal de vainilla. En cuanto al olor no existieron diferencias significativas debido a que el grano de amaranto al ser reventado posee un olor característico muy fuerte. Con relación al sabor los panelistas detectaron diferencias entre la aceptación el pop de vainilla, canela y sin esencia presentando aceptación por todas.

La textura y apariencia general de todos los tratamientos no presentó diferencias significativas, a los panelistas les agrado de igual manera, esto se debe a que estas características no se alteraron al ser solo amaranto expandido.

Cuadro 4.41 Promedios del color, olor, sabor, textura, apariencia general en relación a la adición de 3 esencias en el cereal de amaranto.

Tratamientos/ Esencias	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia general	Grado de satisfacción
Vainilla	4,70 a	4,40 a	4,30 a	3,90 a	4,15 a	21,45 a
Canela	4,10 b	4,20 a	4,50 a	4,30 a	4,20 a	21,30 a
Sin esencia	4,40 ab	3,80 a	3,50 b	3,70 a	4,20 a	19,60 a

En el figura 4.15 se observa que el cereal de amaranto tiene un alto grado de aceptación de los catadores sin establecer diferencias estadísticas, sin embargo el tratamiento que obtuvo mayor puntaje fue el pop con esencia de vainilla con 21,45/25 puntos.

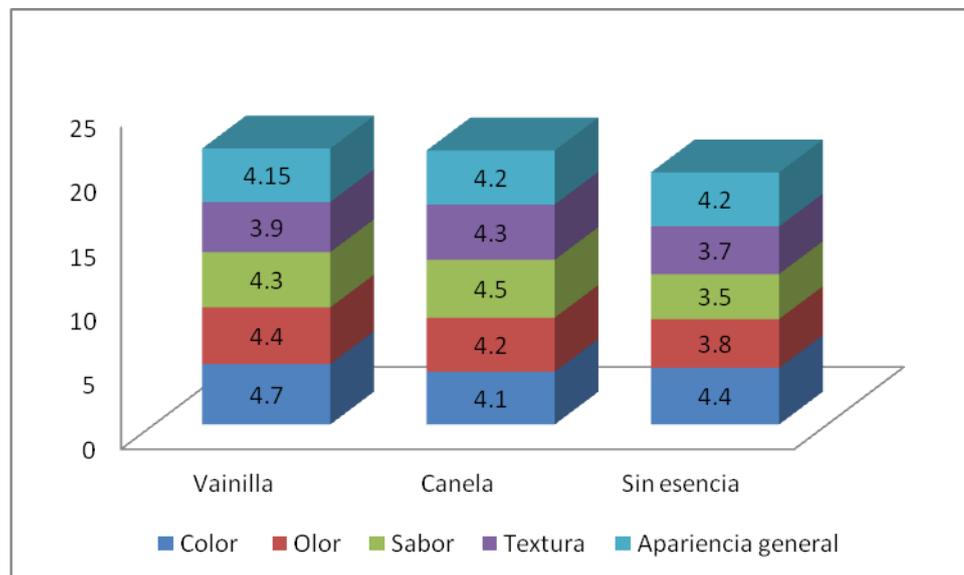


Figura 4.15 Grado de satisfacción del cereal de amaranto según las diferentes esencias.

4.11 Análisis de Laboratorio

4.11.1 Valor nutritivo de los productos elaborados.

De acuerdo a las pruebas sensoriales los tratamientos seleccionados fueron aquellos que mayor grado de satisfacción alcanzaron. El Laboratorio de servicio de análisis en alimentos del INIAP analizó las muestras de los productos elegidos obteniendo la siguiente información: (Cuadro 4.42).

Cuadro 4.42 Valores nutritivos de los productos seleccionados de amaranto (g/100 g).

Parámetro	Barra energética	Galletas	Cereal (Pop)	Bebida ml/100 ml
Proteína (%)	8,66	10,80	14,71	0,57
Humedad (%)	5,33	7,66	0,7	_____
E.L.N (%)	68,51	71,39	_____	_____
Fibra (%)	1,43	5,07	3,00	_____
Grasa (%)	20,01	10,40	8,22	_____
Cenizas (%)	1,39	2,35	2,83	_____
Energía bruta (cal/g)	5368	4837	2595	_____

Porcentaje de inclusión de amaranto: *Barra energética* 12,28%, *Galletas* 16,20%, *Cereal* 100%, *Bebida* 10,18%.

Los productos seleccionados sometidos a prueba, presentan diferencias en cuanto al contenido de calorías, grasa y fibra debido al porcentaje de inclusión de los componentes distintos al amaranto.

Los productos que contienen mayor proporción de amaranto en su composición presentan valores superiores de proteína. Dichos porcentajes son: barra energética 8,66%, galletas 10,80%, cereal 14,71% y bebida 0,57% (Figura 4.16).

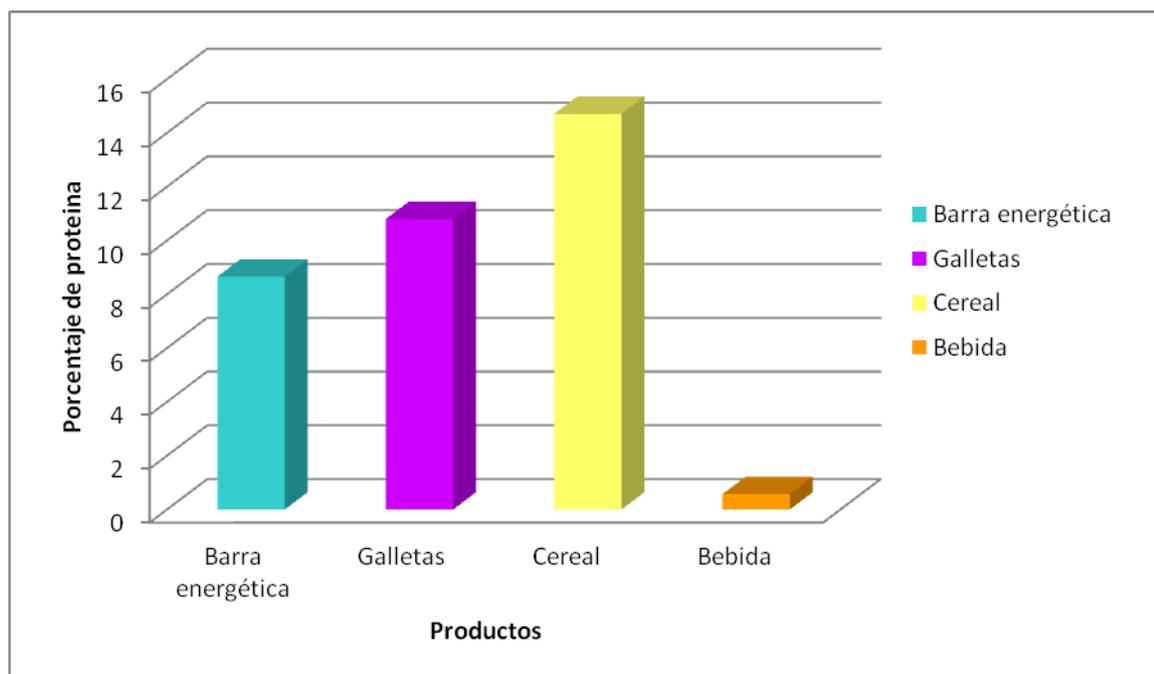


Figura 4.16 Porcentaje de proteína de los productos elaborados a base de amaranto.

En el cuadro 4.43 se comparó el contenido nutricional (proteínas, grasa, carbohidratos, calcio, sodio, hierro y zinc) de una porción de 100 g de los productos elaborados en esta investigación versus productos similares que se encuentran en el mercado.

Cuadro 4.43 Valores nutritivos de los productos seleccionados de amaranto y las referencias comerciales

PRODUCTOS	PROTEINA	GRASA	CARBOHIDRATOS	Ca	Na	Fe	Zn
GALLETAS	%	%	%	%	%	ppm	ppm
Amaranto	10,80	10,40	71,39	0,09	0,03	52	19
Belvita	6,06	12,12	69,69	ns	0,34	30,3	—
BARRA ENERGETICA	%	%	%	%	%	ppm	ppm
Amaranto	8,66	20,01	68,51	0,06	0,18	43	8
El quinde	7,2	5,71	57,14	ns	0,11	Ns	—
BEBIDA	%	%	%	mg/100ml	mg/100ml	µg/100ml	µg/100ml
Amaranto	0,57	—	—	4,05	2,00	425	47
Avena Nestlé	0,5	0,5	13	ns	5	Ns	—
CEREAL	%	%	%	%	%	%	%
Pop de amaranto	14,7	8,22	71,3	2,93	—	0,081	—
Arroz Crocante Mc. Dougal	8,00	0	85,0	0,012	0,36	0,045	0,004

Se pudo constatar que los productos elaborados a base de amaranto tienen altos valores nutritivos superando a las referencias comerciales en niveles de proteína y carbohidratos. Los niveles de calcio y zinc en los productos comerciales no son significativos, mientras que elaborados con amaranto son fuente de estos minerales. En cuanto a los niveles de hierro de los productos elaborados con el grano de amaranto superan a las referencias comparadas.

En la figura 4.17 se observa las diferencias del porcentaje de proteína entre los productos de amaranto y los productos seleccionados que se encuentran en el mercado.

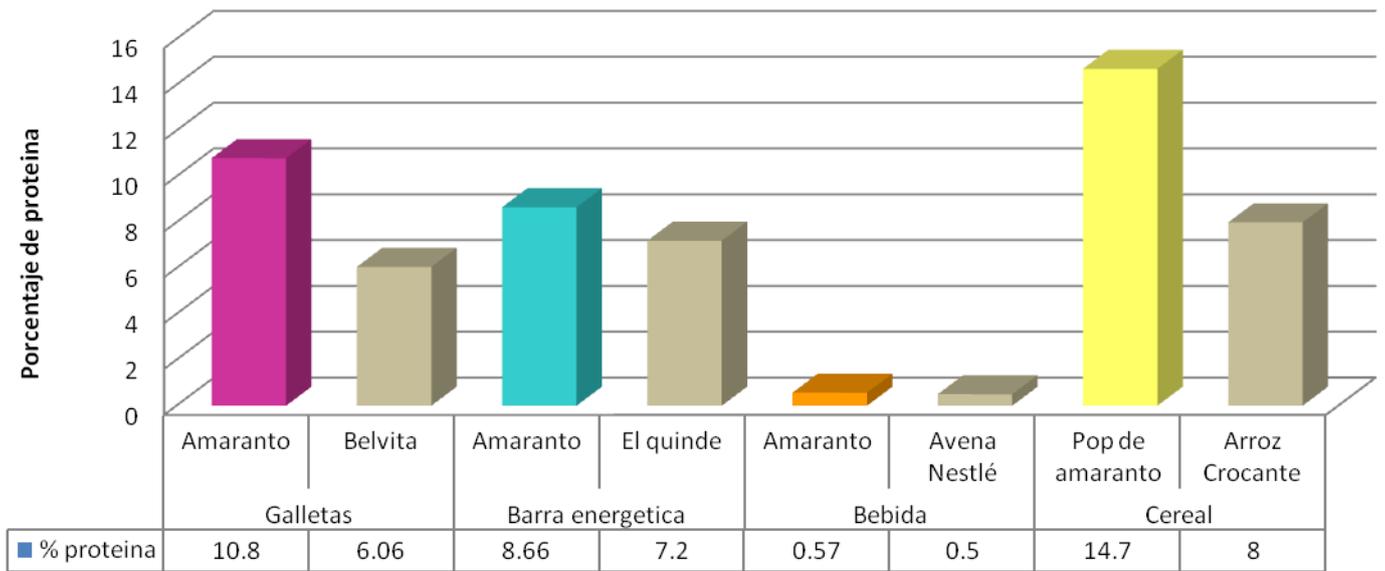


Figura 4.17 Comparación de los niveles de proteína de los productos elaborados a base de amaranto y las referencias comerciales.

V ANÁLISIS ECONÓMICO

Siguiendo la metodología del análisis de presupuesto parcial Perrin *et al*, 1981 se procedió a obtener el beneficio bruto que corresponde al rendimiento del grano de amaranto por su precio en el mercado, por otro lado se procedió a obtener los costos variables que corresponden al valor de la materia orgánica mas la mano de obra para su aplicación (Cuadro 5.1).

Cuadro 5.1 Beneficio bruto, costos variables y beneficio neto de los tratamientos en estudio.

Tratamientos	Beneficio Bruto	Costos Variables	Beneficio Neto
E1T0	701,34	544	157,34
E1T1	778,68	624	154,68
E1T2	944	744	200
E1T3	1490,66	864	626,66
E2T0	882,66	544	338,66
E2T1	1090,66	624	466,66
E2T2	1264	744	520
E2T3	1280	864	416

Colocando los beneficios netos en orden decreciente acompañado de sus costos variables se procedió a realizar el análisis de dominancia donde el tratamiento dominado es aquel que igual o menor beneficio neto presenta un mayor costo variable, de este análisis se determino que los tratamientos no dominados fueron E1T3, E2T2, E2T1 y E2T0. (Cuadro 5.2).

Cuadro 5.2 Análisis de dominancia de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Beneficio Neto	Costos Variables	Tratamiento Dominante
E1T3	626,66	864	
E2T2	520	744	
E2T1	466,66	624	
E2T3	416	864	*
E2T0	338,66	544	
E1T2	200	744	*
E1T0	157,34	544	*
E1T1	154,68	624	*

Con los tratamientos no dominados se procedió a realizar el análisis marginal, determinando que las mejores opciones económicas son: E1T3, E2T2 y E2T1

Cuadro 5.3 Análisis marginal de los tratamientos no dominados

Tratamientos	Beneficio Neto	Costos Variables	Δ Incremento beneficio neto	Δ Incremento costo variable	TIRM
E1T3	626,66	864	106,66	120	0,888833
E2T2	520	744	53,34	120	0,4445
E2T1	466,66	624	128	80	1,6

5.1 ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS PRODUCTOS DE AMARANTO

En el cuadro 5.4 se presenta los valores de beneficio bruto, costos variables, el precio unitario de venta en el mercado y beneficio neto de cada uno de los productos elaborados a base de amaranto. Se determino que los costos variables son distintos debido a los diferentes ingredientes que se utilizan para elaborar los productos y al porcentaje de amaranto que se

incluye en cada uno, además del costo de la mano de obra. Los productos con mayor beneficio neto fueron la barra energética y el cereal. La bebida presento el mas bajo beneficio económico.

Cuadro 5.4 Beneficio bruto, costos variables precio y beneficio neto de los productos elaborados a base de amaranto

Tratamientos	Beneficio Bruto	Costos Variables	Precio unitario	Beneficio Neto
Galletas	4,80	2,40	0,06	2,40
Barra energética	6	1,50	0,50	4,50
Bebida de amaranto	3	2,10	0,60	0,90
Cereal	8	3,50	2,00	4,50

VI CONCLUSIONES.

- La variedad INIAP – Alegría cultivada con los diferentes niveles de incorporación de materia orgánica, en esta investigación, mantuvo los parámetros agronómicos reportados por el INIAP para altura de la planta, días al panojamiento, días a la cosecha y largo de la panoja, mas no en cuanto al rendimiento que fue menor.
- La incorporación de materia orgánica influyó en las variables de: diámetro de la panoja y rendimiento solamente en la época seca. En la época lluviosa, la materia orgánica no tuvo mayor influencia en las variables.
- Las mejores respuestas en cuanto a: el número de plantas/m. lineal (25,31plantas), la altura de planta (91,20cm), los días a la cosecha (128 días) y peso de mil semillas (1069,4 mg), se presentaron en la época lluviosa. Mientras que en la época seca las variables que tuvieron mejor comportamiento fueron: largo de la panoja (34,33cm) y el diámetro de la panoja (6,5cm).
- La época seca y lluviosa ejercieron igual efecto en los días al panojamiento, días a la floración y el rendimiento.
- En la época seca y lluviosa el tratamiento T3 (8t/ha) obtuvo el mayor rendimiento (745,33 kg/ha) y (640 kg/ha) respectivamente.
- El cultivo de amaranto requiere de una humedad adecuada para su óptimo desarrollo durante la germinación de la semilla y su crecimiento inicial, después de esto puede prosperar en ambientes secos, debido a sus propiedades de planta C4.

- Según el análisis económico efectuado, las mejores opciones son: E1T3 (Época seca – 8t/ha), E2T2 (Época lluviosa – 5t/ha) y E2T1 (época lluviosa – 2t/ha).
- Dentro del análisis de evaluación sensorial, los degustadores manifestaron un alto grado de aceptación para todos los productos procesados en esta investigación, sin embargo los que presentaron mayor aceptación fueron: galletas con 30% de inclusión de harina de amaranto, barra energética endulzada con miel de panela, bebida de maracuyá y pop con esencia de vainilla.
- Los niveles de proteína de los productos procesados fueron mayores a los registrados en productos similares que se encuentran en el mercado. El pop de amaranto presentó un porcentaje de proteína 14,71, las galletas un 10,80%, la barra energética 8,66% y la bebida 0,57%, estos porcentajes se basaron en los diferentes niveles de inclusión de amaranto en la formulación de cada producto.
- Los productos elaborados a base de amaranto proporcionan cantidades representativas de calcio, hierro y zinc, elementos importantes en la nutrición humana.
- El cultivo de amaranto tuvo buena aceptación en la zona de Imbabura, donde se realizó el estudio ya que presentó buena adaptación a las condiciones climáticas y a las técnicas de cultivo orgánico que mantiene la comunidad de San Clemente.

VII RECOMENDACIONES

- Se recomienda la siembra de *Amaranthus caudatus* como alternativa para zonas de poco interés agronómico, ya que posee buena adaptabilidad a diferentes ambientes, lo que incluye suelos pobres o áreas desfavorables para otros cultivos de interés económico.
- Se recomienda la incorporación de 8 toneladas/ha en adelante de materia orgánica para obtener mejores rendimientos, especialmente en zonas con baja precipitación anual.
- Realizar investigaciones en el cultivo de amaranto con otras fuentes de materia orgánica y dosis para conocer su comportamiento.
- Se recomienda la inclusión en la dieta diaria del grano de amaranto dado su alto contenido de proteína y balance adecuado de aminoácidos esenciales principalmente lisina, metionina y triptófano junto a su mayor porcentaje de digestibilidad comparado con otros granos.
- Se recomienda la fabricación de productos a base de amaranto (harinas, galletas, pan, tortillas, barras energéticas, cereal y bebidas) como una alternativa para la seguridad alimentaria que haga más accesible este grano a los consumidores.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, M. & Balseca, G. 2005. Evaluación de cuatro líneas de Amaranto negro (*Amaranto* sp) bajo tres densidades de siembra y su aprovechamiento en panificación. Tesis Ing. Agrop. Quito – Ecuador. ESPE. 19 – 24 p.
- Anzaldúa – Morales, A. 1994 La Evaluación Sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza, España. 11-87 p.
- Azcon-Bieto, J & Talon, M. 200. Fundamentos de fisiología vegetal. Edicions Universitat de Barcelona. Barcelona, España. 192 p.
- Benzing, A. 2001. Agricultura Orgánica. Fundamentos para la región andina. Neckar-Verlag. Villingen - Schwenningen. 220 – 230 p.
- Bunay, D. 2009. Respuesta a la Fertilización orgánica en el cultivo de Amaranto (*Amaranthus caudatus*) en el cantón Guano provincia de Chimborazo. Tesis Ing. Agrónomo. Riobamba - Ecuador. ESPOCH. 14 p.
- Cole, J. 1979. Amaranth, from the past for the future, Rodale Press, Pennsylvania, 218 – 227 p.
- Días, M. & Durán, F., 2007. Manual del Ingeniero en Alimentos, Grupo Latino Ltda. Colombia. 457 – 467 p.
- Espinoza, E. 1986 Cultivo del *Amaranthus*. Lima, Peru
- Espitia, R. 1991. Revancha: Variedad mejorada de amaranto para los valles altos de México. Oaxtepec, México 64 p.
- Iturralde, S & Román, P. 2006. Adaptación de 10 líneas de 3 especies del género *Amaranthus*, en Salinas y Pimampiro, Imbabura. Tesis Ing. Agrop. Quito – Ecuador. ESPE. 25 – 33 p.

- Lara, 1999. Estudio del efecto de la expansión para aire caliente en las propiedades físico, químicas, nutricionales y sensoriales de la semilla de amaranto. Tesis Msc. Sc Quito, Escuela Politécnica Nacional. 25- 30 .p
- Lara, N. 2001, Proyecto de microempresa familiar para el desarrollo de productos alimenticios basado en grano de amaranto. Tesis Msc. Quito - Ecuador. 39 – 45 p.
- Monteros, C. Nieto, C. Caicedo, C. Rivera, M. y Vimos, N. 1994 .INIAP-ALEGRIA; Primera Variedad Mejorada de Amaranto para la Sierra Ecuatoriana. Bolentín divulgativo N° 246. 24 p.
- Morales, O. 2000. Evaluación de la fertilización orgánica e inorgánica en el cultivo de amaranto en dos épocas de siembra en Cuernavaca, Morelos. Tesis Profesional. Facultad de ciencias Biológicas Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México – Morelos. 49 p.
- Mujica A., M. Berti, J. Izquierdo. 1997. El cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp.) Producción, mejoramiento genético y utilización. Oficina regional de la FAO para América latina. Consultado 15 sep. 2009. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/home1.htm>.
- National Academy 1984. Amaranth, Modern prospects for an ancient crop, ed. National Academy Press, Washington, D.C. 80p.
- Nieto, C. 1990. El cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp.) una alternativa agronómica para Ecuador. Programa de cultivos Andinos EESC. Quito - Ecuador. 24 p.
- Peralta, E., N. Mazón, Á. Murillo, M. Rivera, C. Monar. 2008. Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinoa, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de producción. Manual N°. 69. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 49-56 p.

- Suquilanda, M. 2006. Agricultura Orgánica. Tercera edición. Abya – Yala. Quito-Ecuador. 7-8 p.
- Stallknecht, G.F. y J.R. Schulz-Schaeffer. 1993. Amaranth rediscovered. p. 211-218. En: J. Janick y J.E. Simon (eds.), New crops. Wiley, New York. Consultado 29 Agost. 2009. Disponible en <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/V2-211.html>.
- Sumar, L. 1982. *Amaranthus caudatus*. El pequeño gigante. Cusco Perú, Universidad Nacional del Cusco. 4-5 p.
- Tapia, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. 2a Edición. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Consultado 3 sep. 2009 Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/index>
- Tovar, L.R., Valdivia, M.A. and Brito, E. (1994). Popping amaranth grain, state of the art In: *Amaranth: Biology, Chemistry, and Technology*, ed. O. Paredes-Lopez. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 143-151.
- Trinidad, A. 1991. El amaranto y su aprovechamiento (Recetario), Centro de Edafología, Colegio de posgraduados, Montecillo, México, 5 -8 p.

