

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



CONTENIDO DE β -CAROTENO, HIERRO Y ZINC EN GENOTIPOS DE
CAMOTE (*Ipomoea batatas* L.) DURANTE EL ALMACENAMIENTO,
COCCIÓN Y ELABORACIÓN DE PAN

Presentada por:

ROSSEMARY VIOLETA CARPIO RAMOS

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE EN
TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Lima – Perú

2016

DEDICATORIA

La tesis está dedicada a mis padres: Lucio Carpio y Gladys Ramos por su gran amor y apoyo en todo momento. Y también a Pastor Paredes por su amor y paciencia.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue desarrollado en el Laboratorio de Calidad y Nutrición y el Laboratorio de Procesamiento perteneciente al Centro de Disciplina de Excelencia de Genética, Genómica y Mejoramiento de Cultivos (DCE-GGCI) del Centro Internacional de la Papa (CIP). El desarrollo del trabajo de investigación fue posible gracias al financiamiento del proyecto Harvest Plus.

Quiero agradecer a mi supervisor Dr. Wolfgang Grüneberg por su valiosa contribución e invaluable dirección y ayuda, el cual ha hecho posible el desarrollo del presente estudio. Así mismo, quiero agradecer de forma especial a la Dra. Gabriela Burgos Zapata por sus excelentes aportes, los cuales me han permitido adquirir conocimientos y experiencia de primera línea sobre los carotenoides. También quiero agradecer a MSc. Lupita Muñoa Chivilchez por su importante ayuda en la ejecución de los análisis de laboratorio. Asimismo agradecer al personal técnico: Roberto Martinez, Daniel Rodriguez, Carlos Salcedo, Wilder Loayza, Jose Velez y Luis Gutierrez equipo liderado por MSc. Federico Diaz Trujillo; por su permanente asistencia en el manejo del campo experimental en las localidades de La Molina y San Ramón.

Un agradecimiento especial a mi patrocinadora MSc. Gladys Tarazona quien en todo momento me brindó su apoyo y orientación para el desarrollo del presente trabajo.

Y por encima de todo, estoy muy agradecida con Dios todopoderoso que ha estado conmigo en todo momento y ha sido mi ayuda, sabiduría y fuerza.

RESUMEN

El camote es uno de los alimentos básicos que han sido asignados para combatir la deficiencia de micronutrientes en especial la deficiencia de vitamina A, hierro y zinc. El presente estudio pretende contribuir con la selección de genotipos para el mejoramiento de la calidad nutricional del camote principalmente en el contenido de β -caroteno, materia seca, hierro y zinc, ayudando a reducir los problemas asociados a la deficiencia de micronutrientes y a la desnutrición de personas provenientes de países en desarrollo. El contenido de β -caroteno, hierro y zinc fueron determinados en 25 genotipos de camote provenientes de La Molina y San Ramón. El contenido promedio de β -caroteno en los 25 genotipos varió en el rango de 7.8 a 21.32 mg/100g PF. El contenido de minerales presente los 25 genotipos de camote presentó un rango de 0.40 a 0.96 mg/100gPF para el contenido de hierro y de 0.24 a 0.50mg/100g PF para el contenido de zinc. En la segunda parte de estudio, el efecto de cocción y almacenamiento sobre el contenido de β -caroteno y materia seca fueron evaluados en ocho genotipos de camote. Los resultados de cocción mostraron que el contenido de β -caroteno vario en el rango de 10.77 a 20.39mg/100g PF en las raíces cocidas por ebullición y de 9.71 a 18.87 en las raíces horneadas. Respecto a los resultados de almacenamiento, el mayor valor de β -caroteno de los genotipos se presentó a las nueve semanas de haber sido almacenadas (24.25mg/100g PF). Los genotipos 440442, 440513 y 440413 presentaron mayor estabilidad del contenido de β -caroteno durante el almacenamiento. Finalmente en la tercera parte de la investigación, el valor nutricional del pan elaborado con harina de trigo (HT) y harina de camote (HC) fueron determinados. Cuatro diferentes tratamientos fueron evaluados acorde a los niveles de sustitución de HT por HC: 70% HT: 30%HC; 80% HT: 20% HC, 90% HT: 10% HC y 100% HT: 0%HC. Por cada tratamiento, los siguientes parámetros fueron evaluados: humedad, proteína, ceniza, grasa, fibra, carbohidratos, β -caroteno, hierro y zinc. Así mismo, se evaluaron los parámetros sensoriales: color de corteza, estructura de la miga, color de miga, textura, aroma y sabor. El análisis de varianza muestra diferencia significativa entre los tratamientos para las variables: humedad, proteína, grasa, fibra, ceniza, carbohidratos y β -caroteno y la prueba de Duncan evidencia que el pan elaborado con los niveles más altos de sustitución de HT por HC (70% HT: 30%HC) presentó el porcentaje más alto en

humedad, fibra, grasa, ceniza y β -caroteno. Para las variables cualitativas, las muestras fueron analizadas por la prueba de Friedman. El análisis presenta en el tratamiento 70%HT: 30%HC una relación intrínseca entre el sabor y el aroma. Sin embargo, la mejor relación con todos los atributos sensoriales fue observado por el tratamiento 80% HT: 20%HC, el cual obtuvo el más alto puntaje en aceptación.

Palabras clave: camote, β -caroteno, hierro, zinc, cocción, almacenamiento, harina de camote.

ABSTRACT

Sweetpotato is one of the staples that have been earmarked by the global initiatives to fight micronutrient deficiency, particularly vitamin A, iron and zinc deficiency. The β -carotene, iron and zinc contents were determined in 25 orange fleshed sweetpotato (OFSP) genotypes produced at two agro-geographical production sites (La Molina and San Ramón). The mean β -carotene content in OFSP root ranged from 7.8 to 21.32 mg/100g FW. The mineral content in fresh roots ranged from 0.40 to 0.96 mg/100g for iron, and 0.24 to 0.50 mg/ 100 g for zinc. In the second part, the effect of cooking and storage on the β -carotene and dry matter content of eight OFSP cultivated in La Molina were investigated. Cooking results showed that β -carotene content varied in the range of 10.77 to 20.39mg /100g FW in boiled roots and 9.71 to 18.87 in baked roots. With respect to storage results, the highest mean of β -carotene was showed at nine weeks of storage (24.25mg/100g FW). The genotypes 440442, 440513 and 440413 had greater stability of β -carotene content during storage. Finally in the third part of the research, the nutritional value of bread made from wheat (WF) and sweetpotato flour (SF) was determinate. Four different treatments were evaluated according to the level of replacement of WF with SF [(1) 100%WF: 0%SF; (2) 90%WF: 10%SF; (3) 80%WF: 20%SF; (4) 70%WF: 30%SF. The analysis of variance showed significant differences between treatments for the variables moisture, protein, fat, fiber, ash, carbohydrates and β -carotene and the DUNCAN test revealed that the bread with the highest substitution of wheat flour (70%WF : 30%SF) has the highest percentage of moisture, fiber, fat, ash and β -carotene. For qualitative variables, the samples were analyzed by the Friedman test. The analysis showed a relationship of intrinsic flavor and aroma to treatment 70%WF: 30SF%. However, the best relate to all the sensory attributes was observed for treatment 80%WF: 20%SF, which obtained the highest acceptance.

Keywords: sweetpotato, β -carotene, cooking, storage, sweetpotato flour.

INDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

INDICE DE

CUADROS

INDICE DE

FIGURAS

INDICE DE

ANEXOS

I. INTRODUCCIÓN

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del camote	1
2.2. Botánica	1
2.3. Importancia del camote	1
2.2.1. Taxonomía	1
2.2.2. Morfología	1
2.4. Composición del camote	2
2.4.1. Materia seca	2
2.4.2. Carbohidratos	2
2.4.3. Fibra dietaria	3
2.4.4. Proteínas	4
2.4.5. Vitaminas	4
2.4.5.1. Carotenoides	4
2.4.5.1.1. Incorporación de los carotenoides en la estructura de las plantas.	5
2.4.5.1.2. Contenido de β -caroteno en alimentos	6
2.4.5.1.3. Factores que afectan el contenido de β -caroteno durante el procesamiento.	7
2.4.5.2. Efecto del ambiente sobre el contenido de β -caroteno.	8
2.4.5.3. Almacenamiento de raíces de camote fresco.	9

2.4.5.3.1. Efecto del almacenamiento de raíces de camote sobre el contenido de β -caroteno.	11
2.4.5.4. Efecto de los tipos de cocción sobre el contenido de β -caroteno.	11
2.4.6. Minerales.	14
2.5. Harina de trigo.	14
2.5.1. Tipos de harina de trigo	15
2.5.2. Proteínas del trigo	15
2.5.2.1. Clasificación y funciones	15
2.5.3. Harina de trigo para la producción del pan	16
2.5.4. Proteínas que influyen en la calidad del pan	17
2.6. Harina de camote.	17
2.6.1. Consumo de pan de camote en el Perú	18
2.7. Evaluación Sensorial	18
2.8. Evaluación de Textura	19

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de la ejecución	22
3.2. Materiales	22
3.2.1. Material genético	22
3.2.2. Material de laboratorio	23
3.2.2.1. Equipo	23
3.2.2.2. Reactivos	24
3.2.3. Materiales para la elaboración del pan	24
3.3. Métodos	24
3.3.1. Preparación de muestra	24
3.3.2. Determinación del contenido de β -caroteno	26
3.3.3. Determinación del contenido de Hierro y Zinc.	26
3.3.4. Obtención de la Harina de Camote	26
3.3.4.1. Muestreo y preparación de la Harina de camote	27
3.3.4.2. Preparación del pan de camote	27
3.3.5. Determinación de las características de la calidad pan	30
3.3.5.1. Determinación del peso	30

3.3.5.2. Determinación del volumen y volumen específico.	30
3.3.5.3. Determinación de la composición proximal	31
3.3.5.4. Determinación del contenido de β -caroteno	31
3.3.5.5. Determinación del contenido de Hierro y Zinc	31
3.3.5.6. Evaluación Sensorial.	31
3.3.5.7. Análisis de Textura	31
3.3.6. Análisis Estadístico	32
3.3.6.1. Contenido de β -caroteno, hierro y zinc en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada evaluado en dos localidades.	32
3.3.6.2. Efecto del almacenamiento y tipos de cocción sobre el contenido de β -caroteno en ocho accesiones de camote de pulpa anaranjada.	33
3.3.6.3. Evaluación nutricional y sensorial del pan de camote.	34
3.3.7. Metodología experimental	34
3.3.7.1. Primera parte: Caracterización de los genotipos.	34
3.3.7.2. Segunda parte: Evaluación del efecto de almacenamiento y tipos de cocción sobre el contenido de β -caroteno.	34
3.3.7.3. Tercera parte: Elaboración del Pan de camote.	35

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contenido de β -caroteno, hierro y zinc en 25 accesiones de camote de pulpa anaranjada proveniente de dos localidades: La Molina y San Ramón.	36
4.1.1. Contenido de materia seca	36
4.1.2. Contenido de β -caroteno	39
4.1.3. Contenido de Hierro	44
4.1.4. Contenido de Zinc	48
4.1.5. Contribución potencial nutricional y requerimientos diarios.	51
4.2. Contenido de Materia seca y β -caroteno en ocho genotipos de camote de pulpa anaranjada evaluando el efecto de almacenamiento y cocción.	52

4.2.1. Efecto de la cocción sobre el contenido de materia seca.	53
4.2.2. Efecto de la cocción sobre el contenido de β -caroteno	56
4.2.2.1. Retención del contenido de β -caroteno en el camote cocido.	58
4.2.2.2. Contenido de pro-vitamina A.	59
4.3. Contenido de Materia Seca y β -caroteno durante el almacenamiento de ocho accesiones de camote.	61
4.3.1. Efecto del almacenamiento sobre el contenido de Materia seca.	61
4.3.2. Efecto del almacenamiento sobre el contenido de β -caroteno	63
4.4. Contenido de β -caroteno, hierro y zinc en el pan de camote elaborado con tres niveles de sustitución de harina de trigo por harina de camote.	66
4.4.1. Harina de camote.	66
4.4.2. Propiedades físicas del pan elaborado con tres niveles de sustitución de harina de trigo por harina de camote.	66
4.4.3. Composición proximal del pan.	68
4.4.3.1. Contenido de Materia Seca.	68
4.4.3.2. Contenido de Proteína.	69
4.4.3.3. Contenido de Fibra.	69
4.4.3.4. Contenido de Cenizas.	70
4.4.3.5. Contenido de Grasa.	70
4.4.3.6. Contenido de Carbohidratos.	71
4.4.4. Contenido de β -caroteno en el pan de camote.	72
4.4.5. Contenido de Hierro y Zinc en el pan de camote.	75
4.4.6. Evaluación sensorial.	75
4.4.7. Análisis del perfil de textura.	77

V. CONCLUSIONES

VI. RECOMENDACIONES

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VIII ANEXOS

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Composición química del camote (en 100 gramos de porción comestible)	1
Cuadro 2	Composición de los carbohidratos (% base seca) en camote fresco y horneado de la variedad Garnet	3
Cuadro 3	Contenido de fibra en camote fresco (en base seca)	3
Cuadro 4	Efecto del procesamiento sobre el contenido de carotenoides expresado en 100g en accesiones de camote de pulpa anaranjada	13
Cuadro 5	Clasificación de las proteínas presentes en la harina de trigo	16
Cuadro 6	Parámetros primarios y secundarios del análisis del perfil de textura	21
Cuadro 7	Genotipos de camote de pulpa anaranjada procedentes del banco de germoplasma.	22
Cuadro 8	Ingredientes utilizados en la elaboración del pan de camote en los cuatro niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC)	30
Cuadro 9	Transformación escalar	32
Cuadro 10	Análisis de varianza para el contenido de materia seca en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada proveniente de La Molina y San Ramón.	36
Cuadro 11	Promedios del contenido de Materia seca (%) en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada.	37

Cuadro 12	Análisis de varianza para el contenido de β -caroteno (expresado en mg/100g BF) en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada proveniente de La Molina y San Ramón.	39
Cuadro 13	Contenido de β -caroteno (mg/100g) expresado en peso fresco en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada proveniente de La Molina y San Ramón.	40
Cuadro 14	Análisis de varianza para el contenido de hierro (expresado en mg/100g BF) en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada proveniente de La Molina y San Ramón.	44
Cuadro 15	Contenido de Hierro (mg/100g PF) en 25 genotipos de camote de pulpa naranjada proveniente de La Molina y San Ramón.	45
Cuadro 16	Análisis de varianza para el contenido de zinc (expresado en mg/100g BF) en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada proveniente de La Molina y San Ramón.	48
Cuadro 17	Contenido de Zinc (mg/100g PF) en 25 genotipos de camote anaranjada de pulpa proveniente de La Molina y San Ramón.	49
Cuadro 18	Nutrientes suministrados por 100gramos de camote (los cálculos fueron hechos usando los factores de Retención del USDA). Cantidades diarias recomendadas de los nutrientes (%) de los nutrientes de ese estado de vida (mg/día) para niños en edades de 4 – 8 años, y la contribución potencial (%) de los nutrientes de ese estado de vida.	52
Cuadro 19	Genotipos selectos para la determinación de β -caroteno y materia seca durante la cocción.	53
Cuadro 20	Análisis de varianza para el contenido de Materia seca (%) en ocho genotipos de camote de pulpa anaranjada proveniente de La Molina.	53

Cuadro 21	Contenido de materia seca (%) en ocho genotipos de camote durante la cocción por ebullición y por horneado.	54
Cuadro 22	Análisis de varianza para el contenido de β -caroteno (mg/100g) en 8 genotipos de camote de pulpa anaranjada durante los procesos de cocción.	56
Cuadro 23	Contenido de β -caroteno (mg/100g PF) en ocho genotipos de camote de pulpa anaranjada durante los procesos de cocción.	57
Cuadro 24	Contenido de pro-vitamina A (μ g RAE/100g PF)	60
Cuadro 25	Genotipos selectos para la determinación de β -caroteno y materia seca durante el tiempo de almacenamiento.	61
Cuadro 26	Análisis de varianza para el contenido de materia seca en ocho genotipos de camote de pulpa anaranjada durante tres tiempos de almacenamiento (días).	62
Cuadro 27	Contenido de materia seca (%) de ocho genotipos de camote durante el almacenamiento.	62
Cuadro 28	Análisis de varianza para el contenido de β -caroteno (mg/100g PF) en ocho genotipos de camote de pulpa anaranjada durante tres tiempos de almacenamiento (días).	64
Cuadro 29	Contenido de β -caroteno (mg/100g PF) en ocho genotipos de camote durante tres tiempos de almacenamiento.	64
Cuadro 30	Propiedades físicas del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC)	68
Cuadro 31	Promedios y límites de confianza (LC) de las medias para las variables utilizadas en la composición proximal de los panes elaborados con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo (HT [†]) por harina de camote (HC [‡]).	72

Cuadro 32	Contenido de materia seca, β -caroteno, pro-vitamina A, hierro y zinc en el pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC).	73
Cuadro 33	Características organolépticas del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote(HC)	76
Cuadro 34	Características de textura en los panes elaborados con los diferentes niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC)	78

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Estructura del retinol y de los carotenoides más comunes con actividad pro-vitamina A.	5
Figura 2	Biosíntesis de los carotenoides en plantas.	6
Figura 3	Espectro característico del β -caroteno por espectrofotometría.	7
Figura 4	Posible esquema de la degradación de los carotenoides	8
Figura 5	Tipo de almacenamiento en Kigali, Rwanda-África.	10
Figura 6	Principales pérdidas durante el almacenamiento ocasionadas por causas: físicas, fisiológicas y biológicas.	11
Figura 7	Curva generalizada del Análisis del Perfil de Textura	20
Figura 8	Almacenamiento de raíces de camote en San Ramón	25
Figura 9	Flujograma de la elaboración de harina de camote	27
Figura 10	Flujograma de la elaboración de pan de camote	28
Figura 11	Distribución del material vegetal para el análisis de las muestras crudas y cocida	35
Figura 12	Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de Materia seca (%) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha= 5\%$.	38
Figura 13	Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de β -caroteno (mg/100g PF) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha= 5\%$	41

Figura 14	AMMI Biplot para el contenido de β -caroteno (mg/100g PF) de los 25 genotipos de camote en dos localidades: La Molina y San Ramón.	42
Figura 15	Cromatograma del genotipo 440442 que presenta alto contenido de β -caroteno.	43
Figura 16	Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de Hierro (mg/100g PF) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha= 5\%$	46
Figura 17	AMMI Biplot para el contenido de Hierro (mg/100g PF) de los 25 genotipos de camote en dos localidades: La Molina y San Ramón.	47
Figura 18	Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de Zinc (mg/100g PF) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha= 5\%$.	50
Figura 19	Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de Materia seca (%) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha= 5\%$	55
Figura 20	Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de β -caroteno (mg/100g PF) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha= 5\%$.	57
Figura 21	Porcentaje de retención de β -caroteno en ocho genotipos de camote cocido.	58
Figura 22	Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de Materia seca (%) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha= 5\%$	63
Figura 23	Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de β -caroteno (mg/100g PF) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha= 5$	65
Figura 24	Pan de camote elaborado bajo cuatro tratamiento: (1) 70%HT: 30% HC; (2) 80% HT: 20% HC; (3) 90% HT: 10% HC y (4) 100% HT: 0% HC.	73

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Análisis de carotenoides	79
Anexo 2	Análisis de minerales (hierro y zinc) por ICP-OES.	82
Anexo 3	Hoja de degustación.	83
Anexo 4	Almacenamiento de raíces de camote en la Localidad de San Ramón.	84
Anexo 5	Elaboración de pan de camote.	85
Anexo 6	Parámetros registrados en la elaboración de pan de camote en los cuatro niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC).	86
Anexo 7	Análisis de textura y análisis de sensorial.	87
Anexo 8	Contenido de materia seca en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada provenientes de la Molina y San Ramón.	88
Anexo 9	Contenido de B-caroteno en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada provenientes de la Molina y San Ramón.	94
Anexo 10	Contenido de Hierro en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada provenientes de la Molina y San Ramón.	100
Anexo 11	Contenido de Zinc en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada provenientes de la Molina y San Ramón.	106

Anexo 12	Contenido de materia seca durante la cocción en ocho genotipos de camote.	112
Anexo 13	Contenido de β -caroteno durante la cocción en ocho genotipos de camote.	114
Anexo 14	Contenido de Materia seca durante el almacenamiento de ocho genotipos de camote.	116
Anexo 15	Contenido de β -caroteno durante el almacenamiento de ocho genotipos de camote.	118

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, se ha alcanzado extraordinarios logros con el camote de pulpa anaranjada en las zonas empobrecidas del África, donde la carencia de vitamina A condena a millones de niños a la ceguera. En nuestro país se viene haciendo trabajos de mejoramiento del camote, ya que el Perú es considerado un centro secundario de biodiversidad de este cultivo por conservar una variabilidad genética muy rica, lo que facilita la investigación científica. Es así, que en la estación de San Ramón, científicos peruanos vienen seleccionando diversos genotipos de camote de pulpas anaranjadas, moradas y blancas de la colección de camote del banco genético las que son recombinadas, generando nuevas poblaciones, con mejores características agronómicas y nutricionales; las investigaciones del Centro Internacional de la Papa (CIP) no se limitan con lo antes descrito; sino más bien, se está aprovechando las condiciones sub-tropicales de San Ramón y se espera que en un plazo de 6 años se logre tener sembrada allí toda la colección de camote, no solo del Perú y América Latina, sino de otras partes del mundo y contar también con un duplicado in Vitro (en tubos de ensayo) de todas las accesiones del banco genético. Sin embargo, aún persiste el problema del bajo consumo de raíces y tubérculos en relación a los cereales. Pasar de una dieta de alimentos frescos, ricos en fibra y micronutrientes como son las raíces y tubérculos a una dieta basada en arroz y harina refinada, ha generado la proliferación de enfermedades cardiovasculares, diabetes y anemia. Por consiguiente, se están realizando esfuerzos para fomentar la explotación de posibilidades alimentarias y económicas que ofrecen los cultivos locales como las raíces y los tubérculos. El camote y otras raíces protagonizan un rol trascendental y definitivo en este afán de superar la dependencia alimentaria por sus ventajas comparativas, económicas y nutritivas.

Si bien es cierto, todos los tipo de camote son considerados fuente importante de carbohidratos, fibra y muchos micronutrientes como el hierro y zinc; las variedades de pulpa anaranjada son aún más resaltantes, por ser fuente rica en β -caroteno, que es el precursor de la vitamina A.

Por esta razón, el camote es un alimento que contribuye a combatir la desnutrición y malnutrición de micronutrientes; cuando mayor es el consumo de camote de pulpa anaranjada, existe un impacto significativo en la deficiencia de vitamina A y contribuye a disminuir significativamente la ceguera, entre otras enfermedades.

Varios factores del ambiente influyen en la calidad y contenido de nutrientes de un cultivo; además de los factores ambientales, existe también la probabilidad de que estos interactúen a la vez con los factores genéticos, causando la llamada interacción genotipo por ambiente (G x A) (Bonierbale et al. 2010). Esta situación hace que las variedades respondan de manera diferente ante un determinado ambiente, ocasionando que no sólo varíen los macro-nutrientes del cultivo, sino también se vean afectados los metabolitos secundarios como son los carotenoides. Además del ambiente, existen otros factores de post-cosecha como el procesamiento y el almacenamiento, que afectan el contenido de los nutrientes en el camote. Se han llevado a cabo estudios sobre el efecto de almacenamiento y cocción en papa y otros tubérculos, sin embargo no hay información suficiente sobre el efecto del almacenamiento en el contenido de β -caroteno y materia seca en genotipos de camote de pulpa anaranjada. La información sobre la cuantificación del contenido de β -caroteno en genotipos de camote que se desarrollan en lugares diferentes, permitiría mejorar la cantidad de estos compuestos a través de estudios de caracterización y/o mejoramiento genético, o de manejo agronómico. De la misma manera, el estudio sobre el efecto de la cocción y el almacenamiento convencional sobre contenido de β -caroteno, nos permitiría determinar el potencial de los genotipos de camote de pulpa anaranjada en la dieta alimentaria del ser humano.

Hoy en día, el Perú viene afrontando el problema de la importación de trigo, producto que constituye uno de los rubros más importantes en volumen y costo de importaciones de alimentos. Este hecho obedece a que el trigo es materia prima para la elaboración de diversos tipos de alimentos entre ellos el pan, principal componente de la canasta familiar. Por esa razón, se viene realizando la búsqueda de soluciones alternativas a este problema, tratando de conseguir productos sucedáneos al trigo que a la vez sean económicos y conserven o mejoren las características nutricionales y de calidad del pan.

Muchos estudio se han realizado sobre la sustitución de harina de trigo por harina proveniente de otros tubérculos midiendo diferentes parámetros; sin embargo no existe información sobre el contenido de micronutrientes (β -caroteno, hierro y zinc) y la correlación entre el análisis sensorial y textura en pan elaborado con tres niveles de sustitución de harina de trigo por harina de camote. El presente estudio pretende contribuir

con el aprovechamiento óptimo de los recursos alternativos con que cuenta el país y así contribuir con la mejora en la alimentación y en la economía de la población.

La tesis se desarrolló en base a los siguientes objetivos:

- Determinar el contenido de β -caroteno hierro y zinc en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada procedentes de las localidades de La Molina y San Ramón.
- Evaluar el efecto del almacenamiento y tipos de cocción en 8 genotipos selectos sobre el contenido de β -caroteno.
- Determinar el contenido de β -caroteno, hierro y zinc en el pan elaborado en tres niveles de sustitución.
- Evaluar el análisis sensorial del pan en pan elaborado en tres niveles de sustitución.
- Determinar la textura del pan elaborado en tres niveles de sustitución.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ORIGEN DEL CAMOTE

Todas las evidencias indican que el origen del camote es el continente americano, encontrándose el fósil más antiguo en el Perú (Montaldo 1991; Del Carpio 1995). En cuanto al origen genético se ha determinado afinidades de *Ipomoea batatas*, con una serie de *Ipomoea silvestre*, la mayor parte de origen americano (Martin y Jones 1986), mencionados por Andreoni et al. (1990).

2.2 BOTÁNICA

2.2.1 Taxonomía: El camote tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Tipo	: Fanerógamas
Subtipo	: Angiosperma
Clase	: Dicotiledóneas
Subclase	: Metaclamideas
Orden	: Convolvuláceas
Familia	: Convolvuláceas
Género	: <i>Ipomoea</i>
Especie	: <i>Ipomoea batatas</i> .

2.2.2 Morfología:

El camote es una planta perenne, herbácea con tallos que presentan gran variación en cuanto al grosor, largo y espacios internodales. Los cultivares que prevalecen son de hábito de crecimiento rastrero con tallos largos, finos a medianos, y con espacios internodales largos o medios. No obstante esta tendencia, es bastante común encontrar cultivares con tallo relativamente cortos y gruesos, con espacios internodales semirectos o erectos.

2.3 IMPORTANCIA DEL CAMOTE

El camote es un importante cultivo por presentar altos contenido de carbohidratos variando su composición química en función a la variedad, suelo, condiciones climáticas, estación de año, almacenamiento entre otros factores (Cardenas 1991; Huamán 1993 y Del Carpio 1995). Dentro de la diversidad de colores que presenta el camote encontramos tres grupos según color de pulpa: color naranja, morado y blanco, siendo este último grupo los que presentan mayor contenido de materia seca que las de pulpa naranja es decir, su coeficiente de correlación entre materia seca y contenido de almidón es positivo mientras su correlación con el contenido de azúcares es negativa (Hamilton et al. 1986). En el Perú, el camote es un alimento popular, aproximadamente el 80% se destina para el consumo directo siendo las formas más habituales de consumo el sancochado, frito en hojuelas y horneado (Burga 1987). Las propiedades nutritivas de la harina de camote y las variedades según el color de pulpa están expresadas en el Cuadro 1. En la industria, el camote puede tener diversos usos como: obtención de almidón, harina, hojuelas fritas, camote enlatado entero en trozos, producción de alcohol etílico, extracción de β -caroteno, etc. Así mismo, en la industria farmacéutica el almidón de camote es utilizado para dar forma y consistencia a las pastillas (Villarreal y Griggs 1982).

Cuadro 1: Composición química del camote (en 100 gramos de porción comestible)

Componentes	Variedades			
	Amarilla	Blanca	Morada	Harina de camote
Calorías (cal)	116	119	110	353
Agua (g)	69.9	68.8	71.6	1
Proteína (g)	1.2	1.7	1.4	2.1
Extracto etéreo (g)	0.2	0.1	0.3	0.9
Carbohidratos (g)	27.6	28.3	25.7	84.3
Fibra (g)	1	0.9	0.9	1.8
Ceniza (g)	1.1	1.1	1	2.8
Calcio (mg)	41	26	36	153
Fosforo (mg)	31	33	40	99
Hierro (mg)	0.9	2.5	1.4	5.7
Caroteno (mg)	0.3	0.1	0.1	10
Tiamina (mg)	0.1	0.1	0.1	0.2
Riboflavina (mg)	0.1	0.1	0.1	0.2
Niacina (mg)	0.6	0.7	0.8	1.7
Ac. Ascórbico (mg)	10	12.9	13.6	8

Fuente: Collazos et al. (1993).

2.4 COMPOSICIÓN DEL CAMOTE

2.4.1 Materia seca:

El camote usualmente contiene alrededor del 25% de materia seca, el contenido exacto depende de los siguientes factores: la selección genética, el balance de agua en la cosecha, el tiempo de almacenamiento y los factores fisiológicos internos. Woolfe (1992) afirma que en la práctica, la composición química promedio del camote es extremadamente variable y la concentración de cada componente depende de uno o más de los mismos factores que influyen el contenido de materia seca. El camote produce mayor cantidad de energía comestible, proteína y materia seca en términos de producción por hectárea y por día que cualquier otro cultivo (Horton et al. 1989) citado por Cárdenas y Huamán (1993). Por otro lado, Bradbury y Holloway (1988) señalan que la producción de materia seca del camote y las raíces en general dependen de la actividad fotosintética de las hojas, la habilidad de la planta para translocar lo asimilado desde las hojas hasta la raíz, y la capacidad de las raíces para capturar lo asimilado. Truong (1987), citado por Cárdenas y Huamán (1993) afirman que la amplia variación en el contenido de materia seca presente por este cultivo, hace que sea adecuado para su transformación en una amplia gama de productos que pueden incluir: bocaditos, postres, mermeladas, bebidas, salsas, entre otros; los cuales ya se producen tradicionalmente en otros países. Miranda y Maluf (1994), señala que por factores económicos y razones de preferencia los tipos de camote para la industria deben ser de un alto contenido de materia seca.

2.4.2 Carbohidratos:

El camote recién cosechado contiene entre 16 - 40% de materia seca (Collins y Walter 1985) siendo el 75 - 90% carbohidratos constituidos por almidón, azúcares, celulosa, pectina y hemicelulosa (Cuadro 2). Los datos de la composición de carbohidratos deben ser tomados como valores aproximados debido a la alta variabilidad entre los cultivares afectados por factores genéticos, ambientales, condiciones de almacenamiento y preparación del alimento. Durante el calentamiento hasta un 95% del almidón podría ser degradado en dextrinas y maltosa, estos cambios son atribuidos a la acción del alfa y beta amilasas los cuales están naturalmente presentes en las raíces. (Badui 2006). Estas enzimas están involucradas en la movilización de carbohidratos en la respiración durante el almacenamiento, pero ciertamente no llegan a ser activos en su totalidad hasta que el

almidón este gelatinizado. Ambas enzimas parecen tener tolerancia apreciable a temperaturas altas y permanecerá activa durante varios minutos a temperaturas que rompen los gránulos de almidón. La cantidad de enzimas y consecuentemente la magnitud de la conversión de los carbohidratos durante la cocción varía acorde al cultivo y los tratamientos de post-cosecha así como las condiciones de cocción.

Cuadro 2: Composición de los carbohidratos (% base seca) en camote fresco y horneado de la variedad Garnet.

Componentes	Camote fresco	Camote horneado
Almidón	46.20	2.60
Azúcares	22.40	37.60
Hemicelulosa	3.80	1.00
Celulosa	2.70	2.50
Pectina insoluble en agua	0.47	0.31

Fuente: Shen y Sterling (1981)

2.4.3 Fibra dietética:

El contenido de pectina insoluble, celulosa, hemicelulosa y la lignina son clasificados como fibra dietética (Cuadro 3). Recientemente, existe mayor interés en el estudio de la fibra dietética debido a estudios que demostraron que el incremento de su consumo reduce la incidencia de enfermedades como el cáncer al colon, diabetes, enfermedades del corazón y ciertas enfermedades digestivas (Collins y Walter 1985). Aunado a este estudio, Jones et al. (1980) señalan que el contenido de fibra en las raíces tiene una relación directa con el tamaño de las mismas donde las raíces grandes presentan niveles de fibra significativamente más altos que las pequeñas.

Cuadro 3: Contenido de fibra en camote fresco (en base seca)

Componentes	Lund y Smoot^a	Shen and Sterling^b
Celulosa	3.76	3.26
Hemicelulosa	0.46	4.95
Pectina insoluble	-----	0.5
Lignina	0.44	

^a Cultivar no identificado

^b Cultivar Jersel

Fuente: Collins y Walter (1985)

2.4.4 Proteína:

Las raíces de camote presentan rangos entre 1.3 a 10% de proteínas en base seca, la variabilidad del contenido de proteínas va a depender de las prácticas de producción así como también de las condiciones ambientales y factores genéticos (Constantin et al. 1974). En cuanto a la distribución, las proteínas se encuentran igualmente distribuidas en toda la raíz, no existiendo diferencias significativas en la distribución circunferencial y radial (Collins y Walter, 1985). La globulina es la proteína del camote llamada también *Ipomeina*, la cual es convertida parcialmente en un polipéptido que es considerablemente diferente de la globulina original en sus propiedades físicas y químicas durante el almacenamiento. El cultivar y la selección genética son los mayores factores que influyen en el contenido de proteínas en las raíces (Collins y Walter 1985).

2.4.5 Vitaminas:

El camote es considerado buena fuente de vitamina C (ácido ascórbico). Los camotes contienen valores de 23.5 y 33.3mg de vitamina C expresado en peso fresco en los cultivares: Triumph y Hall, según una investigación realizada por Florence y Dorothy (1942). Por otro lado, Ikanone (2014) demostró que el contenido de vitamina C es retenido entre el 60 y 90% en las raíces de camote durante los procesos de cocción. Y Barrera (2010) demostró que la ebullición y el almacenamiento de raíces de camote por 6 meses ocasionan una pérdida del 20% y 40% respectivamente. La importancia del contenido de vitamina C y β -caroteno radica en el rol que cumplen como antioxidantes, el cual ayuda a eliminar los radicales libres. Los radicales libres son moléculas que deterioran a las células y las membranas celulares, además se las asocian con el desarrollo de afecciones como cáncer de colon, la aterosclerosis y enfermedades cardíacas (Roomi et al. 2005).

2.4.5.1 Carotenoides:

Los carotenoides forman parte de la familia de los terpenos. La estructura básica de los carotenoides es un tetraterpeno de 40 carbonos, simétrico y lineal formado a partir de ocho unidades isoprenoides de 5 carbonos unidos de manera tal que el orden se invierte al centro. Los carotenoides se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, los cuales incluyen más de 600 estructuras sintetizadas por las plantas (Lee et al. 1989; Rodriguez 1997). El color varía de amarillo a rojo (Simon 1997). Los grupos de los carotenoides incluyen a los carotenos (no-polar) y las xantofilas (polar) (Rodriguez 1997).

Un anillo β no sustituido con una cadena poliénica de 11 carbonos es el requerimiento mínimo para la actividad de la vitamina A (Rodríguez 1997; Tanumihardjo 2002). Rodríguez (2001), menciona que la cadena poliénica constituida por un sistema de dobles enlaces conjugados forma la base de los cromóforos, el cual es responsable de la capacidad de absorber luz en la región visible y en consecuencia su gran capacidad de coloración. El β -caroteno es responsable del color naranja, aunque tienen el mismo número de dobles enlaces conjugados que el licopeno. La intensidad y matiz de los colores en los alimentos dependen de: qué tipo de carotenoide este presente, su concentración y de su estado físico. La capacidad de los carotenos para actuar como provitamina A depende de la conversión en retinol en el sistema digestivo, así como de la presencia del anillo β -ionona. El carotenoide más importante es el β -caroteno porque contiene dos de estos anillos, es así que consigue la más alta actividad de provitamina A (100%). La actividad biológica del anillo de β -ionona puede cesar por la introducción de un grupo hidroxilo es así que la zeaxantina al poseer dos anillos de β -ionona hidroxilados no puede actuar como provitamina (Figura 1).

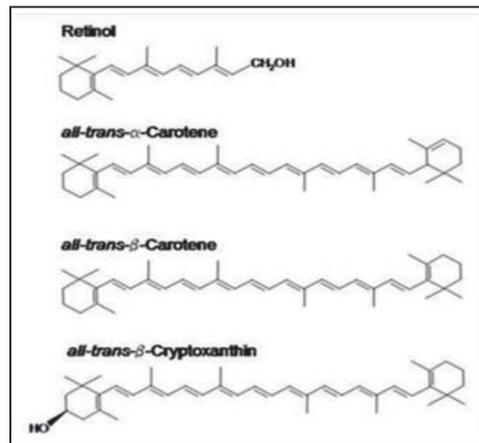


Figura 1: Estructura del retinol y carotenoides más comunes con actividad pro-vitamina A.

Fuente: National Academy of Sciences/Institute of Medicine (2001).

2.4.5.1.1 Incorporación de los carotenoides en la estructura de las plantas

La ruta biosintética en la formación de los carotenoides en las plantas se inicia con la condensación de las moléculas de pirofosfato, el cual es común en la formación de muchos terpenoides (Figura 2). En las frutas o en otras partes de la planta como las raíces, los carotenoides están localizados en los cromoplastos. Sin embargo, en las hojas o en los vegetales verdes, los carotenoides se encuentran en los cloroplastos, allí se encuentran

ligados con las proteínas y las clorofilas, la cual enmascara el color naranja de los carotenoides (Rodríguez 1997). Los cromoplastos usualmente derivan de los cloroplastos. La estructura de los cromoplastos en raíces de camote no es aun conocida; sin embargo la estructura fibrilar podría ser más resistente por la asociación entre las proteínas y los carotenoides. Se cree que la estructura y la asociación de sus constituyentes podrían tener un impacto sobre la estabilidad de los carotenoides en el procesamiento y en su absorción en el cuerpo (Vishnevetsky et al. 1999).

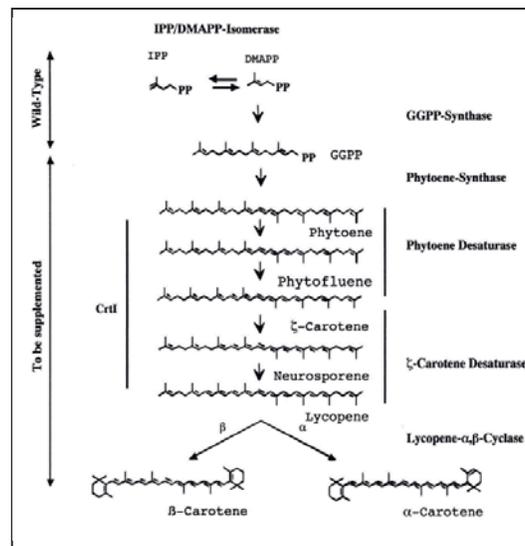


Figura 2: Biosíntesis de los carotenoides en plantas.

Fuente: Penna y Pogson (2006).

2.4.5.1.2 Contenido de β-caroteno en los alimentos

El β-caroteno es la más abundante provitamina A en los alimentos. La capacidad para actuar como provitamina A depende de la conversión en retinol por los animales y además de la presencia del anillo β-ionona. En la actualidad el término provitamina A se usa para todos los carotenoides que presentan cualitativamente la actividad del β-caroteno. Además, existe la posibilidad de isomería *cis/trans*; los isómeros *cis* presentan menor actividad provitamina A que las *trans*. Por lo tanto, es importante evitar la formación de isómeros *cis* durante el procesamiento de alimentos ricos en carotenoides.

Respecto a la absorción, se estima que del 10 al 50% del β-caroteno proveniente de los alimentos es absorbido por el tracto gastrointestinal y posteriormente convertida en vitamina A en la pared intestinal. La eficiencia de la absorción disminuye a medida que aumenta la ingesta. La conversión de vitamina A es regulada por el estatus de la vitamina

A en el individuo. La acumulación del β -caroteno no es tóxica, lo que es considerado como una fuente segura de vitamina A. (Roche Laboratories 1994). Recientemente se ha puesto de manifiesto la relevancia de este compuesto al haberse demostrado que desempeña un rol importante en la prevención de diversas enfermedades degenerativas humanas. Analíticamente, el color de los carotenoides es un factor importante ya que el cambio de color durante el análisis es un indicativo de la degradación de los carotenoides o una posible modificación estructural de los pigmentos (Rodríguez 2001). El sistema de dobles enlaces conjugados hace que ellos aparezcan en la zona visible (amarillo - rojo) del espectro. El espectro del β -caroteno consiste en tres picos los cuales son: 425nm, 450nm y 476nm en éter de petróleo como se muestra en la Figura 3.

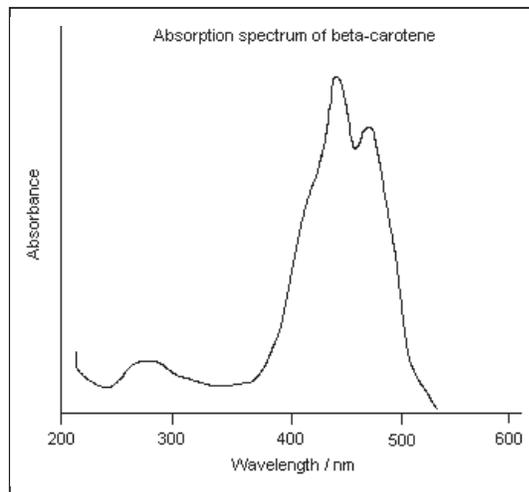


Figura 3: Espectro característico del β -caroteno por espectrofotometría.

Fuente: Rodríguez (2004)

2.4.5.1.3 Factores que afectan el contenido de β -caroteno durante el procesamiento

La ruptura de la matriz celular de los alimentos durante el procesamiento hace que los carotenoides sean más vulnerables a la degradación por oxidación (K'osambo et al. 1998). La luz, el calor, la auto-oxidación durante el procesamiento, son factores causantes de la degradación de los carotenoides. La degradación de los carotenoides también han sido asociados con el desarrollo del mal sabor de algunos alimentos, tal caso se representa en la deshidratación de zanahorias y en las hojuelas de camote (Falconer et al. 1964).

La degradación química de los carotenoides en el procesamiento se da por isomerización y oxidación (Figura 4). La oxidación enzimática y no enzimática (auto oxidación) son los mayores causantes de la pérdida de la actividad de pro-vitamina A durante el procesamiento y el almacenamiento. La oxidación se da por la generación de los radicales libres. Los radicales libres son los electrones impares altamente inestables generan reacciones en cadena que dañan las células (Chandler y Schwartz 1988). El β -caroteno puede reaccionar directamente con el oxígeno singlete. El oxígeno singlete en su estado excitado (en el aire) puede iniciar reacciones de radicales libres con los componentes orgánicos que se presentan en los alimentos.

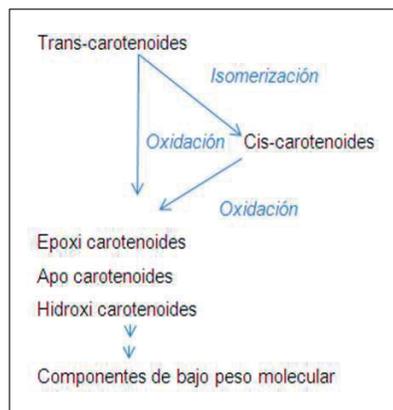


Figura 4: Posible esquema de la degradación de los carotenoides.

Fuente: Rodriguez y Kimura (2004)

2.4.5.2 Efecto de ambiente sobre el contenido de β -caroteno

A pesar de la amplia adaptabilidad del camote frente a difíciles condiciones ambientales, estudios demostraron que el contenido de nutrientes como: proteínas, carotenoides, azúcares se ven afectados por las diversas condiciones ambientales (Woolfe 1992; Grüneberg et al. 2005). Un estudio realizado por Ndirigwe (2005) demostró que los niveles de β -caroteno en raíces de camote incrementaron cuando se sembradas en localidades de mayor altitud. Por lo tanto, las condiciones ambientales, los factores genéticos y las estrategias del manejo cultural pueden causar efecto significativo en el contenido de β -caroteno en variedades de camote (K'osambo et al. 1998; Kopsell y Kopsell 2006). Los estudios realizados por Woolfe (1992) demostraron que las características de calidad del camote son sensibles a las variaciones ambientales a pesar de su gran adaptabilidad.

2.4.5.3 Almacenamiento de camote fresco

El camote es considerado un cultivo perecible, por su alto contenido de humedad (60 a 70%) y su contenido de azúcares (4 a 15%) además de su delicada piel. Posteriormente a la cosecha, las raíces de camote empiezan el proceso de ablandamiento. Sin embargo, cuando el camote es procesado en pequeños trozos y secados al sol puede almacenarse por largos periodos de tiempo. Actualmente, existen diversas formas de almacenamiento de la raíz fresca; en Bangladesh, Vietnam y Nigeria, las raíces son apiladas dentro de las casas siendo cubiertas con paja de arroz o hierba seca; en algunos lugares utilizan la ceniza para prevenir la descomposición por hongos. Este tipo de almacenamiento produce grandes pérdidas con un tiempo de vida no más de 4 meses. En Malawi, se suele almacenar las raíces en pozos debajo de los graneros de maíz. En la India, los pobladores excavan un hoyo en una de las esquinas de su casa luego forran el hoyo y colocan las raíces de camote y las cubren con una capa de paja de arroz y finalmente las cubren con una capa de barro. Las razones porque deciden almacenar el camote son:

- El campo está disponible para cultivar otro producto.
- La familia pueda consumir raíces de camote fresco por más tiempo después de la cosecha.
- Reduce el nivel de pérdidas de las raíces de camote por gorgojo.
- También es utilizado como un alimento de emergencia brindando un suministro adicional de dinero durante la estación seca.

Para que el almacenamiento en forma convencional sea adecuado, se debe seleccionar las raíces de primera calidad sin presentar signos de daños por plagas, ya que las raíces dañadas son mucho más susceptibles a enfermedades durante el almacenamiento. Evitar la acumulación de temperatura dentro de los almacenes los cuales deben ser situados bajo sombra y en lugares donde se evite la inundación por el agua durante la lluvia. El monitoreo regularmente ayuda a comprobar si las raíces han sufrido daños por putrefacción o daños por roedores, si es así, deben ser descartadas evitando el contagio a las demás raíces. Existen dos formas convencionales de almacenamiento: el de fosa y el de abrazadera (Figura 5)



Figura 5: Tipo de almacenamiento en Kigali, Rwanda-África.

Fuente: Low 2014.

Las pérdidas durante el almacenamiento se dan principalmente por tres causas: físicas, fisiológicas y biológicas:

Dentro de las causas físicas:

- Daños mecánicos: Cortes, contusiones causadas durante la cosecha, transporte o comercialización.
- Agrietamiento: a menudo causado por daño producido por nematodos del suelo.
- Congelamiento: Suelos húmedos y fríos o posterior exposición a temperaturas inferiores a 13°C, ocasionando la descomposición del tejido y la presencia de un sabor ácido en la raíz.

Dentro de las causas fisiológicas:

- La respiración: Contribuye con la pérdida de peso en las raíces y la alteración de la apariencia, los daños físicos en la raíz puede incrementar la tasa de respiración y la pérdida de peso. Las variedades con alto contenido de materia seca presentan menos pérdida de peso después de la cosecha. La tasa de respiración es mayor a temperaturas altas.
- Brotación: Si las raíces son almacenadas a altas temperatura y alto contenido de humedad, el proceso de germinación ocurre muy rápidamente.

Dentro de las causas biológicas:

- Plagas: El gorgojo del camote es una plaga que ataca a la raíz en el campo y en la post-cosecha. Los daños ocasionados en la raíz por el gorgojo, no sólo hace uno agujeros desagradables en la raíz sino también genera un sabor amargo y olor desagradable que se desarrolla en la raíz.

- Enfermedades: Descomposición fúngica y bacteriana (el acceso se da a través de las heridas ocasionadas durante la recolección o daños por gorgojo o por medio de materiales de siembra infectados), como resultado ocasiona áreas hundidas y suaves durante el desarrollo de la raíz, también causa un sabor amargo (Stathers. et al. 2013)



Figura 6: Principales pérdidas durante el almacenamiento ocasionadas por causas: físicas, fisiológicas y biológicas. **Fuente:** (Stathers et al. 2013)

2.4.5.3.1 Efecto del almacenamiento de las raíces de camote sobre el contenido de β -caroteno

Pocos estudios se han realizado sobre la retención de β -caroteno en raíces de camote almacenadas en forma convencional. A diferencia de las raíces procesadas el contenido de β -caroteno en las raíces almacenadas en fresco se encuentran protegidas de factores externos, por lo tanto el contenido se mantiene. Estudios anteriores, han demostrado que el contenido final del β -caroteno depende del tiempo de la cosecha, la temperatura, la humedad y la variedad. Además, en algunas raíces el contenido de β -caroteno aumenta ligeramente y en otras el contenido disminuye. A diferencia del almacenamiento convencional, el almacenamiento de una instalación moderna mantiene la temperatura y la humedad requerida para el curado generando un almacenamiento de las raíces de camote a largo plazo (Stathers et al. 2013).

2.4.5.4 Efecto de los tipos de cocción sobre el contenido de β -caroteno

Existe una gran variabilidad de métodos de cocción y procesamiento del camote (Woolfe 1992; Low and Jaarsveld 2008). Casi siempre las raíces de camote son consumidas cocidas por ebullición, aunque también pueden ser fermentadas en alcohol (Ray y Sivakumar 2009), o procesada para la obtención de harina (Ahmed et al. 2010), entre otras formas. Los diversos métodos de cocción generan cambios en las características físicas y en la composición química del camote (almidón y azúcares). Sin embargo, los carotenoides son

bien retenidos según el método de cocción (Cuadro 4). Trabajos realizados sobre el contenido de carotenoides en alimentos que han sido tratados térmicamente, se puede citar a Krehl y Winters (1950), quien encontró una mayor retención de carotenoides en vegetales cuando estos fueron cocidos sin adicionar agua, por el contrario los vegetales que fueron cocidos por grandes cantidades de agua presentaron una menor retención. Por otro lado Speek et al. (1988) estudio el efecto del procesamiento sobre el contenido de carotenoides en vegetales y encontró una pérdida del 14% cuando fueron cocidas por ebullición y un 24% por fritura. Picha (1986) encontró una disminución en el contenido de almidón durante el proceso de cocción por vapor. Durante la cocción, las proteínas se desnaturalizan haciendo que sean fácilmente digeridas más por las enzimas proteolíticas. Durante la cocción los almidones pueden ser hidrolizados a azúcares, facilitando su digestibilidad. El calor usado durante la cocción puede ser calor seco como en el caso del horneado en un horno o puede ser a través de un calor húmedo cuando se cocinan las raíces por ebullición. El tiempo correcto de la cocción es muy importante, ya que una sobre cocción reduce el contenido de nutrientes, mientras que la falta de cocción produce altos niveles de anti-nutrientes como los inhibidores de la proteinasa (causante de problemas digestivos). Cuando las raíces son cocidas por inmersión se produce la hidratación y la gelificación del almidón, así mismo su desnaturalización y el deterioro de algunas vitaminas, las cuales dependen principalmente del tamaño del alimento y del tiempo de cocción. Por lo tanto, la elección de las condiciones de cocción y procesamiento para los alimentos debería ser un compromiso entre mantener en un nivel mínimo las pérdidas por degradación y aumentar su biodisponibilidad (Rodríguez 1997). En el Centro de Desarrollo e Investigación Vegetal de Asia (AVRDC) en Taiwán, se han obtenido algunos resultados interesantes en estudios con ratas. La biodisponibilidad del β -caroteno en el camote crudo fue mayor que la del camote frito, la cual a su vez fue aproximadamente dos veces mayor que en el camote cocido u horneado según Tsou y Yang (comunicación personal) citado por Rodriguez (1997). A continuación se presentan estimaciones del contenido de carotenoides ($\mu\text{g}/100\text{g}$) en raíces de camote al ser cocidas por diversos tratamientos de cocción (Cuadro 4).

Cuadro 4: Efecto del procesamiento sobre el contenido de carotenoides expresado en 100g en accesiones de camote de pulpa anaranjada.

Variedad/tratamiento	Estimación del contenido de carotenoides ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	Referencia
Tainung Crudo Cocido por ebullición Cocido por horneado	10800 9200 7910	Kidmose et al. (2007) (all-trans- β -caroteno)
SPK 004 Crudo Cocido por ebullición Cocido por horneado	6200 7830 4630	Kidmose et al. (2007) (all-trans- β -caroteno)
Salyboro Crudo Cocido por ebullición Cocido por horneado	4840 4270 5140	Kidmose et al. (2007) (all-trans- β -caroteno)
Zapallo Crudo Cocido por ebullición Cocido por horneado	3480 3570 4140	Kidmose et al. (2007) (all-trans- β -caroteno)
199062.1 Crudo Cocido por ebullición Cocido por horneado	2010 1610 1770	Kidmose et al. (2007) (all-trans- β -caroteno)
Nyathi-Odiewo Crudo Cocido por ebullición Cocido por horneado	1240 560 610	Kidmose et al. (2007) (all-trans- β -caroteno)
Ejumula Crudo(PS) Cocido por ebullición Cocido al vapor Fritura	10810 7300 7370 10310	Bengtsson et al. (2008)
SPK004/6 Crudo(PS) Cocido por ebullición Cocido al vapor <i>Continuación.</i> Fritura	31450 25260 24990 25310	Bengtsson et al. (2008)
(NI) Cocido por ebullición en cilindro(PF) Cocido al vapor Cocido por microondas	57060 68240 92940	Bengtsson et al. (2008)
(NI) Conservas y encurtidos Cocido por ebullición Cocido por horneado	5501 9444 11509	USDA (2009)

(NI): Variedad no identificada; PS: peso seco; PF: peso fresco.

Fuente: Rodriguez 1997.

2.4.6 Minerales

Los minerales son llamados micronutrientes, porque son necesarios solo en pequeñas cantidades, estas sustancias están habilitadas al cuerpo para que este pueda producir enzimas, hormonas y otras sustancias esenciales que promueven el crecimiento y desarrollo del mismo. Siendo pequeñísimas las cantidades que se requiere, su ausencia podría traer consecuencias severas (WHO 1996). El contenido de minerales en alimentos comestibles se encuentra influenciados por las propiedades del suelo, prácticas de cultivo, interacción de nutrientes, y la parte de la planta (Moraghan y Mascagni, 1991).

El contenido de minerales en las plantas varia con la concentración de los elementos en el suelo y puede verse incrementado por la aplicación de fertilizantes en las hojas. Según Woolfe (1992), las hojas de camote son fuentes ricas de Fe y Ca que en las mismas raíces, sin embargo la concentración de estos minerales va a depender de la variedad y de las condiciones ambientales, donde su contenido puede ser muy pobremente absorbido, ya que la cantidad de oxalato propio del camote causa la reducción a la disponibilidad de los minerales. Trabajos realizados por HarvestPlus (2001) señalan que, durante el desarrollo del cultivo ocurren algunos cambios en la planta los cuales afectan de algún modo las concentraciones de ciertos minerales. Además, Woolfe (1992), menciona que dentro de los diferentes cultivares de camote, los minerales no se encuentran distribuidos uniformemente en toda la raíz, y que algunos minerales que se localizan en la corteza de la raíz aún no se encuentran bien definido.

Dentro de los minerales importantes en la salud, se encuentra el hierro, el cual es el mineral más abundante en la sangre, considerado componente esencial en la hemoglobina y utilizado por el sistema inmune para la producción de energía. Además, es importante para el crecimiento de los niños. Otro mineral también importante es el zinc, el cual es esencial para el crecimiento, desarrollo, reproducción, función sensorial e inmune. Presenta una protección antioxidante y por lo tanto útil en la producción de energía. Ayuda a combatir las enfermedades protegiendo el sistema inmune.

2.5 HARINA DE TRIGO

El trigo es una buena fuente de energía en el consumo humano en todo el mundo, ya que esta provee más del 60% de los requerimientos diarios de calorías y el 80% de sus calorías provienen de sus carbohidratos. Dependiendo del tipo de harina, el porcentaje de calorías provienen de las proteínas que se encuentran en el rango del 9 al 15%, excepto la harina de gluten, el cual presenta 45% de contenido de proteína (Badui 2006).

La harina de trigo también contiene fibra dietaria, vitamina B (tiamina, riboflavina y niacina), calcio, hierro, sodio y otras trazas de elementos. También presentan entre sus componentes: almidón (70 - 75%), agua (14%) además de polisacáridos no del almidón (2 - 3%) particularmente arabinosilanos y lípidos (2%). La harina de trigo, ha sido el principal ingrediente durante muchos años debido a sus proteínas funcionales. La harina de trigo contiene dos proteínas: gluteninas y gliadinas ambas suman el 85% de la fracción proteínica. Éstas, junto con los lípidos y el agua forman el llamado gluten, responsable de las propiedades de cohesividad y de visco-elasticidad de la masa de panificación (Badui 2006). Estas propiedades son responsables de la formación de celdas de gas, incluyendo la estabilización y retención de estas celdas de gas durante el proceso de horneado (Gan et al. 1989). Cada tipo de harina juega un rol importante en el sistema alimentario a través de la estabilización y creación de una nueva estructura de los alimentos, interactuando con otros componentes proporcionando y manteniendo los nutrientes y sabor (Cui, 2005).

2.5.1 Tipos de harina de trigo:

Durante la molienda, tres partes del grano de trigo son obtenidos: el salvado, el germen y el endospermo, estos son separados y luego son recombinados para lograr diferentes tipos de harina (Wheat Foods Council Network, 2012).

2.5.2 Proteínas del trigo:

2.5.2.1 Clasificación y funciones:

Las proteínas son los nutrientes más importantes para los seres humanos y animales. Las proteínas contenidas de los granos de trigo podrían variar entre 10% - 18% del total de materia seca. Las cuales se encuentran clasificadas según el grado de solubilidad en diferentes solventes. La clasificación se basa en la extracción secuencial de grano de trigo molido. Según el grado de extracción se puede clasificar en albuminas, globulinas, gliadinas y gluteninas respectivamente. El Cuadro 5 presenta las proteínas en las diferentes fracciones, además su papel biológico y funcional. Las gliadinas y las gluteninas son proteínas de almacenamiento que abarcan el 75% del contenido total de proteínas. Las gliadinas y gluteninas están principalmente localizadas en el endospermo no se encuentran ni en la capa de revestimiento del grano ni en el germen.

Cuadro 5: Clasificación de las proteínas presentes en la harina de trigo

Tipos de proteínas	Comportamiento en solubilidad	Composición	Papel biológico	Papel funcional
Albuminas	Extraíbles en agua	Proteínas no del gluten (principalmente monoméricas)	Proteínas estructurales y metabólicas	Variable
Globulinas	Extraíbles en sales diluidas	Proteínas no del gluten (principalmente monoméricas)	Proteínas estructurales y metabólicas	Variable
Gliadinas	Extraíbles en soluciones de alcohol	Proteínas del gluten (principalmente gliadinas monoméricas y polímeros de glutenina de bajo PM)	Proteínas de almacenamiento de la semilla tipo prolaminas	Viscosidad a la masa/ extensibilidad
<i>Continuación</i>				
Gluteninas	Extraíbles en ácido acético diluido	Proteínas del gluten (principalmente polímeros de glutenina de alto peso molecular)	Proteínas de almacenamiento de la semilla tipo prolaminas	Elasticidad a la masa/tenacidad
Residuo	Sin extraer	Proteínas del gluten (polímeros de alto peso molecular) y proteínas no del gluten poliméricas (triticinas)	Proteínas de almacenamiento de la semilla, tipo prolamina (gluten) y tipo globulina (triticinas)	Variable

Fuente: Goesaert et al. 2005.

2.5.3 Harina de trigo para la producción de pan

Los productos horneados, son el tipo de alimentos procesados más importantes en todo el mundo, además la forma más popular en términos de consumo es el pan (Azizi y Rao 2004). El pan, es un alimento básico preparado por cocción de la masa, además es muy apreciado por su sabor, aroma y textura (Osuji 2006), y se compone básicamente de harina de trigo duro, levadura, azúcar y grasa en agua. El pan es una buena fuente de nutrientes que necesita el organismo para procesos metabólicos; es uno de los productos alimenticios que se sabe que no tienen estratificación social; y como tal, es consumida por todos, independientemente de su ingreso per cápita (Ikpeme 2010).

2.5.4 Proteínas que influyen en la calidad del pan

La influencia de la harina de trigo sobre las características de los productos horneados es muy comúnmente expresada sobre la base de su composición; principalmente sobre su contenido de la proteína, almidón, y fibra; así como otras propiedades fisicoquímicas importantes, como el tamaño de partícula y la calidad de la proteína. Durante la cocción, la interacción química y bioquímica del almidón, los lípidos y las proteínas originan la transformación física de la masa (Goesaert et al. 2005). Una de las principales funciones que desempeña la proteína de la harina de trigo es la formación de la estructura del gluten en la elaboración del pan. Es así que, un aumento en el contenido de proteína conduce a un aumento en las propiedades de retención de gas de la masa y por lo tanto, un aumento en el volumen del pan. Cuando incrementa el contenido total de proteínas en el grano del trigo, el contenido total de proteínas del gluten también aumenta, pero la cantidad de proteínas que no son del gluten es decir albuminas y globulinas presentan un ligero cambio. Es así que existe una relación positiva entre el contenido total de proteína y el contenido de gluten en la harina de trigo. Mucho tiempo se ha establecido que las propiedades reológicas y el desempeño de la elaboración del pan guardan una relación con la cantidad y calidad de las proteínas. Es así que investigadores como Eggleston et al. (1993) informaron que la variación en muestras de pan que fueron producidas con la misma formulación, el tamaño de la masa y el volumen del pan podría atribuirse principalmente a la diferente tasa de desprendimiento del gas y el grado de gelatinización del almidón.

2.6 HARINA DE CAMOTE

Las raíces de camote frescas son voluminosas y altamente percederas, por este sentido pueden ser procesadas o producir harina para mantener su alto potencial nutricional. En países africanos se viene utilizando con gran éxito la harina de camote como sustituto de la harina de trigo en la producción de: bollos, chapatis y mandazis entre otros. Actualmente en el Perú, la harina de camote es utilizada en pequeña escala como un sustituto de la harina de trigo en la elaboración de la masa para el pan, galletas, entre otros. La harina de camote proporciona una dulzura natural, color y sabor a los diversos productos. Desde el punto de vista nutricional, la harina de camote aporta energía, minerales y contribuye con las necesidades diarias de micronutrientes como: el β -caroteno, tiamina, hierro, vitamina C, además que proporciona el 14% al 28% del requerimiento diario de magnesio y del 20

al 39% para el potasio. La harina de camote se puede almacenar durante 6 meses o más, en recipientes herméticos y protegidos de la luz.

2.6.1 Consumo del pan de camote en el Perú.

Debido a la alta dependencia del trigo, algunos industriales de panificación buscaron alternativas en el maíz, la cebada, la papa y en especial el camote. La Universidad Agraria la Molina ha venido desarrollando nuevas técnicas para el desarrollo de un pan tipo dulce, teniendo como ingrediente principal el puré de camote, el cual no produce ningún tipo de cambio en el volumen, la estructura de la miga y la textura del producto final cuando se combina hasta el 15% de sustitución de harina de trigo por puré de camote. El pan de camote presenta un sabor agradable y buena calidad nutritiva, sin embargo su consumo se restringe a un determinado sector de la población, influenciado por el precio y la distribución localizada. Por otro lado, el Instituto Nacional de Desarrollo Agroindustrial (INDDA), realizó estudios que ayudaron a difundir tecnologías en función a nuevas variedades de camote, también en la evaluación de los niveles de sustitución de harina de trigo por harina de camote y mejorar la presentación del pan de camote. El trabajo del INDDA encontró que es posible una sustitución hasta el 50%, aunque el nivel óptimo se encuentra entre el 30% y 35%. Además, señaló que una mayor incorporación de camote fresco, disminuye la cantidad de agua. Una encuesta realizada en Lima Metropolitana en el año 1999 sobre las razones del consumo del pan de camote, dió como resultado que el 47.2% de los consumidores prefieren el pan de camote por su mejor sabor, el 16.7% lo considero nutritivo, el 11.1% lo compra por su menor precio y finalmente el 2.8% consumen el pan de camote porque quisieron cambiar sus hábitos de consumo (Peralta, 1992).

2.7 EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para evocar medidas, analizar e interpretar reacciones de las características de los materiales alimenticios, ya que son percibidas por los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído (Stone y Sidel, 1993). Las cualidades de un alimento identificado por estos sentidos se llaman: características sensoriales del alimento. Estos incluyen: el sabor, olor, apariencia, sensación en la boca y el sonido presenten en el alimento. La evaluación sensorial se lleva a cabo mediante diseños experimentales en adecuadas condiciones ambientales y con panelistas entrenados y no entrenados. Se requiere panelistas con diferentes grados de

entrenamiento para evaluar los diferentes tipos de análisis sensoriales. El grado de formación requerida depende de ciertas consideraciones, tales como el grado de diferenciación que puedan detectar las características sensoriales, el tiempo entre otros. Hay varias razones para llevar a cabo la evaluación sensorial en la industria alimentaria; estos incluyen el desarrollo de nuevos productos, la comparación de productos, mejoramiento de un producto, cambio de procesos, reducción de costo, selección de una nueva fuente de alimento, control de calidad, etc. Existen dos tipos principales de evaluación sensorial. Hay pruebas orientadas al producto o llamadas pruebas analíticas también hay las pruebas orientadas al consumidor o pruebas afectivas (Watts et al. 1989). Las pruebas analíticas (o pruebas orientadas al producto) se utilizan para discriminar entre los productos (pruebas discriminativas) o para describir las características sensoriales del producto (pruebas descriptivas). En estas pruebas se requiere de un panel capacitado, por lo general un panel entrenado de 5 a 15 personas. A continuación se menciona algunos ejemplos de pruebas discriminativas y descriptivas: pruebas de diferencia como prueba triangular, prueba de comparación por parejas, y la prueba dúo-trío. Por lo general, las pruebas afectivas (pruebas orientadas al consumidor) se utilizan para evaluar la preferencia y/o aceptación de los consumidores hacia un producto. En este tipo de prueba se puede requerir de un grupo grande de panelistas no entrenados. Ejemplo de ellos son: las pruebas de preferencia, las cuales permiten a los consumidores expresar una elección entre las muestras; también están las pruebas de aceptación, las cuales se utilizan para determinar la aceptación del consumidor hacia un determinado producto; y finalmente el análisis hedónico, el cual está diseñado para medir el grado de simpatía por un producto.

2.8 EVALUACIÓN DE TEXTURA

La textura ha sido clasificada en función de las propiedades físicas del material en atributos mecánicos, geométricos y de composición (Bourne 1982). La textura puede definirse según Faridi y Faubion (1990), como la manifestación de sensaciones de la estructura de un alimento, percibidas por la piel (tacto) y músculos. La textura no es un atributo simple, por lo que es mejor mencionar “atributos de textura”. Respecto a la medición de la textura, Bourne (1982) propone tres tipos de medidas instrumentales para valorar la textura:

- Medidas fundamentales son las que valoran propiedades tales como esfuerzo de ruptura, relación de Poisson, módulo de Young, módulo de cizalla y otros.

- Medidas empíricas cubren una serie de ensayos empíricos tales como penetración, cizalla, extrusión y otros. Estos ensayos empíricos se correlacionan bastante bien con la evaluación sensorial de textura de los alimentos.
- Medidas imitativas son las logradas con instrumentos que imitan la acción de la boca al masticar.

El perfil de textura está basado en el ensayo Fuerza vs. Tiempo en que se logran curvas como las presentadas en la Figura 7.

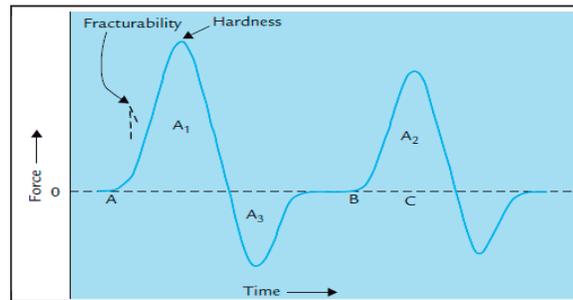


Figura 7: Curva generalizada del Análisis del Perfil de Textura

Fuente: Bourne, 2002.

Los parámetros del Análisis del Perfil de Textura (TPA) que pueden obtenerse son: Dureza, Fracturabilidad, Elasticidad, Cohesividad, Adhesividad, Gomosidad y Masticabilidad. En la literatura pueden encontrarse muchos artículos publicados donde aparecen resultados de estos parámetros para diferentes alimentos y una versión completa de este tema puede encontrarse en la extensa revisión realizada por Breene (1975). La técnica del Análisis del Perfil de Textura ha ofrecido magníficos resultados, como en embutidos, en los que se ha sustituido parcialmente la carne por algún tipo de extensor. La compresión simple se ha utilizado para medir la resistencia a la compresión de diferentes variedades de tomate (De Hombre, 2001). También es el método estándar recomendado por la AACC para medir la firmeza de la miga del pan, mediante el cálculo de la fuerza de compresión de una rebanada de pan de 25 mm de espesor, cuando el producto se comprime hasta el 25% de su altura total a una velocidad de compresión de 10 cm/min, en una máquina Instron (AACC 1988). A continuación en el cuadro 6 se presenta el resumen de los principales parámetros primarios y secundarios de análisis del perfil de textura.

Cuadro 6: Parámetros primarios y secundarios del análisis del perfil de textura.

Parámetro	Definición sensorial	Definición instrumental	Unidades
PRIMARIO	Parámetros básicos utilizados en la determinación de la forma en que un alimento se comporta en la boca.		
Dureza	Fuerza requerida en la compresión de un alimento entre los molares. También es definida como la fuerza necesaria para lograr la deformación.	La fuerza máxima del primer ciclo de compresión.	Newton (N)
Cohesividad	La fuerza de los enlaces internos que componen el cuerpo del producto (mayor es el valor mayor es la cohesión)	La relación de la fuerza positiva durante el segunda y primer ciclo de compresión (sólo movimientos hacia abajo)	Adimensional
SECUNDARIO	Parámetros adicionales que se incluyen para hacer la caracterización lo más significativo posible, conservando al mismo tiempo los principios reológicas.		
Gomosidad	Es la energía requerida para desintegrar un producto alimenticio SEMI-SOLIDO a un estado listo para ser ingerido. Está en relación con los alimentos con bajos niveles de dureza.	Parámetro calculado: Producto de dureza x cohesividad.	Newton (N)
Índice de Elasticidad	Relación de la altura que la muestra salta hacia atrás después de la primera compresión a la deformación máxima seleccionado.	Interpretado como una propiedad de la recuperación, como la relajación, donde: Valor de 1 indica una recuperación completa material elástico. Valor de 0 No hay recuperación es un material viscoso.	Adimensional
Índice de Masticabilidad (Evolved from DRAKE 1966)	Gomosidad y masticabilidad son mutuamente excluyentes, por lo tanto no se debe confundir.	Es el resultado de la gomosidad multiplicado por el índice de Elasticidad	Newton (N)

Fuente: Szczesniak et al. (1963).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente estudio fue desarrollado en los siguientes lugares:

- Campo experimental del Centro Internacional de la Papa (CIP) situado en el distrito de La Molina, provincia Lima, a 240msnm y coordenadas 12° 05' Latitud Sur, 76° 57' Longitud Norte.
- Campo Experimental de la Estación Experimental del CIP-San Ramón, situado en el Distrito de San Ramón, Provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín (Selva central del país) a 800 m.s.n.m. y coordenadas 11° 06' Latitud Sur, 75° 18', Longitud Oeste.
- Laboratorio de Panificación de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Agraria La Molina.
- Laboratorio de Calidad y Nutrición del Centro Internacional de la Papa – Perú.

3.2 MATERIALES

3.2.1 Material Genético

Veinticinco genotipos de camote (*Ipomoea batatas*) fueron obtenidos de la colección del Banco de germoplasma del Centro Internacional de la Papa (CIP) en Lima (Cuadro 7). Los genotipos fueron plantados y multiplicados en la localidad de La Molina y San Ramón. En la Localidad de la Molina existen dos estaciones bien diferenciadas: (i) verano, de diciembre a abril; e (ii) invierno, de junio a octubre. Y en la localidad de San Ramón presenta un clima tropical que presenta mayores precipitaciones entre los meses de diciembre a febrero.

Cuadro 7: Genotipos de camote de pulpa anaranjada procedentes del banco de germoplasma

Accesión	Nombre del cultivar	Status biológico	País de Origen
188003.1	Unknown	BredLine	PER
188022.1	UNTACIP	BredLine	PER
401222	Cuitzo Col. 8463	LandRace	MEX
401526	Unknown	LandRace	ECU
420081	Unknown	BredLine	PER
440007	W-208	BredLine	USA
440014	W-219	BredLine	USA
440022	W-227	BredLine	USA
440060	IITA-TIB 4	BredLine	NGA
440099	TIS 9101	BredLine	NGA
440107	Sweet Red	ImpVariety	USA
440135	Travis	ImpVariety	USA
440136	Caromex	ImpVariety	USA
440189	Tainung No. 64	BredLine	TWN
440267	Hung Loc 4	LandRace	VNM
440413	Sokol	LandRace	PNG
440442	Guang Shu # 128	ImpVariety	CHIN
440513	Kogannesengan	ImpVariety	JPN
440518	Kyukei No. 34	BredLine	JPN
440615	Edd-1	LandRace	MYS
440785	M'bara Delicius	LandRace	PNG
440887	Ogan	LandRace	PNG
441166	So 268	LandRace	SLB
441618	L9 -163	BredLine	USA
441624	L4 -13	BredLine	USA

3.2.2 Materiales de Laboratorio

3.2.2.1 Equipos:

- Balanza Analítica de 0.0001 g de precisión (METLER)
- Bomba de vacío (GAST)
- Columna cromatografía C18
- Detector de arreglo de fotodiodos UV
- Equipo Liofilizador (LABCONCO)
- Espectrofotómetro Visible – UV (SHIMADZU)
- Equipo de cromatografía líquida de alto desempeño HPLC (WATERS)
- Espectroscopio de emisión óptica inductivamente acoplada al plasma (ICP-OES) modelo” The Perkin Elmer Optima 2100 DV modelo (Shalton, USA)
- Estufa (BINDER)
- Molino (THOMAS SCIENCE)
- Pipeta de 1000 – 5000 µl (EPPENDORF)
- Rota-evaporador (LABER TECHNIK)
- Sonicador (BRASON)
- Sistema refrigerante (HAAKE)
- Texturometro QTS-25 con el software “Texture Pro v 2.1”
- Beaker de 25 y 50ml
- Balones con rosca de 100ml
- Viales
- Embudos con filtro incorporado
- Embudos pequeños de vidrio
- Frascos para solvente
- Filtros 3µmm
- Fiolas de 25ml
- Filtro de embudo
- Gradillas
- Guantes de nitrilo
- Jeringa
- Matraz Kitassato de 500ml
- Mortero
- Mascara para solventes
- Probetas de 100 ml
- Peras de decantación de 500ml
- Pipetor de 5ml
- Papel aluminio
- Papel Tissue
- Papel Toalla
- Tubos de ensayo con tapa
- Tips de 5ml
- Soportes de acero

- Utensilios de cocina (cuchillos, peladores, rayadores de hojuelas, tabla de picar y bandejas de plástico)

3.2.2.2 Reactivos:

- Acetona (MERCK)
- Acetona grado HPLC (SIGMA)
- Agua destilada.
- Acetonitrilo (SIGMA)
- Bencina de petróleo (MERCK)
- Celite (FISHER SCIENTIFIC)
- Cloruro de sodio (SIGMA)
- Metil ter-butyl eter (MERCK)
- Lana de vidrio (fibra media) (LABCENTER)
- Metanol (MERCK)
- Sulfato de sodio anhidro (MERCK)

3.2.3 Materiales para la Elaboración de Pan

Los ingredientes fueron: Harina de trigo (FAVORITA, producida por Alicorp S.A), azúcar, sal, levadura, manteca y mejorador. La producción del pan se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Panificación ubicado en la Univeridad Agraria la Molina.

3.3 MÉTODOS

3.3.1 Preparación de muestra:

- Raíces recién cosechadas:

Las raíces fueron guardadas a 5°C hasta su preparación. Una muestra representativa de 4 a 5 raíces fue obtenida por cada genotipo y repetición. Las raíces fueron lavadas con abundante agua, enjuagadas con agua desionizada y secadas con papel toalla. Posteriormente, se pelaron y cortaron en forma longitudinal en cuatro secciones. Una muestra homogénea representativa de 50 gramos fue obtenida de los lados opuestos de cada raíz. Las rodajas fueron colocadas en bolsas de polipropileno luego se liofilizó, molió y almacenó a -20°C para el análisis de β -caroteno. De los otros dos lados de cada raíz se tomó otra muestra de 50 gramos y se colocó en placa petri, luego se secó en estufa a 180°C x 24 horas, posteriormente se molió y almacenó a temperatura ambiente para su posterior análisis de minerales y materia seca.

- Cocción de las raíces:

El efecto de dos tipos de cocción (ebullición y horneado) fue evaluado sobre el contenido de β -caroteno. Una muestra representativa de 4 a 5 raíces fue obtenida por cada genotipo y repetición para cada método de cocción. Las raíces fueron guardadas a 5°C hasta la preparación de muestra.

- Ebullición:

Cada muestra se colocó en una olla de acero inoxidable se cubrió con agua fría y se cocinó a temperatura altas durante 35-40 min.

- Horneado:

Cada muestra fue envuelta con papel aluminio y horneada en un horno convencional a 160-180°C durante 45-60min.

Se consideró la raíz cocida cuando un tenedor penetró fácilmente la raíz testigo. Cada genotipo presentó diferente tiempo de cocción en cada tratamiento. Para la obtención de muestra cocida se utilizó el mismo procedimiento de las raíces recién cosechadas.

- Almacenamiento de las raíces:

Las raíces de los ocho genotipos provenientes de San Ramón fueron almacenados en un cobertizo construido con material de bambú (Figura 8), bien ventilado con humedad promedio de 66.5% (44.0 – 89.4%) y temperatura promedio 20.5°C (15 - 26°C).

Las concentraciones de β -caroteno de las raíces, fueron determinadas a las 2, 6 y 9 semanas de haber sido cosechadas. Dos muestras obtenidas de 3 - 4 raíces sin cascara por genotipo y repetición fueron preparadas por cada tiempo de almacenamiento. La preparación de la muestra fue el mismo procedimiento utilizado para las raíces recién cosechadas.



Figura 8: Almacenamiento de raíces de camote en la Localidad de San Ramón.

3.3.2 Determinación del Contenido de β -Caroteno.

El análisis de carotenoides totales y β -caroteno fueron determinados según el método propuesto por Rodriguez y Kimura (2004). La determinación de los carotenoides se presenta en el Anexo 1.

3.3.3 Determinación del Contenido de Hierro y Zinc.

El análisis de minerales fue determinado según el método propuesto por Hansen et al. (2009). La determinación de hierro y zinc se presenta en el Anexo 2.

3.3.4 Obtención de la harina de camote

3.3.4.1 Muestreo y preparación de la harina:

Se colectó de forma aleatoria de 10 a 15 raíces de la accesión 440442 de diferentes plantas. Las raíces fueron lavadas con abundante agua (removiendo residuos de suelos de la corteza), después se enjuagaron con agua destilada y luego se secaron con papel toalla. Las raíces limpias se colocaron en una olla cubriéndolas con agua, la cocción fue a 100°C por 25 minutos. Después se retiró la cascara de forma manual, luego se cortaron en forma longitudinal y los lados opuestos fueron trozados en pequeños tamaños para obtener una muestra más homogénea. La muestra fue guardada en bolsas de polietileno para luego ser liofilizados a 27°C \pm 2°C con una humedad residual entre 5 a 8%. Ya secas las muestras, fueron molidas en un molino analítico y guardadas herméticamente en bolsas de polietileno y protegidas de la luz en cámara de -20°C para su posterior uso. El procedimiento de la elaboración de la harina de camote se presenta en la Figura 9.

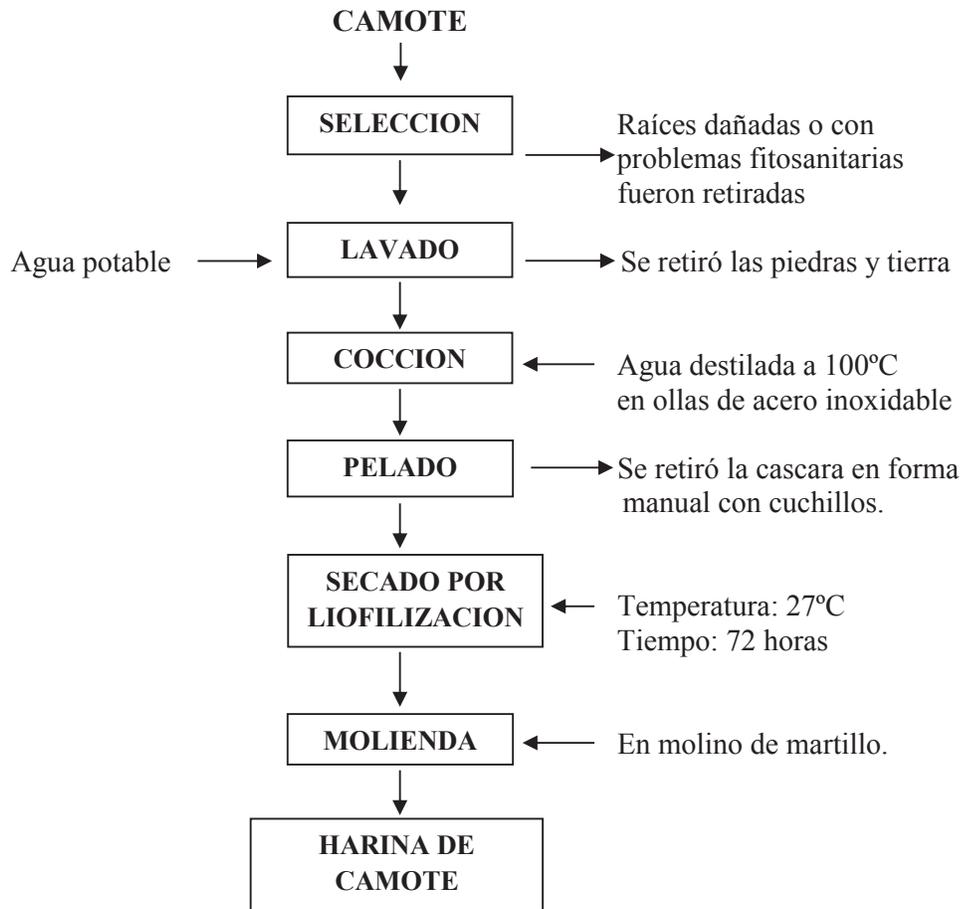


Figura 9: Flujograma de la elaboración de harina de camote.

3.3.4.2. Preparación del pan de camote:

El método de elaboración de los panes de camote, es un método utilizado por la planta de Panificación de la Universidad Agraria La Molina, el que fue adecuado para el presente estudio, según el flujo de procesamiento que se muestra en la Figura 10.

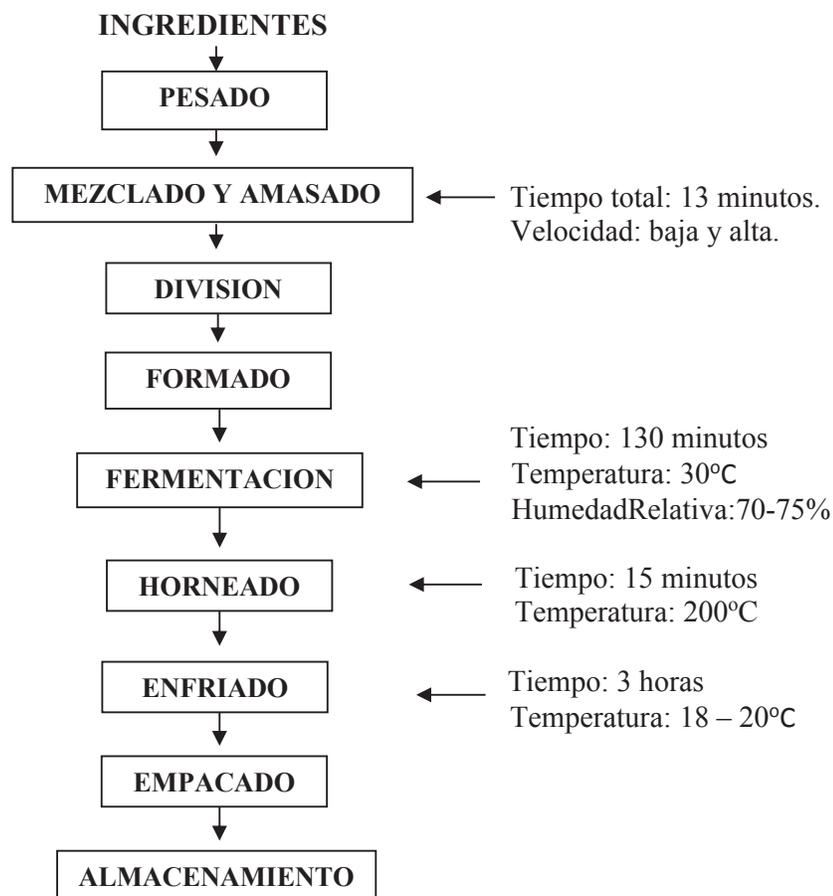


Figura 10: Flujograma de la elaboración de pan de camote.

Los pasos a seguir para la elaboración de pan se detalla a continuación:

1. Pesado de los ingredientes:

Se utilizó una balanza de marca (Metler) y una probeta graduada de 500ml de capacidad.

2. Mezclado y amasado:

Los ingredientes como la levadura, sal, azúcar se disolvieron en agua a 30°C luego se mezclaron con los ingredientes secos (harina de trigo y harina de camote según las cuatro formulaciones de los panes), al final se incorporó la grasa vegetal. Luego con el uso de la amasadora (Nova) estos ingredientes se mezclaron durante 5 minutos a baja velocidad luego 8 minutos a alta velocidad. El amasado se dio hasta que todos los ingredientes formaban un solo cuerpo produciendo una masa de carácter suave y elástico.

3. División de la masa

Después de haber mezclado completamente los ingredientes, la masa fue dividida en piezas de 35gramos a través de una divisora, luego las piezas de masa fueron trasladadas a la mesa de trabajo.

4. Formado:

Las piezas de pan fueron boleadas con ambas manos de manera rápida para evitar que la masa desarrolle variando la calidad del pan. Las piezas formadas fueron colocadas en bandejas limpias y engrasadas, su distribución fue de acuerdo con su tamaño y el espacio disponible. Luego las bandejas fueron colocadas en los coches para su fermentación.

5. Fermentación:

El proceso fermentativo comienza desde el momento de la incorporación de la levadura en la masa, prolongándose hasta el instante que se inicia la cocción de los panes. Las piezas del pan que están en las bandejas, son colocadas en un ambiente de 30⁰C a una humedad relativa de 70% HR por un tiempo promedio de 130 min. En estas condiciones se aseguró el crecimiento adecuado de la masa evitando la formación de una costra en la superficie del pan. Una vez que ha incrementado el volumen inicial de la masa, se ha comprobado que la masa ha fermentado lo suficiente cuando presionamos con los dedos la masa y la marca de la presión permanece, es allí cuando se termina el proceso de fermentación.

6. Horneado:

Esta es la última etapa del proceso, es aquí donde el pan alcanzó su máximo y último desarrollo. Las piezas de pan que han salido de la cámara de fermentación fueron llevadas a un horno convencional a 200⁰C por 15 minutos hasta visualizar un color dorado en la corteza.

7. Enfriado:

Luego del horneado, los panes fueron enfriados a temperatura ambiente (18 – 20⁰C) durante tres horas.

8. Empacado:

Las piezas de pan fueron guardadas en bolsas de papel para sus respectivos análisis: fisicoquímicos, de textura y sensorial. El Cuadro 8 presenta las cantidades de los ingredientes que dieron lugar a la elaboración del pan con cuatro niveles de sustitución de harina de trigo por harina de camote.

Cuadro 8: Ingredientes utilizados en la elaboración del pan de camote en los cuatro niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC)

Ingredientes	Tratamientos			
	100%WF:0%SF	90%WF:10%SF	80%WF:20%SF	70%WF:30%SF
Harina de trigo(g)	750	675	600	525
Harina de camote(g)	0	75	150	225
Manteca(g)	75	75	75	75
Sal(g)	7.5	7.5	7.5	7.5
Azúcar(g)	75	75	75	75
Levadura(g)	15	15	15	15
Mejorador (g)	7.5	7.5	7.5	7.5
Agua (ml)	370	350	340	330

3.3.5 Determinación de las características de calidad del pan

Las características de calidad del pan que fueron evaluadas son: peso, volumen, contenido de humedad, proteínas, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas, carbohidratos, β -caroteno, hierro y zinc. Así mismo, las características sensoriales y el análisis de textura. Los detalles de los análisis se presentan a continuación:

3.3.5.1 Determinación del Peso: El peso del pan fue obtenido por el peso de las muestras después del enfriamiento usando una balanza analítica (Metler) la lectura fue registrada en gramos.

3.3.5.2 Determinación del Volumen y Volumen Específico:

El volumen del pan fue medido usando el método de desplazamiento de semillas de colza (AACC 2000). Un recipiente vacío calibrado se llenó con los granos de colza hasta un volumen determinado. Luego el recipiente fue vaciado y las muestras de pan se colocaron dentro del recipiente y se llenó de nuevo con los granos de colza. Los granos de colza desplazados fueron pesados en una probeta la cual se utilizó como medida del volumen del pan. El volumen específico fue calculado por la división del volumen obtenido entre su peso.

3.3.5.3 Determinación de la Composición Proximal:

La determinación del análisis proximal del pan de camote, se llevó a cabo a través de análisis químicos recomendados por la AOAC (1990): % Humedad Part 950.46 pp. 931; % Proteínas totales (N x 6.25) Part. 984.13 pp. 74; % Extracto etéreo, Part 948.16 pp. 871; % Fibra cruda, Part 962.09 pp. 80; % Ceniza, Part 942.05 pp.70, y % Carbohidratos por diferencia.

3.3.5.4 Determinación del Contenido de β -Caroteno:

El análisis de carotenoides totales y β -caroteno fueron determinados según el método propuesto por Rodríguez y Kimura (2004). La determinación de los carotenoides se presenta en el Anexo 1.

3.3.5.5 Determinación del Contenido de Hierro y Zinc:

El análisis de minerales fue determinado según el método propuesto por Hansen et al. (2009). La determinación de hierro y zinc se presenta en el Anexo 2.

3.3.5.6 Evaluación Sensorial:

La evaluación sensorial de los cuatro tratamientos fue llevado a cabo después de 4 horas de enfriamiento después del horneado. Cada pieza de pan fue cortado en pequeñas porciones. La evaluación sensorial se llevó a cabo mediante un panel no entrenado de 50 personas. Se pidió a los panelistas que evaluaran en cada tratamiento las siguientes características sensoriales: color de la corteza, color de la miga, textura, aroma y sabor a través de una prueba preferencial de una escala hedónica descrito por Mahecha (1985). Todos los productos fueron codificados y evaluados por la calificación de bueno a malo a través de 5 puntos, usando la categoría descriptiva en el siguiente rango: muy bueno (5), bueno (4), regular (3), malo (2) y muy malo (1). La cartilla de degustación se presenta en el Anexo 3. Las categorías descriptivas luego fueron convertidas a calificaciones numéricas que luego fueron sometidas a un análisis de varianza como indica Watt et al. (1989).

3.3.5.7 Análisis de Textura:

El análisis de textura fue realizado a través de un Texturómetro QTS-25 con el software Texture Pro v 2.1, los parámetros del análisis del perfil de textura en el pan fueron: dureza (N), cohesividad (adimensional), masticabilidad (N), elasticidad (adimensional) y

gomosidad (N). El perfil de textura (TPA) fue llevado a cabo en dos ciclos de compresión con el fin de simular la masticación humana, obteniendo la curva fuerza/tiempo. Las propiedades mecánicas se manifiestan por la reacción del pan frente al estrés provocado por una presión ejercida desde un Texturómetro. Las condiciones usadas fueron: 5 kg célula de carga de fuerza y velocidad de ensayo de 102 mm/s.

3.3.6 Análisis Estadístico

Los datos de todas las características evaluadas fueron sometidos a la prueba W de Shapiro y Wilk (1965), la cual permitió determinar si cumplen o no con una distribución normal. Los datos, de las variables (X), que no se distribuyeron normalmente fueron sometidos a una transformación escalar tal como se aprecia en el Cuadro 9, así se logró que se distribuyan de una forma aproximadamente normal.

Cuadro 9: Transformación escalar

Variables	Transformación de escala (Y)
Contenido de β -caroteno en base fresca ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	
Contenido de Hierro en base seca ($\text{mg}/100\text{g}$)	$Y = \text{Log}_{10}(X)$
Contenido de Zinc en base seca ($\text{mg}/100\text{g}$)	

3.3.6.1. Contenido de β -caroteno, Hierro y Zinc en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada evaluado en dos localidades.

Para la elaboración del análisis estadístico se consideró como efecto aleatorio a las localidades (L) y como fijos los genotipos (G) y se empleó un arreglo factorial de $25 \times 2 = 50$ tratamientos.

Análisis de variancia simple en cada localidad:

Este análisis se realizó para obtener los cuadrados medios del error de cada localidad y poder comprobar si los errores son homogéneos o no, para lo cual se empleó la prueba de Hartley (Hartley, 1950) y se procedió con el análisis de variancia combinado de localidades.

Modelo Aditivo Lineal:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + \beta_j + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Unidad Experimental que recibe la accesión i y está en el bloque j.

u = El verdadero efecto medio.

G_i = Efecto del i-ésimo accesión.

β_j = Efecto del Bloque j.

e_{ij} = Efecto aleatorio asociado a la observación i,j.

Análisis de variancia combinado de ambiente y genotipos en un DBCA

El análisis combinado de varianza permitió determinar la significancia estadística de la interacción Genotipo x Ambiente.

Para la prueba de significación, el F calculado y los grados de libertad para efectos de comparación con el F tabular, se tomaron en cuenta los cuadrados medios esperados (hallados bajo un modelo aleatorio) y el efecto de cada uno de los factores que intervienen en el modelo aditivo lineal. Asimismo, el análisis de comparación de medias se realizó mediante la Prueba de Tukey.

Modelo Aditivo Lineal:

$$Y_{ijk} = u + G_i + L_j + (GL)_{ij} + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ijk} = Unidad Experimental que recibe la accesión i de la localidad j del bloque k.

u = El verdadero efecto medio.

G_i = Efecto del i-ésimo accesión.

L_j = Efecto de la j-ésima localidad.

GL_{ij} = Efecto de la interacción entre i-ésimo genotipo y la j-ésima localidad.

e_{ijk} = Efecto aleatorio asociado a la observación i,j,k

3.3.6.2. Efecto del almacenamiento y tipos de cocción sobre el contenido de β -caroteno en ocho genotipos de camote de pulpa anaranjada

Para este análisis se consideró como factores fijos a los genotipos, tiempos de almacenamiento y tipos cocción. El ANVA permitió determinar el efecto del almacenamiento y tipo de cocción en el contenido de β -caroteno de los ocho genotipos de

camote de pulpa anaranjada. En el análisis estadístico se empleó un arreglo factorial de $8 \times 3 \times 2 = 48$ tratamientos.

3.3.6.3. Evaluación nutricional y sensorial del pan de camote:

Se realizó un diseño de completamente aleatorizado con cuatro tratamientos $T_1 = 100\%$ Harina de trigo Control, $T_2 = 90\%$ harina de trigo y 10% harina de camote, $T_3 = 80\%$ harina de trigo y 20% harina de camote, $T_4 = 70\%$ harina de trigo y 30% harina de camote. Para las variables paramétricas estudiadas: Composición proximal, contenido de β -caroteno y contenido de minerales: Fe, Zn, se evaluó a través de un análisis de varianza. Se aplicó una prueba de promedios de rangos múltiples Duncan al 5% para aquellos resultados donde las diferencias son significativas. Las variables cualitativas investigadas en la evaluación sensorial, fueron analizadas a través de la prueba no-paramétrica de Friedman.

3.3.7 Metodología Experimental

En la Figura 8 se muestra el esquema experimental usado en el presente estudio. Los detalles de cada etapa de la investigación se presentaran a continuación:

3.3.7.1 Primera parte: Caracterización de los genotipos.

Se caracterizó 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada provenientes de La Molina y San Ramón según el contenido de β -caroteno, hierro y zinc. Se consideró como variables dependientes: los contenidos de Materia seca, β -caroteno, hierro y zinc; y como variables independientes a los genotipos y los ambientes.

3.3.7.2 Segunda parte: Evaluación del efecto de almacenamiento y tipos de cocción sobre el contenido de β -caroteno.

- Para el estudio de almacenamiento:

Se determinó el contenido de β -caroteno en ocho genotipos de camote de pulpa anaranjada que fueron almacenadas. En esta parte del trabajo se consideró como variables dependientes el contenido de β -caroteno y como variables independientes a los tres tiempos de almacenamiento: $(T_0) = 2$ semanas, $(T_1) = 6$ semanas y $(T_2) = 9$ semanas.

- Para el estudio de cocción:

Se determinó el contenido de β -caroteno en ocho genotipos de camote de pulpa anaranjada que fueron cocidas por dos métodos de cocción. En esta parte del trabajo se consideró

como variables dependientes el contenido de β -caroteno y como variables independientes a los dos tipos de cocción: ebullido y horneado.

3.3.7.3 Tercera parte: Elaboración del Pan de camote.

Se colectó 15 – 20 raíces de la accesión 440442 proveniente de la localidad de La Molina para la elaboración de harina de camote. La harina de camote se ha sustituido en tres niveles por harina de trigo para la elaboración de pan: 100%HT: 0%HC; 90%HT: 10%HC; 80%HT: 20%HC y 70%HT: 30%HC. Se consideró como variables dependientes: el contenido de Materia seca, β -caroteno, fierro, zinc, proteínas, fibra, cenizas, grasa, carbohidratos, volumen y peso del pan, color de la corteza, color de la miga, textura, aroma y sabor del pan; y como variables dependientes: a los tres porcentajes de sustitución: 90%HT: 10%HC; 80%HT: 20%HC y 70%HT: 30%HC. A continuación en la Figura 11, se presenta el Flujograma de la distribución del material vegetal para el análisis de las muestras cocidas y crudas.

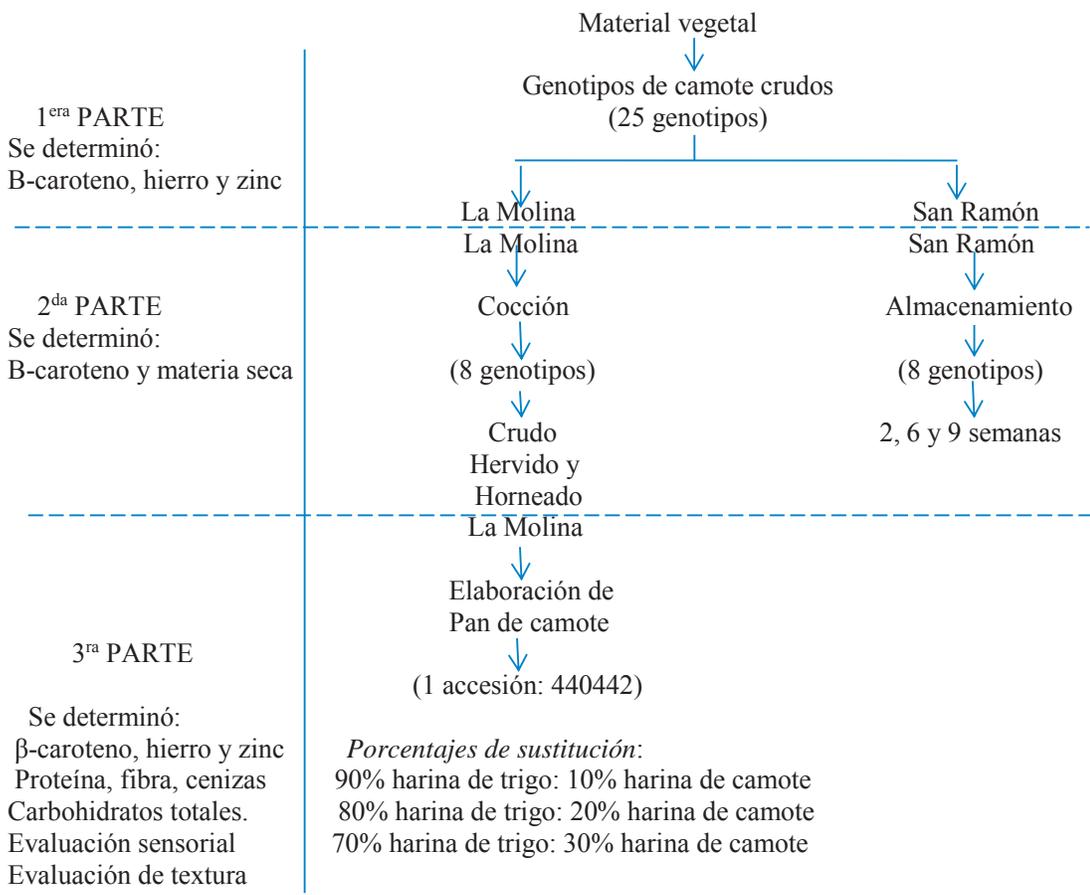


Figura 11: Distribución del material vegetal para el análisis de las muestras crudas y cocidas

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Contenido de β -caroteno, hierro y zinc en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada provenientes de la Molina y San Ramón

El contenido de materia seca, β -caroteno, hierro y zinc fueron analizados en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada provenientes de las localidades de La Molina y San Ramón. El análisis de varianza indica que existen diferencias altamente significativas en el contenido de materia seca, β -caroteno, hierro y zinc en los diferentes genotipos. Sin embargo, no existen diferencias significativas en la interacción genotipo-ambiente (GxA) respecto al contenido de materia seca y zinc.

A continuación se muestran los resultados de cada variable en los 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada evaluados en dos ambientes.

4.1.1 Contenido de materia seca:

El análisis de varianza para el contenido de materia seca indica que existen diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) entre genotipos y no existe diferencias significativas en la interacción GxA (Cuadro 10).

Cuadro 10: Análisis de varianza para el contenido de materia seca en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada proveniente de La Molina y San Ramón.

	GL	SC	CM	F-valor	Pr (>F)	
Genotipo	24	1119.62	46.65	9.84	$1.751e^{-11}$	***
Ambiente	1	661.30	661.30	8.09	0.10	NS
Amb : Rep	2	163.41	81.71	17.229	$2.292e^{-6}$	***
Gen : Amb	24	142.62	5.94	1.25	0.248	NS
Residuales	48	227.63	4.74			

*** Significativo a un nivel de probabilidad de 0.05%

Al encontrar diferencias significativas entre genotipos, se realizó la prueba de Tukey para

Evaluar el contenido de materia seca entre genotipos. El Cuadro 11 muestra los promedios del contenido de materia seca de los 25 genotipos en ambos ambiente. La Molina presentó el mayor contenido promedio de materia seca 25.10% con un rango de 18 a 30%; mientras que San Ramón presentó un contenido promedio de 30.25% con un rango de 21 a 38%. La prueba de comparación de medias (Tukey) mostró que los genotipos: 440060, 401526 y 440513 presentaron mayores valores en ambas localidades: 34.07, 31.89 y 31.74%; y los genotipos 440022 y 440782 presentaron los valores más bajos del contenido de materia seca: 21.23 y 20.73%. (Anexo 8).

Cuadro 11: Promedios del contenido de Materia seca (%) en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada.

Genotipos	Materia Seca (%)
440060	34.07 ^a
401526	31.89 ^{ab}
440513	31.74 ^{ab}
401222	31.16 ^{ab}
440007	30.90 ^{ab}
440107	30.07 ^{abc}
440099	30.00 ^{abc}
440189	29.21 ^{abcd}
440518	29.07 ^{abcd}
440136	28.83 ^{abcd}
188022.1	28.77 ^{abcd}
441618	28.52 ^{abcd}
188003.1	28.21 ^{abcde}
440135	28.13 ^{abcde}
441166	27.85 ^{bcde}
420081	27.39 ^{bcde}
440267	27.21 ^{bcde}
441624	26.43 ^{bcdef}
440887	25.92 ^{bcdef}
440615	24.90 ^{cdef}
440014	23.63 ^{def}
440413	23.63 ^{def}
440442	22.37 ^{ef}
440022	21.23 ^f
440785	20.76 ^f

^{abc} letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas entre las medias ($p < 0.05$). Los resultados de los promedios provienen de dos determinaciones y de los dos ambientes.

La figura 12 muestra los resultados del algoritmo Scottknott (SK) (Scott y Knott, 1974). Este método dividió las medias en cuatro grupos. Las medias de los genotipos: 440060, 401526, 440513, 401222 y 440007 pertenecen al primer grupo. Las medias de los genotipos: 440107, 440099, 440189, 440518, 440136, 188022.1, 441618, 188003.1,

440135, 441166, 420081 y 440267 pertenecen al segundo grupo. Las medias de los genotipos: 441624, 440887, 440615, 440014 y 440413 pertenecen al tercer grupo y las medias de los genotipos: 440442, 440022 y 440785 pertenecen al cuarto grupo.

El método de agrupamiento permitió visualizar la variabilidad que existe entre las medias de los genotipos según el contenido de MS; identificando a los genotipos que presentaron valores altos, medios y bajos. Además, el gráfico permitió visualizar el comportamiento de los genotipos frente al ambiente, mostrando a los genotipos que presentaron mayor estabilidad (440887 y 441624) y a los genotipos que presentaron mayor variabilidad (188003.1 y 440014).

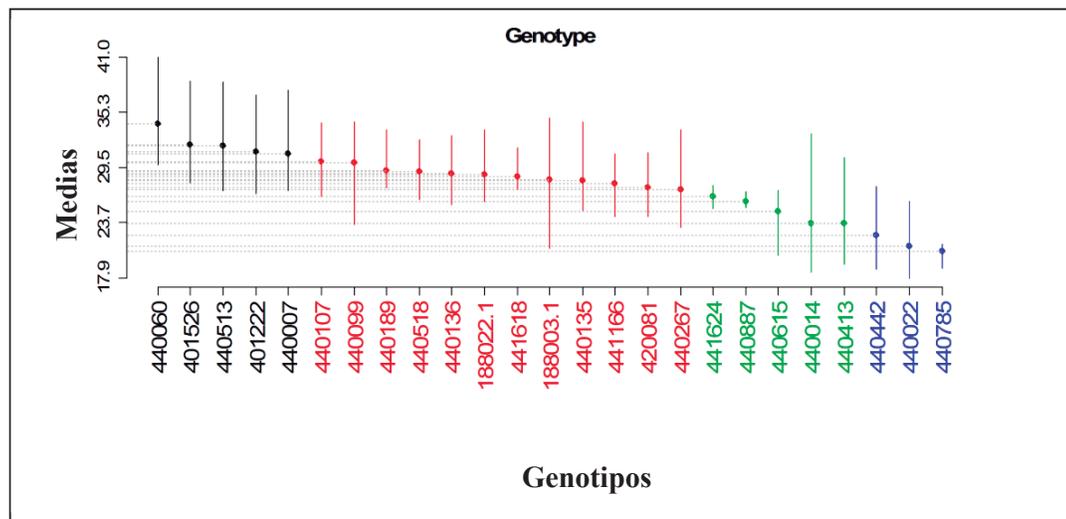


Figura 12: Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de Materia seca (%) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha=5\%$.

Según Miranda y Maluf (1994), las raíces de camote deben de presentar alto contenido de materia seca por razones de preferencia y por factores económicos. Los resultados de materia seca del presente estudio fueron similares a los reportados por Kapinga et al. (2007), quien encontró valores entre 21 a 34.9% en un grupo de camotes de pulpa anaranjada procedentes de la región Sub-Sahariana. Similares resultados fueron recopilados por Woolfe 1992, quien obtuvo un valor promedio del 30% en camotes de pulpa anaranjada procedentes de diferentes zonas del mundo. Por su parte, Tumwegamire (2011) reportó contenidos de materia seca mayores e iguales a 29.5% en cinco variedades de camote de pulpa anaranjada. Las diferencias en los valores de materia seca podría ser

el resultado del tipo de suelo o por la aplicación de agua según lo explicado por Bradbury y Holloway (1988). Es posible que los niveles de humedad del suelo durante el desarrollo del cultivo haya sido capaz de variar el contenido de materia seca, ocasionando un descenso del contenido de materia seca en las raíces que crecieron en suelo con niveles altos de humedad. En general, el contenido de materia seca de las raíces de camote procedentes de La Molina fueron más bajos con respecto a las raíces que provenían de San Ramón lo cual podría ser debido al clima que presenta San Ramón (ambiente cálido con pocas precipitaciones, con presencia de sequías y con baja fertilidad en el suelo) estos factores pudieron afectar la composición de los genotipos.

4.1.2 Contenido de β -caroteno:

El análisis de varianza para el contenido de β -caroteno indica que existe diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) entre genotipos y en la interacción genotipo-ambiente (GxA) (Cuadro 12).

Cuadro 12: Análisis de varianza para el contenido de β -caroteno (expresado en mg/100g BF) en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada proveniente de La Molina y San Ramón.

	GL	SC	CM	F-valor	Pr (>F)	
Genotipo	24	1049.30	43.72	26.16	$2.2e^{-16}$	***
Ambiente	1	356.19	356.19	19.40	0.047	*
Amb : Rep	2	36.72	18.36	10.99	0.00012	***
Gen : Amb	24	193.91	8.08	4.83	$1.745e^{-06}$	***
Residuales	48	80.21	1.67			

*** Significativo a un nivel de probabilidad de 0.05%

Al encontrar diferencias significativas entre genotipos, se realizó la prueba de Tukey para la comparación de medias de los genotipos. El Cuadro 13 muestra los promedios del contenido de β -caroteno de los 25 genotipos en ambos ambientes. La localidad de La Molina presentó el mayor contenido promedio de β -caroteno: 14.67 mg/100g PF con un rango de 7.32 a 21.32 mg/100g PF, mientras que la localidad de San Ramón presentó un valor promedio de 10.90 mg/100g PF con un rango de 7.79 a 17.69 mg/100g PF. (Anexo 9).

Cuadro 13: Contenido de β -caroteno (mg/100g) expresado en peso fresco en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada proveniente de La Molina y San Ramón.

La Molina			San Ramón		
	β -caroteno (mg/100g)	<i>Trans</i> (%)		β -caroteno (mg/100g)	<i>Trans</i> (%)
440107	21.32 ^a	95.1	440442	17.69 ^a	94.2
441618	20.51 ^a	94.5	440518	16.93 ^a	94.6
440518	20.26 ^a	93.9	440413	16.48 ^{ab}	93.4
440442	20.17 ^a	95.5	420081	14.52 ^{abc}	93.4
440135	19.82 ^{ab}	95.3	440785	13.10 ^{abcd}	95.3
420081	18.65 ^{abc}	94.7	440513	11.86 ^{bcde}	92.3
440413	18.30 ^{abcd}	93.9	440135	11.64 ^{bcde}	95.6
440615	17.56 ^{abcde}	95.7	440615	11.60 ^{bcde}	95.0
440785	17.33 ^{abcde}	94.1	401526	11.45 ^{cde}	91.6
441624	16.73 ^{abcde}	94.7	441618	11.43 ^{cde}	92.4
440136	15.00 ^{bcdef}	95.8	441624	11.26 ^{cde}	92.1
440022	14.34 ^{cdefg}	92.0	440107	11.24 ^{cde}	95.3
440189	13.94 ^{cdefg}	95.5	440189	10.58 ^{cde}	92.1
440887	13.63 ^{defgh}	94.1	440136	9.44 ^{de}	92.2
440513	13.58 ^{defgh}	93.1	440267	9.42 ^{de}	93.5
401222	13.11 ^{efgh}	94.0	441166	9.23 ^{de}	92.8
440014	12.76 ^{efgh}	94.9	188003.1	8.89 ^{de}	93.1
440267	12.69 ^{efgh}	93.9	401222	8.76 ^{de}	91.6
440099	10.83 ^{fghi}	96.0	440014	8.46 ^{de}	91.6
401526	10.50 ^{fghi}	94.7	440887	8.42 ^{de}	93.1
441166	10.12 ^{fghi}	94.0	440099	8.36 ^{de}	94.2
440007	10.09 ^{fghi}	94.8	188022.1	8.03 ^e	91.4
188022.1	9.46 ^{ghi}	93.1	440007	8.01 ^e	91.5
188003.1	8.81 ^{hi}	92.9	440060	7.91 ^e	94.1
440060	7.32 ⁱ	92.3	440022	7.79 ^e	93.8

^{abc} letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas entre las medias ($p < 0.05$)

Los resultados de los promedios provienen de dos determinaciones.

Para una mejor visualización de la variabilidad que existe en cada genotipo se procedió a realizar el agrupamiento homogéneo a través de la comparación de medias por el método del algoritmo de Scottknott (SK). La figura 12 muestra los resultados del algoritmo Scottknott (SK) (Scott y Knott, 1974). Este método dividió las medias en cuatro grupos. Las medias de los genotipos: 440442, 440518 y 440413 pertenecen al primer grupo. Las medias de los genotipos: 420081, 440107, 441618, 440135, 440785, 440615 y 441624 pertenecen al segundo grupo. Las medias de los genotipos: 440513, 440189, 440136, 440022, 440267, 440887, 401526, 401222 y 440014 pertenecen al tercer grupo y las medias de los genotipos: 441166, 440099, 440007, 188003.1, 188022.1 y 440060 pertenecen al cuarto grupo. El método de agrupamiento permitió visualizar la variabilidad que existe entre las medias de los genotipos según el contenido de β -caroteno; identificando a los genotipos que presentaron valores altos, medios y bajos. Además, el gráfico permitió visualizar el comportamiento de los genotipos frente al ambiente, mostrando a los genotipos que presentaron mayor estabilidad (188003.1, 401526 y 440060) y a los genotipos que presentaron mayor variabilidad (440107, 440135 y 441618).

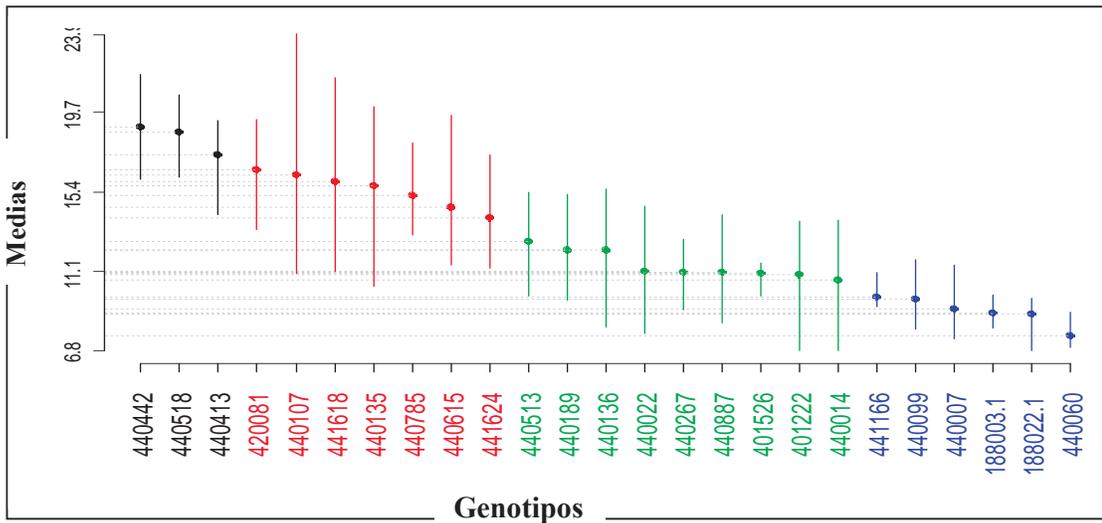


Figura 13: Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de β -caroteno (mg/100g PF) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha= 5\%$.

Mediante el método de los efectos aditivos principales e interacciones multiplicativas (AMMI), se obtuvo una representación gráfica en dos dimensiones (Biplot). El Biplot identificó a los genotipos: 441624, 440615, 440785, 420081, 440518, 440442 y 440413 que expresaron mejor el contenido de β -caroteno y mejor estabilidad en ambos ambientes

(eje de las abscisas). El uso del AMMI permitió una mejor selección de los genotipos para las siguientes etapas de la investigación (cocción y almacenamiento) Figura 14.

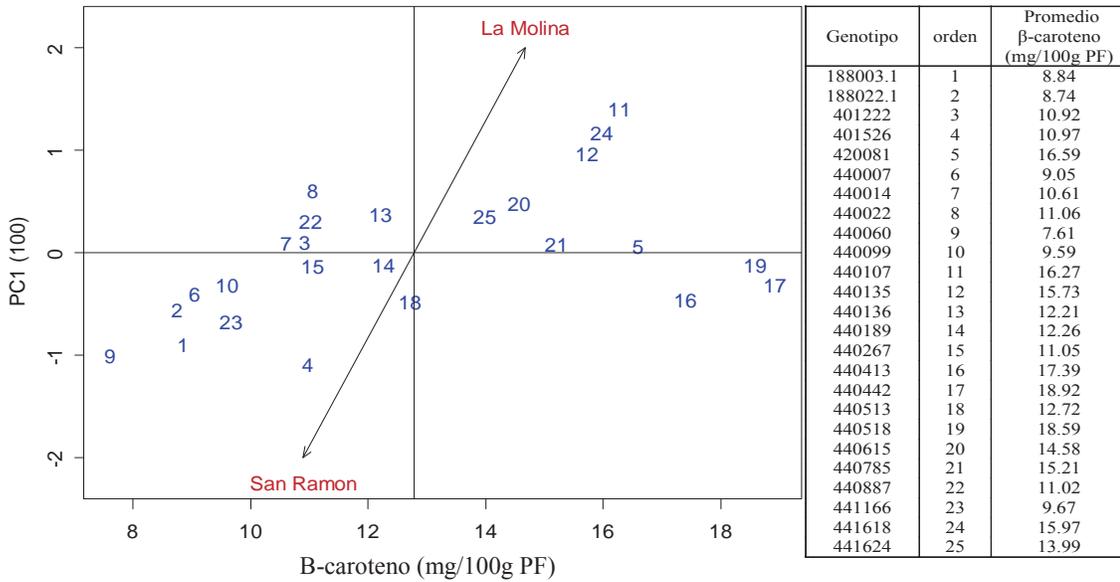


Figura 14: AMMI Biplot para el contenido de β -caroteno (mg/100g PF) de los 25 genotipos de camote en dos localidades: La Molina y San Ramón.

Los resultados del presente estudio respecto al contenido de β -caroteno fueron similares a estudios anteriores que a continuación se hará mención: Van Jaarsveld et al. (2006) encontró valores de β -caroteno que van en un rango de 132 a 194 mg kg⁻¹ BF al evaluar raíces de camote de pulpa anaranjada del mismo tamaño procedentes de la misma cosecha. Así mismo, Takahata et al. (1993) evaluó 22 cultivares de camote encontrando rangos de β -caroteno entre 11 a 266 mg. kg⁻¹ BS. Por su parte, Almeida y Penteadó (1992) reportaron que el contenido de β -caroteno vario de 0.1 a 218 mg. Kg⁻¹ BF en 10 cultivares de camote. K'osambo et al. (1998) encontró un rango de < 1 a 80mg kg⁻¹ BF de β -caroteno en 17 cultivares de camote. Además, Hagenimana et al. (1999), reportó valores de contenido de β -caroteno de < 1 – 63mg kg⁻¹ BF en 32 cultivares de camote. Y por último el trabajo realizado por Huang et al. (1999) encontró el contenido de β -caroteno en el rango de 67 a 131 mg.kg⁻¹ en siete raíces de camote de pulpa anaranjada. Los valores obtenidos en el presente estudio fueron más altos que los obtenidos por Kidmose et al. (2007); Dincer et al. (2011) y Bengtsson et al. (2008), quienes evaluaron el contenido de β -caroteno en camotes de pulpa anaranjada obteniendo rangos de: 12.4 μ g/g peso fresco BF a 108 μ g/g BF; 3.85 μ g/g PF a 52.77 μ g/g BF y de 37.40 μ g/g PF a 96.55 μ g/g BF.

Si bien, el camote posee una gran diversidad genética en el contenido de β -caroteno; su compleja distribución de la pigmentación en la pulpa podría influir directamente en el contenido total del β -caroteno según lo afirmado por Takahata et al. (1993). Las raíces de camote que presentan pulpas de diferentes colores, deberían ser clasificados en colores primarios y secundarios según el grado de predominancia, si uno predominase sobre el otro este podría ser responsable directo de la mayor o menos concentración del β -caroteno en la raíz de camote. Bajo este criterio, los genotipos 440442 y 440518 cuyo color de pulpa fue anaranjado intenso distribuido homogéneamente, presentaron valores más altos de β -caroteno en ambos ambientes (Figura 14).

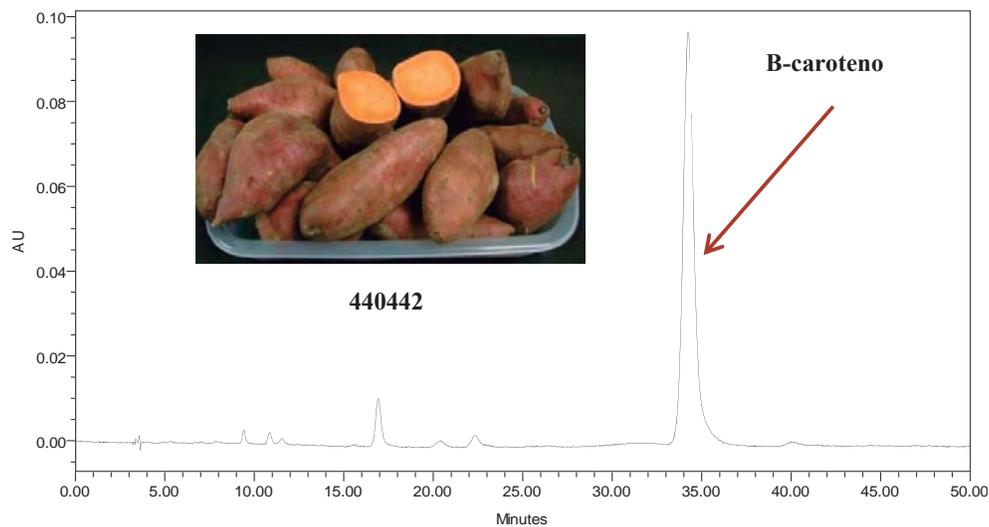


Figura 15: Cromatograma del genotipo 440442 que presenta alto contenido de β -caroteno.

Cabe mencionar el Centro Internacional de la Papa ha desarrollado una cartilla de colores, el cual ayuda al agricultor conocer el contenido de β -caroteno en función del color y su distribución en la pulpa del camote. Las cartillas indican que las raíces con color naranja como color primario, presentan concentraciones significativas de β -caroteno (alrededor de 4mg/100g PF equivalente a 300 μ g RAE) y las raíces de color de pulpa anaranjado intermedio y naranja pálido obtuvieron rangos de 0.5 a 8mg /100g PF. La evaluación del β -caroteno a través de las cartillas de color es actualmente una herramienta muy utilizada en la selección de genotipos con alto contenido de β -caroteno en el programa de mejoramiento del CIP (Burgos et al. 2009).

4.1.3 Contenido de Hierro:

En el Cuadro 14, se muestra el análisis de varianza para el contenido de hierro, el cual indica que existe diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) entre genotipos y en la interacción genotipo-ambiente (GxA).

Cuadro 14: Análisis de varianza para el contenido de hierro (expresado en mg/100g BF) en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada proveniente de La Molina y San Ramón.

	GL	SC	CM	F-valor	Pr (>F)	
Genotipo	24	1.57	0.06	14.26	1.499e ⁻¹⁴	***
Ambiente	1	0.15	0.15	4.77	0.1605	NS
Amb: Rep.	2	0.06	0.032	7.11	0.0019	**
Gen : Amb	24	0.50	0.02	4.52	4.389e ⁻⁰⁶	***
Residuales	48	0.22	0.0046			

*** Significativo a un nivel de probabilidad de 0.05%

El Cuadro 15 muestra que La Molina presenta el mayor contenido promedio de hierro: 0.59 mg/100g PF con un rango de 0.43 a 0.77 mg/100g PF; mientras que para la localidad de San Ramón el contenido promedio de hierro fue de 0.51 mg/100g PF con un rango de 0.28 a 1.16 mg/100g PF. Además, la prueba de comparación de medias permitió mostrar que en ambas localidades los genotipos 440014 y 188022.1 presentaron los valores más altos. Mientras que los menores contenidos de hierro se observaron en la accesión 441624 para la localidad de La Molina y la accesión 440785 para la localidad de San Ramón. (Anexo 10).

Cuadro 15: Contenido de hierro (mg/100g PF) en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada proveniente de La Molina y San Ramón.

La Molina		San Ramón	
440014	0.77 ^a	188022.1	1.16 ^a
188022.1	0.75 ^{ab}	440014	0.79 ^b
420081	0.74 ^{abc}	188003.1	0.69 ^{bc}
188003.1	0.73 ^{abc}	420081	0.68 ^{bcd}
440099	0.70 ^{abcd}	401526	0.62 ^{bcd}
440135	0.68 ^{abcde}	440267	0.60 ^{bcd}
440107	0.64 ^{abcde}	440615	0.58 ^{bcd}
440513	0.64 ^{abcde}	440513	0.58 ^{bcd}
401526	0.63 ^{abcde}	440060	0.57 ^{bcd}
440007	0.61 ^{abcde}	440135	0.52 ^{cde}
440413	0.58 ^{abcde}	440022	0.48 ^{cde}
440136	0.58 ^{abcde}	401222	0.47 ^{cde}
440887	0.58 ^{abcde}	440107	0.47 ^{cde}
441166	0.57 ^{abcde}	440189	0.47 ^{cde}
440060	0.56 ^{abcde}	440099	0.45 ^{cde}
440267	0.55 ^{abcde}	440413	0.44 ^{cde}
440442	0.55 ^{abcde}	440136	0.43 ^{cde}
440785	0.54 ^{abcde}	441618	0.42 ^{cde}
440518	0.52 ^{abcde}	440007	0.39 ^{efg}
401222	0.51 ^{abcde}	441166	0.38 ^{efg}
441618	0.51 ^{abcde}	440518	0.37 ^{efg}
440189	0.50 ^{bcd}	441624	0.37 ^{efg}
440615	0.48 ^{cde}	440887	0.33 ^{fg}
440022	0.47 ^{de}	440442	0.31 ^{gh}
441624	0.43 ^e	440785	0.28 ^h

^{abc} letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas entre las medias ($p < 0.05$) Los resultados de los promedios provienen de dos determinaciones.

Para una mejor visualización de la variabilidad que existe en cada genotipo se procedió a realizar el agrupamiento homogéneo a través de la comparación de medias por el método

del algoritmo de Scottknott (SK). La figura 16 muestra los resultados del algoritmo Scottknott (SK) (Scott y Knott, 1974). Este método dividió las medias en cuatro grupos. La media del genotipo: 188022.1 pertenecen al primer grupo. Las medias de los genotipos: 440014, 188003.1 y 420081 pertenecen al segundo grupo. Las medias de los genotipos: 401526, 440513, 440135, 440099, 440267, 440060, 440107, 440615 pertenecen al tercer grupo y las medias de los genotipos: 440413, 440136, 440007, 401222, 440189, 441166, 440022, 441618, 440887, 440518, 440442, 440785 y 441624 pertenecen al cuarto grupo. El método de agrupamiento permitió visualizar la variabilidad que existe entre las medias de los genotipos según el contenido de hierro; identificando a los genotipos que presentaron valores altos, medios y bajos. Además, el gráfico permitió visualizar el comportamiento de los genotipos frente al ambiente, mostrando al genotipo que presentó mayor estabilidad (440060) y al genotipo que presentó mayor variabilidad (188022.1).

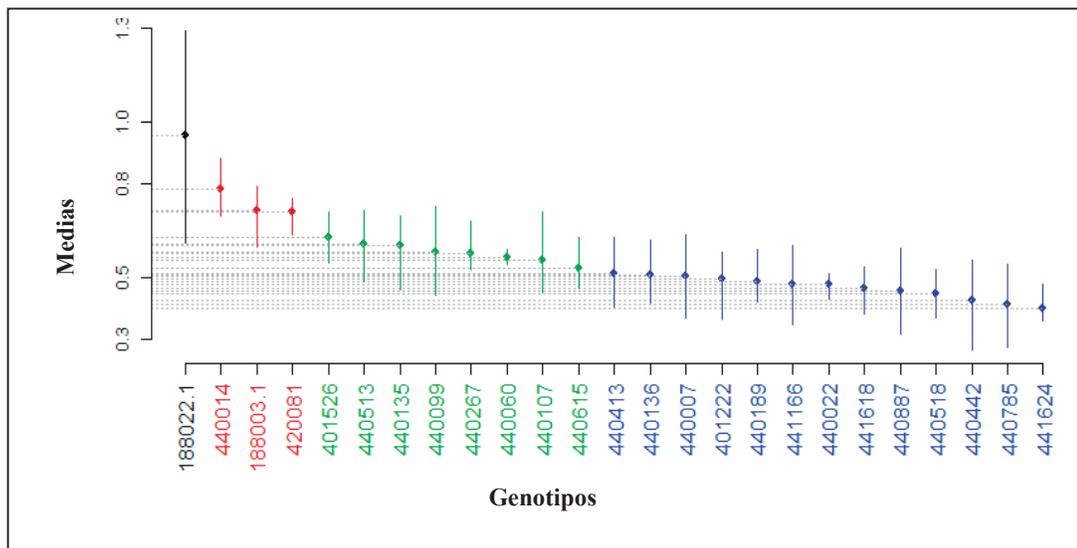


Figura 16: Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de Hierro (mg/100g PF) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha=5\%$

En la Figura 17, se muestra el Biplot obtenido por el AMMI donde se identificó a los genotipos: 440107, 440135, 440513, 401526 y 188003.1 expresaron mejor el contenido de hierro y mejor estabilidad en ambos ambientes (eje de las abscisas). También se identificaron a los genotipos: 440785 y 188022.1 que presentaron los valores más altos y bajos de hierro (alejados del espacio bidimensional); así mismo, se identificó a los genotipos que presentaron baja adaptación en los ambientes evaluados (ubicados en el margen izquierdo del Biplot), tal como lo menciona Medina et al. (2002).

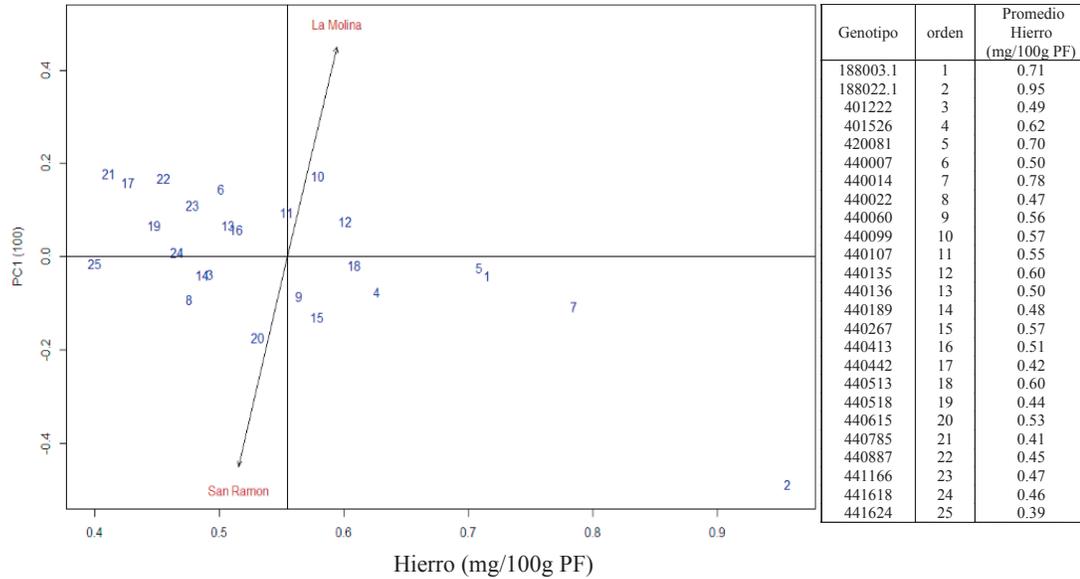


Figura 17: AMMI Biplot para el contenido de Hierro (mg/100g PF) de los 25 genotipos de camote en dos localidades: La Molina y San Ramon.

Los resultados respecto al contenido de hierro fueron ligeramente más bajos a los encontrados por Tumwegamire et al. (2011) quien reportó un valor promedio de 0.88 mg/100g PF en la accesión Carrot Dar, de pulpa anaranjada.

La variabilidad en el contenido de hierro de cada genotipo ha podido ser afectado por las condiciones ambientales propias de cada lugar. Cabe mencionar que la contaminación con hierro de otras fuentes no permite conocer el contenido original de hierro de los alimentos, el hierro por contaminación no tiene la misma biodisponibilidad que la del hierro presente en los alimentos y por tanto puede ser utilizado en menor medida que el hierro presente en estos últimos. El contenido de hierro presente en las raíces de camote podría contribuir con el requerimiento diario de hierro en niños con edades entre 5 a 8 años. Acorde a los resultados obtenidos, el genotipo 440414 alcanzó una concentración de hierro promedio de 0.78mg/100g PF, el cual podría proporcionar alrededor del 16% de los requerimientos diarios de hierro en niños de edades de 5 a 8 años. (10mg/día) (Food and Nutrition Board 2011).

4.1.4 Contenido de zinc:

El análisis de varianza para el contenido de zinc indica que existen diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) entre genotipos y no existe diferencias significativas en la interacción genotipo-ambiente (GxA) (Cuadro 16).

Cuadro 16: Análisis de varianza para el contenido de zinc (expresado en mg/100g BF) en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada proveniente de La Molina y San Ramón.

	GL	SC	CM	F-valor	Pr (>F)	
Genotipo	24	0.44	0.018	7.40	2.528e ⁻⁰⁹	***
Ambiente	1	0.49	0.495	23.77	0.039581	*
Amb : Rep	2	0.04	0.02	8.45	0.0007	***
Acc : Amb	24	0.07	0.002	1.19	0.2991	NS
Residuales	48	0.118	0.00246			

*** Significativo a un nivel de probabilidad de 0.05%

El Cuadro 17 muestra los promedios del contenido de zinc de los 25 genotipos de camote en ambos ambientes. La localidad de La Molina presentó el mayor contenido promedio de zinc (0.41 mg/100g PF) con un rango de 0.32 a 0.54 mg/100g PF, mientras que la localidad de San Ramón presentó un valor promedio de 0.27 con un rango de 0.16 a 0.48mg/100g PF. (Anexo 11). La prueba de comparación de medias (Tukey) muestra que el genotipo 188022.1 presentó el valor más alto del contenido de zinc en ambos ambientes, mientras que el genotipo 440785 presentó el valor más bajo en ambos ambientes.

Cuadro 17: Contenido de Zinc (mg/100g PF) en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada proveniente de La Molina y San Ramón.

Genotipo	Promedio Zinc (mg/100g PF)
188022.1	0.50 ^a
188003.1	0.48 ^{ab}
440135	0.44 ^{abc}
440022	0.41 ^{abcd}
401526	0.40 ^{abcde}
440007	0.38 ^{abcdef}
440513	0.36 ^{bcdef}
420081	0.36 ^{bcdef}
440107	0.35 ^{bcdef}
440014	0.34 ^{cdef}
440099	0.33 ^{cdef}
440267	0.33 ^{cdef}
401222	0.32 ^{cdef}
440136	0.31 ^{cdef}
441618	0.30 ^{def}
440189	0.29 ^{def}
440518	0.29 ^{def}
440413	0.29 ^{def}
440615	0.29 ^{def}
441624	0.29 ^{def}
441166	0.28 ^{def}
440887	0.28 ^{def}
440442	0.27 ^{ef}
440060	0.27 ^{ef}
440785	0.24 ^f

^{abc} Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas entre las medias ($p < 0.05$). Los resultados de los promedios provienen de dos determinaciones.

La figura 18 muestra los resultados del algoritmo Scottknott (SK) (Scott y Knott, 1974). Este método dividió las medias en tres grupos. La media de los genotipos: 188022.1, 188003.1 y 440135 pertenecen al primer grupo. Las medias de los genotipos: 440022, 401526, 440007, 440513 y 420081 pertenecen al segundo grupo y las medias de los genotipos: 440107, 440014, 440099, 440267, 401222, 440136, 441618, 440189, 440518, 440413, 440615, 441624, 441166, 440887, 440442, 440060 y 440785 pertenecen al tercer grupo. El método de agrupamiento permitió visualizar la variabilidad que existe entre las medias de los genotipos según el contenido de zinc; identificando a los genotipos que presentaron valores altos, medios y bajos. Además, el gráfico permitió visualizar el comportamiento de los genotipos frente al ambiente, mostrando a los genotipos que presentaron mayor estabilidad (440022 y 441166) y a los genotipos que presentaron mayor variabilidad (440107, 440007 y 440135).

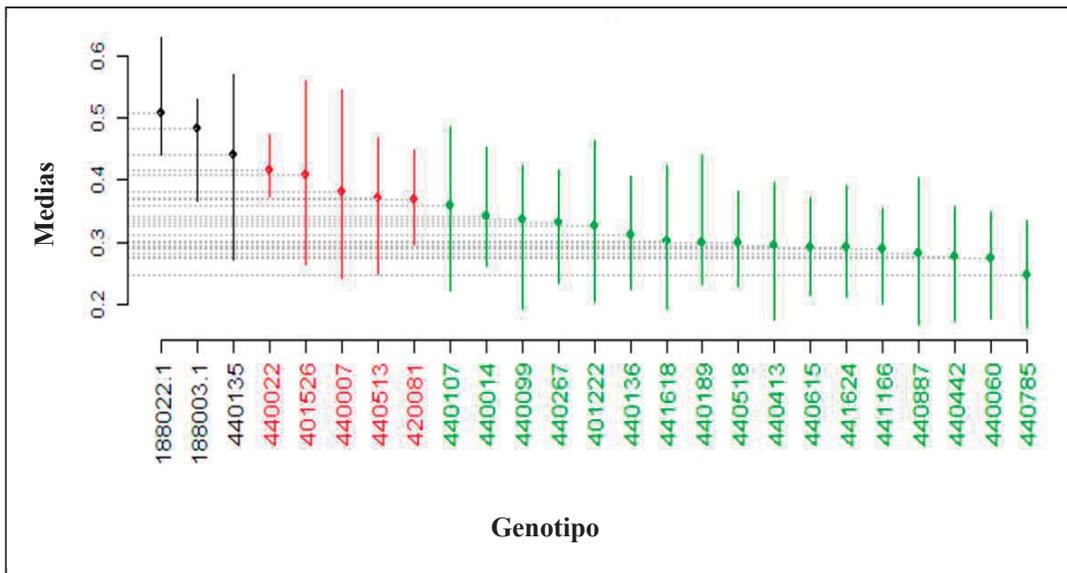


Figura 18: Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de Zinc (mg/100g PF) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha= 5\%$.

La variabilidad que existe en el contenido de zinc ha podido ser afectados por las condiciones ambientales propias de cada lugar. El contenido de zinc presente en las raíces de camote podría contribuir con el requerimiento diario de zinc en niños con edades entre 5 a 8 años. Acorde a los resultados obtenidos, el genotipo 188022.1 obtuvo una concentración promedio de 0.5mg/100g BF el cual podría proveer alrededor del 25% de los requerimientos diarios de zinc en niños en edades de 5 a 8 años (5mg/día) (Food and Nutrition Board 2011).

En general, los resultados indican que los genotipos de camote han respondido de manera diferente ante un determinado ambiente; afectando el contenido de β -caroteno, hierro y zinc. A través de la determinación del contenido de β -caroteno, hierro y zinc en los 25 genotipos de camote, se ha podido seleccionar a los genotipos que presentaron características adecuadas para mejorar la cantidad de estos compuestos a través del mejoramiento genético y el manejo agronómico. Los diversos factores ambientales ha influido en el contenido de los nutrientes del cultivo; así mismo estos factores ambientales ha interactuado con los factores genéticos causando la interacción genotipo por ambiente.

4.1.5 Contribución potencial nutricional y requerimientos diarios:

Una porción promedio de 100g de camote podría proveer más del 100% del requerimiento diario de β -caroteno en niños en edades de 4 a 8 años (Cuadro 18), incluso aquellos genotipos que presentaron bajos contenidos del nutriente. Los genotipos que presentaron un color de pulpa naranja intenso como los genotipos: 420081, 440413, 440442, 440518 pueden proveer más de 3 veces del requerimiento diario de contenido de β -caroteno. Sin embargo, la contribución potencial del camote respecto a los requerimientos diarios de minerales son bastante bajo. Las deficiencias de hierro y zinc conjuntamente con la vitamina A son consideradas una de las principales deficiencias a nivel mundial causantes de la malnutrición (Ezzatti et al. 2002). Una porción promedio de cualquiera de los genotipos podría estar proporcionado al menos 6% y 7% de la dosis recomendada de hierro y zinc respectivamente en niños entre edades de 4 a 8 años.

Cuadro 18: Nutrientes suministrados por 100gramos de camote (los cálculos fueron hechos usando los factores de Retención del USDA). Cantidades diarias recomendadas de los nutrientes (mg/día) para niños en edades de 4 – 8 años, y la contribución potencial (%) de los nutrientes de ese estado de vida.

Nutriente	RDA (mg/día)	unidades	Valores promedios
Vitamina A	400	μg RAE/100g fresco ^a	1061
		%RDA 4-8 años de edad ^b	265
Hierro	10	mg RAE/100g fresco ^a	0.6
		%RDA 4-8 años de edad ^b	5.5
Zinc	5	mg RAE/100g fresco ^a	0.3
		%RDA 4-8 años de edad ^b	6.7

^a RAE: Actividad equivalente del retinol: 12μg β-caroteno = 1μg retinol = 1 μg RAE (Trumbo et al. 2001)

^b RDA: Cantidad diarias recomendadas (ingesta diaria que se considera suficiente para satisfacer las necesidades de nutrientes de los individuos casi todos sanos en un grupo etapa de la vida y de género en particular) (Trumbo et al. 2001).

4.2 Contenido de materia seca y β-caroteno durante la cocción en ocho genotipos de camote evaluando el efecto de almacenamiento y cocción.

En la siguiente etapa de la investigación, se seleccionó ocho genotipos con concentraciones bajas, medias y altas de β-caroteno, las cuales fueron analizadas en crudo, hervidas y horneadas evaluando el efecto de la cocción sobre el contenido de β-caroteno y materia seca (Cuadro 19).

Cuadro 19: Genotipos selectos para la determinación de β -caroteno y materia seca durante la cocción.

Contenido de β -caroteno (mg/100g BF)				
Grupos	Genotipos	La Molina	San Ramón	Promedio
Altos	440442	20.17	17.69	18.93
	440413	18.30	16.48	17.39
	420081	18.65	14.52	16.58
Medios	440135	19.82	11.64	15.73
	440615	17.56	11.60	14.58
Bajos	440018	11.92	10.20	11.06
	440014	12.76	8.46	10.61
	441166	10.09	9.23	9.66

A continuación, se presentan los resultados del contenido de materia seca y β -caroteno de las raíces de camote durante la cocción:

4.2.1 Efecto de la cocción sobre el contenido de materia seca

El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas entre los genotipos y los tratamientos de cocción: ebullición y horneado, más no existen diferencias significativas en su interacción respecto al contenido de materia seca. (Cuadro 20). Al encontrar diferencias significativas entre los genotipos y los tratamientos se realizó la prueba de Tukey para realizar la comparación de medias respecto al contenido de materia seca.

Cuadro 20: Análisis de varianza para el contenido de Materia seca (%) en ocho genotipos de camote de pulpa anaranjada proveniente de La Molina.

	GL	SC	CM	F-valor	Pr (>F)	
Genotipo	7	590.42	84.35	103.53	$2.29e^{-16}$	***
Tratamiento	2	30.13	15.10	18.49	$1.38e^{-5}$	***
Gen : trat	14	15.74	1.12	1.38	0.236	NS
Residuales	24	19.55	0.81			

*** Significativo a un nivel de probabilidad de 0.05%

El contenido de materia seca en los ocho genotipos de camote crudos y cocidos se muestra en el Cuadro 21. Los genotipos presentaron un ligero incremento en el contenido de materia seca cuando las raíces de camote fueron cocidas por ebullición y por horneado. La comparación de tratamientos de cocción por genotipos muestra que los genotipos: 440018, 440442, 440615 y 420081 no presentaron diferencias significativas en el contenido de materia seca durante la cocción. Siendo el tratamiento de cocción por horneado el tratamiento que presentó el mayor contenido promedio de materia seca (26.10%) seguido del ebullición (25.41%). (Anexo 12)

Cuadro 21: Contenido de materia seca (%) en ocho genotipos de camote durante la cocción por ebullición y por horneado.

Tratamientos	Genotipos							
	440014	440018	440413	440442	440615	440135	441166	420081
Crudo	18.71 ^b	20.03 ^a	21.83 ^b	24.75 ^a	27.12 ^a	28.83 ^b	28.12 ^b	26.06 ^a
Ebullido	20.28 ^{ab}	21.07 ^a	23.57 ^{ab}	25.42 ^a	26.83 ^a	29.15 ^{ab}	29.84 ^b	27.13 ^a
Horneado	20.88 ^a	21.54 ^a	24.17 ^a	24.85 ^a	26.82 ^a	30.77 ^a	32.82 ^a	26.94 ^a

^{abc} Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas entre las medias ($p < 0.05$). Los resultados de los promedios provienen de dos determinaciones.

A través del gráfico de comparación de medias, se identificó que el genotipo 441166 fue susceptible a los tratamientos térmicos ya que presentó la mayor variabilidad respecto al contenido de materia seca. A diferencia del genotipo 441166, los genotipos: 440442 y 420081 presentaron mayor estabilidad del contenido de materia seca frente a los procesos de cocción.

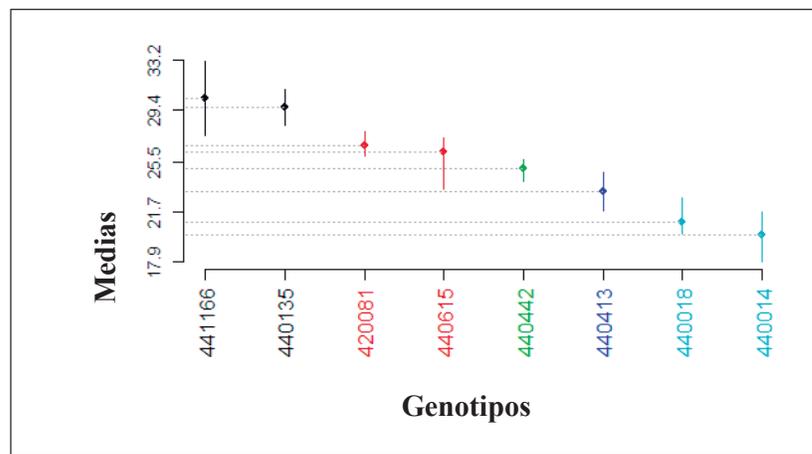


Figura 19: Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de Materia seca (%) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha= 5\%$.

Los resultados obtenidos fueron similares a los encontrados por Dincer et al. (2011), quien encontró que el contenido de materia seca en tres genotipos de camote incrementó al ser cocidas por ebullición y horneado; los valores fueron comparados con las muestras frescas para verificar el grado de variación. Los niveles de variación del contenido de materia seca según los tipos de cocción fueron: fresco, hervido y horneado: Beniazuma (33.76, 36.15, 38.10); Koganesengan (33.50, 37.65, 40.65) y Kotobuki (31.07, 33.00, 36.55). Cabe mencionar, que entre los 63°C y 74°C los gránulos de almidón del camote pierden de golpe su estructura organizada, absorben una gran cantidad de agua y se convierten en marañas amorfas de almidón y agua entremezcladas, donde los gránulos se transforman en geles individuales originando mallas de largas moléculas que contienen agua. Por efecto del tiempo y la temperatura los gránulos se hinchan más y se empieza a producir la ruptura gradual de las moléculas de almidón en pequeños fragmentos. En los dos tratamientos de cocción se ha trabajado con temperaturas superiores a las de gelificación; lo que explica el ligero incremento del contenido de materia, debido a la concentración de nutrientes por la pérdida de agua (Purcell y Walter 1982). Por otro lado, las diferencias en el contenido de materia seca son atribuidas al uso de los distintos tipos de cocción. Cuando se dio la cocción por ebullición, el agua se calienta y la energía de sus moléculas fue suficiente para romper las zonas más débiles del gránulo de almidón. Entonces, los gránulos absorbieron más agua y se hincharon, aplicando presión cada vez más a las zonas más organizadas y fuertes del gránulo (gelificación del almidón). Para el caso del horneado, el aire fue el fluido de contacto, donde la cocción fue a altas temperaturas (180°C a 200°C) para

transferir el calor; las temperaturas fueron muy superiores a la temperatura de ebullición del agua. Además, el tiempo de horneado fue mayor, debido a que la conductividad térmica del aire es mucho menos que la del agua. Finalmente, cabe mencionar que durante el horneado de las raíces de camote, las raíces adquirieron un sabor agradable además desarrollaron una corteza dorada y crocante producida por la reacción de Maillard, llevada a cabo entre los azúcares reductores y sus grupos aminos provenientes de las proteínas (Badui 2006).

4.2.2 Efecto de la cocción sobre el contenido de β -caroteno

El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas entre los genotipos y los tratamientos de cocción: ebullición y horneado, mas no existe diferencias significativas en su interacción respecto al contenido de β -caroteno (Cuadro 22). Al encontrar diferencias significativas entre genotipos y los tratamientos se realizó la prueba de Tukey para la comparación de medias respecto al contenido de β -caroteno.

Cuadro 22: Análisis de varianza para el contenido de β -caroteno (mg/100g) en 8 genotipos de camote de pulpa anaranjada durante los procesos de cocción.

	GL	SC	CM	F-valor	Pr (>F)	
Genotipo	7	565.47	80.78	59.29	1.32e ⁻¹³	***
Tratamiento	2	72.47	36.23	26.59	8.17e ⁻⁷	***
Gen : trat	14	29.57	2.11	1.55	0.1672	
Residuales	24	32.70	1.36			

*** Significativo a un nivel de probabilidad de 0.05%

El contenido de β -caroteno en ocho genotipos de camote crudas y cocidas se muestra en el Cuadro 23. Los genotipos presentaron una disminución en el contenido de β -caroteno al ser cocidas por ebullición y horneado. La comparación de tratamientos de cocción por genotipo muestra que los genotipos: 440014, 440615 y 441166 no presentaron diferencias significativas en el contenido de β -caroteno durante la cocción. Siendo el tratamiento de cocción por ebullición el tratamiento que presentó el mayor contenido promedio de β -caroteno (15.14mg/100g PF) respecto al tratamiento de cocción por horneado (14.28mg/100g PF). Además, los resultados muestran que el genotipo: 440442 presentó el mayor contenido de β -caroteno con valores que van en el rango de 18.06 – 24.72mg/100g PF (Anexo 13).

Cuadro 23: Contenido de β -caroteno (mg/100g PF) en ocho genotipos de camote de pulpa anaranjada durante los procesos de cocción.

		Genotipos							
Tratamientos	440014	440018	440413	440442	440615	440135	441166	420081	
Crudo	13.55 ^a	12.40 ^a	20.49 ^a	24.10 ^a	14.26 ^a	19.13 ^a	13.23 ^a	20.54 ^a	
Ebullido	12.64 ^a	10.77 ^{ab}	18.55 ^{ab}	20.39 ^b	13.87 ^a	14.97 ^b	12.22 ^a	18.48 ^{ab}	
Horneado	11.80 ^a	9.71 ^b	16.96 ^b	18.87 ^b	13.32 ^a	12.92 ^b	12.04 ^a	17.93 ^b	

^{abc} Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas entre las medias ($p < 0.05$). Los resultados de los promedios provienen de dos determinaciones.

La comparación de medias se representó mejor a través de un gráfico, donde se identifica cada grupo con un color determinado. El gráfico permite visualizar mejor la variabilidad existente entre los genotipos al comparar sus medias (Figura 20), donde se identifica al genotipo 440135 el cual presentó mayor susceptibilidad a los tratamientos térmicos, presentando una amplia variabilidad en el contenido de β -caroteno a diferencia de los genotipos: 440014 y 441166 que presentaron una mayor estabilidad del contenido de β -caroteno frente a los procesos de cocción.

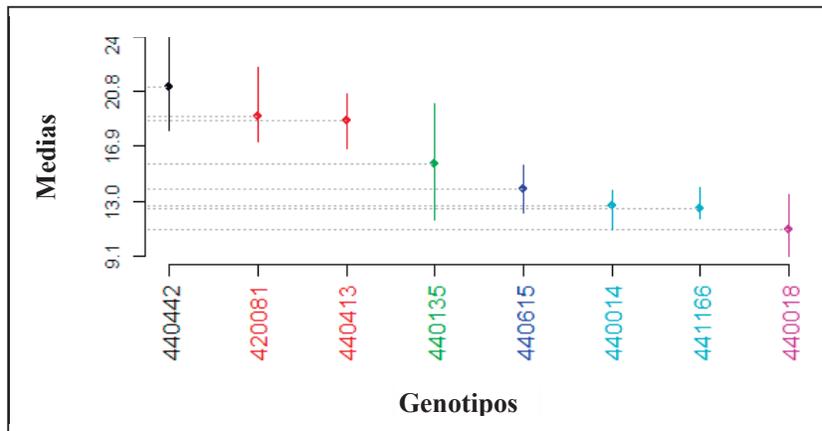


Figura 20: Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de β -caroteno (mg/100g PF) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha = 5\%$

Según lo antes expuesto, los genotipos presentaron una disminución en el contenido de β -caroteno cuando estos fueron cocidos por horneado. La disminución fue debido a los

cambios oxidativos ocasionados por las altas temperaturas durante la cocción. A temperaturas altas de cocción se suelen generar los isómeros *cis* y la formación de epóxidos, debido a la gran cantidad de dobles enlaces conjugados que presenta el compuesto (Dutta et al. 2006). Los procesos oxidativos se inician en el extremo de la molécula ocasionando la progresiva disminución del color característico de los carotenoides.

4.2.2.1 Retención del contenido de β -caroteno en el camote cocido:

Los valores de retención β -caroteno de las muestras cocidas por ebullición presentaron un valor promedio del 83% y las muestras horneadas presentaron un valor promedio del 75% (Figura 21). Cabe señalar que los genotipos que presentaron mayor contenido de carotenoides retuvieron mayor contenido de β -caroteno en ambos tipos de cocción; ya que los cultivos ricos en carotenoides son menos susceptibles a la degradación si se compara con los cultivos que presentan menor contenido de β -caroteno (Chandler y Schwartz 1988).

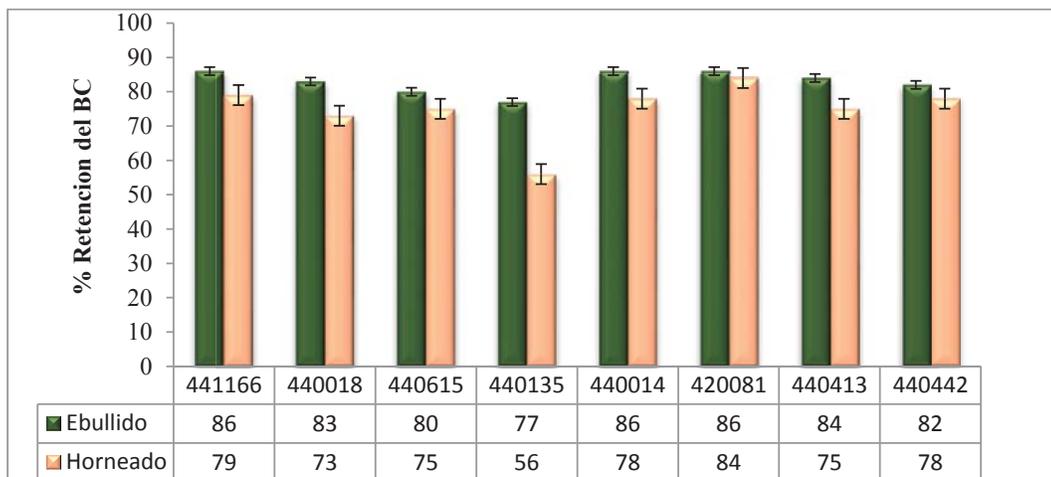


Figura 21: Porcentaje de retención de β -caroteno en ocho genotipos de camote cocido.

Los resultados estuvieron acorde con los encontrados por Van Jaarsveld et al. (2006) quienes reportaron una retención de β -caroteno en el rango de 83% al 92% en raíces de camote cocidas bajo diferentes condiciones, obteniendo la mayor retención cuando fueron cocidas por 20 minutos en una olla con tapa. Kidmose et al. (2007), encontró una retención del 85% en raíces de camote cuando fueron cocidas por ebullición y 73% cuando fueron horneadas. Por su parte, Bengtsson et al. (2008) obtuvo una retención de β -caroteno del

68% en muestras de camote cocidas por ebullición. K'osambo et al. (1998) reportó una reducción del 14 a 59% en carotenoides totales en cuatro variedades de camote cuando fueron hervidas por 30 minutos. Mientras que Rodríguez (1999), encontró una gran pérdida de β -caroteno (31%) al hornear raíces de camote previamente envueltos en papel aluminio y colocados en un horno a temperatura de 191°C durante 80 minutos.

Trabajos sobre cocción en otros alimentos se citan a continuación: Pedreschi et al. (2011) evaluó el efecto de cocción por ebullición, horneado y microondas en tres variedades de arracacha sobre la retención del contenido de carotenoides totales, sus resultados demostraron una pérdida de 10.5%, 48.9% y 59.3% después de 20 minutos de ebullición, 45 minutos de horneado y 5 minutos de cocción por microondas. Continuando con los estudios realizados en raíces y tubérculos, la investigadora De Moura et al. (2015), encontró una retención del 50% de pro-vitamina A en raíces de yuca al ser cocidas por ebullición; sin embargo, cuando elaboró Gari de yuca (producto consumido en África Occidental); el porcentaje de retención fue del 30%; y en tortillas de maíz (producto consumido en América Central) retuvo alrededor del 64% del contenido original. En vegetales también se realizaron trabajos sobre el efecto de cocción, por ejemplo Zhang y Hamauzee (2004) reportó una disminución del 20 a 22% y de 20 a 22.7% en brócoli y tallos sometidas a 300 segundos de ebullición y 300 segundos en microondas a 600 watts. Según los resultados obtenidos, se puede concluir que la cocción por ebullición es el tratamiento más eficiente ya que redujo en menor grado el contenido de β -caroteno en las raíces de camote. Siendo la accesión 440442 la que destacó frente a las demás genotipos por manifestar mayor retención del β -caroteno. Si bien, el proceso de cocción causó cierta degradación, el contenido de β -caroteno en las raíces de camote hervido y horneado es aun sustancial. Con los resultados obtenidos, se puede concluir que a menor tiempo, temperatura y contacto con agua durante el cocinado, mayor es la retención de carotenoides.

4.2.2.2 Contenido de pro-vitamina A

Los resultados de β -caroteno expresados como pro-vitamina A se muestran en el Cuadro 24. Los genotipos crudo presentaron un rango de 1032 a 2029 $\mu\text{g RAE}/100\text{g PF}$, las raíces cocidas por ebullición vario en el rango de 895 a 1738 $\mu\text{g RAE}/100\text{g PF}$ y las raíces horneadas presentaron un rango de 825 a 1706 $\mu\text{g RAE}/100\text{g PF}$.

Cuadro 24: Contenido de pro-vitamina A (μg RAE/100g PF)

Numero CIP	Pro-vitamina A (μg RAE/100g PF)			%RDA		
	Crudo	Ebullición	Horneado	Crudo	Ebullición	Horneado
440442	2029 ^a	1738 ^a	1706 ^a	507 ^a	434 ^a	427 ^a
420081	1707 ^{ab}	1533 ^{ab}	1498 ^{ab}	427 ^{ab}	383 ^{ab}	375 ^{ab}
440413	1595 ^{ab}	1575 ^{ab}	1402 ^{abc}	399 ^{ab}	393 ^{ab}	350 ^{abc}
440135	1602 ^b	1282 ^{bc}	956 ^{cd}	400 ^b	320 ^{bc}	239 ^{cd}
440615	1399 ^{bc}	1116 ^c	1054 ^{bcd}	350 ^{bc}	279 ^c	263 ^{bcd}
440014	1149 ^c	1092 ^c	1039 ^d	287 ^c	273 ^c	260 ^d
441166	1136 ^c	1008 ^c	930 ^{cd}	284 ^c	252 ^c	233 ^{cd}
440018	1032 ^c	895 ^c	825 ^d	258 ^c	224 ^c	206 ^d

^{abc} Letras diferentes en la misma columna representan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$)

Por su parte, el instituto de Medicina propuso un nuevo factor de conversión para estimar las cantidades de actividad de retinol equivalente (RAE) proveniente de los carotenoides que son provitamina A en alimentos, indicando que $12\mu\text{g}$ de *all-trans*- β -caroteno es equivalente a $1\mu\text{g}$ RAE. Este valor es dos veces tan alto que el factor recomendado anteriormente (FAO/WHO, 1988). Según la equivalencia $12\mu\text{g}$ de *all-trans*- β -caroteno = $1\mu\text{g}$ RAE, se ha determinado que el contenido de β -caroteno presente en los ocho genotipos de camote podría contribuir con el requerimiento diario de β -caroteno en niños con edades entre 5 - 8 años. Considerando una ingesta promedio de 100g de camote de pulpa anaranjada al día; el genotipo 440442 obtuvo una concentración promedio de pro-vitamina A de : $2029 \mu\text{g}$ RAE/100g PF al ser cocidas por ebullición y de $1738 \mu\text{g}$ RAE/100g PF al ser cocidas por horneado, el cual aporta el 434% y 427% de los requerimientos diarios de β -caroteno en niños que van entre las edades entre 5-8 años ($400 \mu\text{g}/\text{día}$) (Food and Nutrition Board 2011). El potencial de aliviar la deficiencia de vitamina A mediante el uso de genotipos de camote de pulpa anaranjada, es hoy en día uno de los grandes retos en países sub-desarrollados.

4.3 Contenido de materia seca y β -caroteno durante el almacenamiento de ocho genotipos de camote.

Ya que existen pocos estudios sobre la retención del contenido de β -caroteno en raíces de camote almacenados en forma convencional; la presente investigación se enfocó en determinar el contenido de β -caroteno y materia seca en ocho genotipos de camote almacenados en forma convencional en la Localidad de San Ramón. Las condiciones de almacenamiento se muestran en el Anexo 4. Los genotipos utilizados fueron seleccionados según el contenido β -caroteno, formando tres grupos: bajos, medios y altos. El tiempo de almacenamiento fue de 2, 6 y 9 semanas (Cuadro 25).

Cuadro 25: Genotipos selectos para la determinación de β -caroteno y materia seca durante el tiempo de almacenamiento.

		Contenido de β -caroteno (mg/100g BF)		
Grupos	Genotipos	La Molina	San Ramón	Promedio
Altos	440442	20.17	17.69	18.93
	440413	18.30	16.48	17.39
	440615	17.56	11.60	14.58
Medios	441624	16.70	11.20	13.95
	440513	13.50	11.80	12.65
Bajos	440018	11.92	10.20	11.06
	440022	14.30	7.70	11.00
	440014	12.76	8.46	10.61

A continuación, se presentan los resultados del contenido de materia seca y β -caroteno de las raíces de camote durante el almacenamiento:

4.3.1 Efecto del almacenamiento sobre el contenido de materia seca.

El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas entre los genotipos, mas no existen diferencias significativas en los tratamientos (tiempos de almacenamiento) e interacción: genotipo-tratamiento (Cuadro 26). A través de la prueba de Tukey se realizó la comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de materia seca.

Cuadro 26: Análisis de varianza para el contenido de materia seca en ocho genotipos de camote de pulpa anaranjada durante tres tiempos de almacenamiento (días).

	GL	SC	CM	F-valor	Pr (>F)	
Genotipo	7	559.70	79.96	10.19	7.032e ⁻⁶	***
Tratamiento	2	38.48	19.24	2.45	0.1074	NS
Gen : trat	14	33.11	2.36	0.30	0.9884	NS
Residuales	24	188.27	7.85			

*** Significativo a un nivel de probabilidad de 0.05%

El contenido de materia seca en los ocho genotipos de camote evaluados a las 2, 6 y 9 semanas de almacenamiento se muestran en el Cuadro 27. Los genotipos presentaron un ligero incremento en el contenido de materia seca cuando las raíces fueron almacenadas. El mayor contenido de materia seca se presentó a las 9 semanas de almacenamiento, presentando un valor promedio de 27.07% seguido de las 6 semanas (26.27%) y 2 semanas (24.90%). Los genotipos 441624 y 440513 fueron los que presentaron el mayor contenido promedio de materia seca (30.33% y 31.45%) (Anexo 14).

Cuadro 27: Contenido de materia seca (%) de ocho genotipos de camote durante el almacenamiento

	Genotipos							
Tratamientos	440513	441624	441615	440442	440413	440018	440022	440014
T ₁ : 2 semanas	30.41 ^a	29.10 ^a	27.82 ^a	24.77 ^a	22.96 ^a	22.25 ^a	22.22 ^a	19.65 ^a
T ₂ : 6 semanas	32.38 ^a	29.88 ^a	28.44 ^a	25.82 ^a	25.13 ^a	25.12 ^a	23.08 ^a	20.25 ^a
T ₃ : 9 semanas	31.57 ^a	32.02 ^a	29.11 ^a	24.14 ^a	23.26 ^a	26.54 ^a	27.01 ^a	22.87 ^a

^{abc} Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas entre las medias (p<0.05). Los resultados de los promedios provienen de dos determinaciones.

En la figura 22 se visualiza la variabilidad existente entre los genotipos cuando se compararon sus medias. Los genotipos 440022 y 440018 presentaron mayor susceptibilidad al tiempo de almacenamiento, el contenido de materia seca fue muy variable a diferencia de los genotipos 440442, 440413 y 440513 que fueron más estables durante todo el tiempo de almacenamiento.

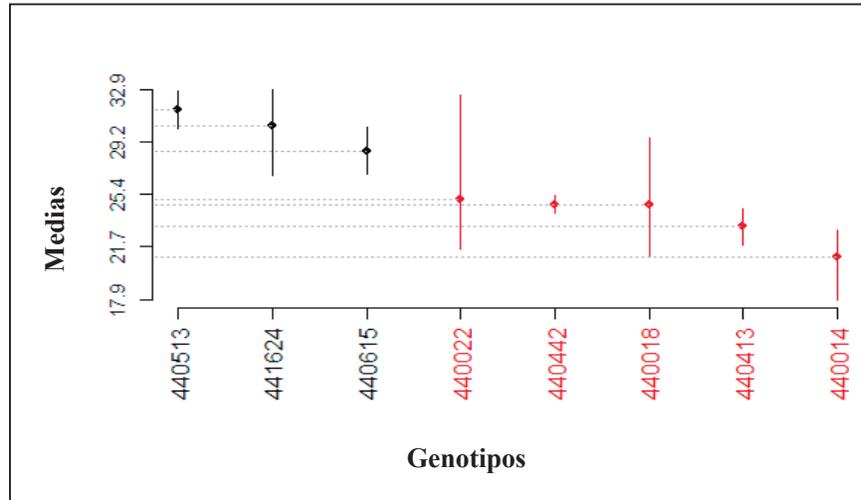


Figura 22: Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de Materia seca (%) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha=5\%$

Una de las posibles causas de la variación del contenido de materia seca en las raíces de camote, es por la constante respiración de las raíces después de cosechadas y durante el almacenamiento; donde transformar los carbohidratos (almidón) en anhídrido carbónico, agua y calor. Durante el almacenamiento, las raíces de camote concentran en su interior una buena cantidad de vapor de agua, el cual depende enteramente de la temperatura propia de la raíz y la temperatura del aire circundante del almacén. Al existir una diferencia de la concentración de vapor del aire del entorno y los espacios intercelulares de la raíz de camote; una fuerza impulsadora va a mover el vapor de agua desde los espacios más concentrados hacia uno menos concentrado, y como en el mayoría de los casos existe mayor humedad en los espacios intercelulares, esto originaría la pérdida del agua de las raíces durante el almacenamiento. La variabilidad de los valores de temperatura (15°C a 26°C) y humedad (44 a 89.4%) registrados en el almacén durante las nueve semanas, demuestran que si existió la pérdida de agua en las raíces durante el periodo de almacenamiento. Mientras más tiempo estuvo almacenado mayor fue la perdida de agua.

4.3.2 Efecto del almacenamiento sobre el contenido de β -caroteno.

El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas entre los genotipos y los tratamientos (tiempos de almacenamiento), mas no existe diferencias significativas en la interacción genotipo-tratamiento respecto al contenido de β -caroteno (Cuadro 28). Al encontrar diferencias significativas entre los genotipos y los tiempos de almacenamiento

se realizó la prueba de Tukey para la comparación de medias respecto al contenido de β -caroteno.

Cuadro 28: Análisis de varianza para el contenido de β -caroteno (mg/100g PF) en ocho genotipos de camote de pulpa anaranjada durante tres tiempos de almacenamiento (días).

	GL	SC	CM	F-valor	Pr (>F)	
Genotipo	7	677.41	96.77	13.68	5.30e ⁻⁷	***
Tratamiento	2	361.10	180.55	25.52	1.14e ⁻⁶	***
Gen : trat	14	60.95	4.35	0.615	0.8264	
Residuales	24	169.80	7.07			

*** Significativo a un nivel de probabilidad de 0.05%

El contenido de β -caroteno en ocho genotipos de camote almacenados a las T₁: 2 semanas; T₂: 6 semanas y T₃: 9 semanas se encuentra expresado en el Cuadro 29. Los genotipos presentaron un incremento en el contenido de β -caroteno al prolongar el tiempo de almacenamiento. La comparación de tratamientos (tiempos de almacenamiento) por genotipo muestra que los genotipos: 440413 y 440513 no presentaron diferencias significativas en el contenido de β -caroteno durante el tiempo de almacenamiento. El contenido promedio de β -caroteno más alto se exhibió a las nueve semanas de haber sido almacenados (24.25mg/100g PF) seguido de las seis semanas con un valor promedio de 20.84 mg/100g PF y a las 2 semanas (17.53 mg/100g PF). Además, los resultados muestran que el genotipo 440442 presentó el mayor contenido de β -caroteno con valores que van en el rango de 23.61 a 31.82mg/100g PF. (Anexo 15).

Cuadro 29: Contenido de β -caroteno (mg/100g PF) en ocho genotipos de camote durante tres tiempos de almacenamiento.

	Genotipos							
Tratamientos	440014	440018	440022	440413	440442	440513	440615	441624
2 semanas	14.27 ^b	13.83 ^b	16.20 ^b	21.14 ^a	24.12 ^b	15.08 ^a	17.40 ^b	18.19 ^b
6 semanas	16.55 ^{ab}	16.45 ^{ab}	20.33 ^{ab}	21.21 ^a	30.71 ^a	17.72 ^a	20.03 ^b	23.69 ^a
9 semanas	19.84 ^a	20.96 ^a	22.27 ^a	24.39 ^a	31.62 ^a	20.06 ^a	27.48 ^a	27.37 ^a

^{abc} Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas entre las medias (p<0.05). Los resultados de los promedios provienen de dos determinaciones.

La Figura 23 permite visualizar la variabilidad existente entre los genotipos al comparar sus medias. Los genotipos: 440615 y 440018 exhibieron mayor susceptibilidad al tiempo de almacenamiento a diferencia de los genotipos 440442, 440513 y 440413 que presentaron mayor estabilidad del contenido de β -caroteno durante el almacenamiento. A las 9 semanas las raíces de camote concentraron el contenido de β -caroteno debido a la evaporación del agua de la raíz.

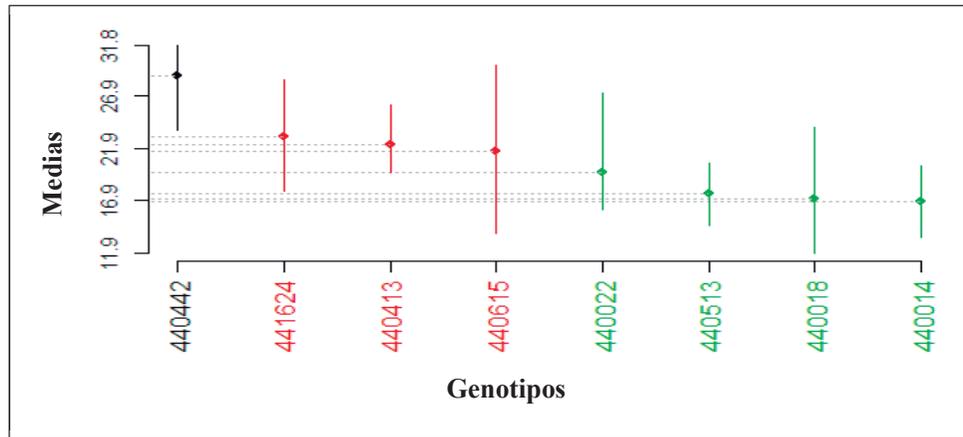


Figura 23: Comparación de medias de los genotipos respecto al contenido de β -caroteno (mg/100g PF) usando el algoritmo de Scottknott, $\alpha= 5\%$.

Los carotenoides son componentes que pueden disminuir cuando el alimento es almacenado por periodos prolongados. En algunos cultivos parece que los carotenoides aumentan durante el almacenamiento mientras que en otros cultivos decrece (Anderson 1956). Trabajos realizados en tomates, revelan que la temperatura y el tiempo de cosecha influenciaron significativamente en la concentración de los carotenoides en tomates almacenados en invernaderos con cámaras con ambientes controlados (Koskitalo y Ormrod 1972). Sin embargo, estudios realizados algunos vegetales particularmente en hojas, demuestran que existe una pérdida significativa de carotenoides durante el almacenamiento en la post-cosecha. Por otro lado, trabajos anteriores han encontrado que durante el almacenamiento también se da la transformación del almidón en azúcares reductores y posteriormente en sucrosa. Los niveles de sucrosa incrementa en los primeros 17 días después de la cosecha (Salunke y Kadam, 1998).

4.4 Contenido de β -caroteno en el pan de camote elaborado con tres niveles de sustituciones de harina de trigo por harina de camote

Teniendo en cuenta que el camote de pulpa anaranjada es un alimento rico en β -caroteno, y que el pan es considerado el producto de mayor consumo a nivel mundial; el efecto de la incorporación de harina de camote en la elaboración de pan bajo tres niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC) fue estudiado.

En cada tratamiento: 90%HT: 10%HC; 80%HT: 20%HC y 70%HT: 30%HC, se realizó el análisis físico a través del volumen, peso y volumen específico del pan. Así mismo, se determinó el contenido de: humedad, proteína, grasa, fibra, ceniza, carbohidratos, β -caroteno hierro y zinc. También se evaluaron los parámetros sensoriales: Color de la corteza del pan, estructura de la miga, textura, aroma y sabor. Y finalmente se evaluó la textura del producto a través del análisis de perfil de textura (TPA) a través de las siguientes características: Cohesividad, masticabilidad, dureza y gomosidad.

A continuación se presentan los resultados y discusión de cada una de las variables evaluadas en los cuatro tratamientos de sustitución:

4.4.1 Harina de camote

Para la obtención de la harina de camote, primeramente las raíces fueron cocidas, peladas y después convertidas en una pasta homogénea la cual fue liofilizada y finalmente molida. Es importante mencionar que durante el proceso de cocción se generó la gelatinización de los gránulos de almidón existente en las raíces de camote, y tras el secado estas se endurecieron, las cuales fueron difíciles de romper para obtener finas partículas durante el proceso de molienda (Fennema 1996).

4.4.2 Propiedades físicas del pan elaborado con tres niveles de sustitución de harina trigo por harina de camote.

Dentro de los principales índices de calidad del pan, se encuentran incluidas las siguientes propiedades físicas: el volumen, el peso y el volumen específico del pan. Las cuales proporcionan valiosa información acerca de la calidad del producto, siendo una invaluable herramienta que nos permite realizar comparaciones del uso de los ingredientes; así mismo evaluar el efecto que ejercen en el proceso. El volumen específico, es la proporción del volumen del pan sobre su peso, el cual ha sido generalmente adoptado en la literatura como la medición más fiable dentro de las propiedades físicas del pan. (Shittu et al. 2007).

Las propiedades físicas del pan elaborado con tres niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC) están expresadas en el Cuadro 30. El peso del pan de los cuatro tratamientos con diferentes niveles de sustitución %HT: %HC presentaron un rango: 32.5 - 36.5g. El tratamiento 70%HT: 30%HC obtuvo el mayor peso entre los tratamientos. Sin embargo, los otros tratamientos de sustitución de %HT por %HC obtuvieron productos con pesos relativamente bajos. El volumen del pan de los cuatro tratamientos con diferentes niveles de sustitución %HT: %HC presentaron el siguiente rango: 205.5 a 170.5 cm³. El volumen del pan más bajo fue registrado por el tratamiento con mayor sustitución de %HT por %HC (70: 30) mientras que la muestra control registró el mayor volumen del pan. Esta observación es corroborada por Ndife et al. (2011) quien encontró una disminución en el volumen del pan y la expansión de la masa con el aumento de la harina de soya. Cuando los niveles de sustitución de %HT por %HC incrementaron, el volumen del pan disminuyó, como se puede observar en el Anexo 5. Malomo et al. (2011) también observó una tendencia similar donde el volumen del pan decreció cuando fue incrementando los niveles de sustitución de harina de trigo por harina de frutas. Este comportamiento podría ser atribuido por la inclusión de la harina de camote el cual redujo el gluten del trigo y consecuentemente el debilitamiento de la red del gluten en la masa, esta afirmación es corroborada por el trabajo de Taha (2000). El volumen específico de los diferentes tratamientos presentó un rango de 6.32 a 4.67 cm³/g como se muestra en el Cuadro 30. El volumen específico del pan elaborado con 100%HT: 0%HC presentó el más alto valor. Lo cual significa que al incrementar los niveles de sustitución de HT por HC, el volumen específico del pan tiende a disminuir. Una vez más, esta observación fue compartida por Malomo et al. (2011). Los parámetros registrados en la elaboración de pan de camote en los cuatro niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC) se encuentran registrados en el Anexo 6.

Los resultados del presente estudio son compartidos con el Instituto del Desarrollo e Investigación de productos y granos de China, quienes indican que el volumen específico estándar del pan debería ser 6cm³/g y debería no ser menos que 3.5cm³/g (Liu et al. 2009). Por lo tanto, se puede concluir que según los análisis físicos realizados en los cuatro tratamientos, la sustitución de %HT por %HC hasta un 30% puede ser factible para obtener un producto de calidad y atractivo para el consumidor.

Cuadro 30: Propiedades físicas del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC).

TRATAMIENTOS					
Propiedades físicas:		100%HT : 0%HC	90%HT : 10%HC	80%HT : 20%HC	70%HT : 30%HC
Peso (g)		32.5	34.0	34.5	36.5
Volumen (cm ³)		205.5	187.2	174.5	170.5
Volumen específico (cm ³ /g)		6.32	5.50	5.05	4.67
Textura		buena	buena	buena	buena
Suavidad		buena	buena	buena	buena
Corteza	color	caramelo normal	caramelo ligeramente oscuro	caramelo ligeramente más oscuro	caramelo casi marrón
	color	cremoso	anaranjado intenso	anaranjado característico	anaranjado característico
Miga	forma	uniforme	uniforme	ligeramente no uniforme	no uniforme

4.4.3 Composición Proximal del pan

La composición proximal del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de %HT: %HC (10, 20 y 30) se encuentra expresada en el Cuadro 31.

4.4.3.1 Contenido de materia seca

Los resultados de materia seca indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, presentando rangos entre: 79.4% y 79.1% respectivamente. Existe un ligero incremento del contenido de humedad al incrementar el porcentaje de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC); este comportamiento podría ser ocasionado por la presencia de la fibra proveniente del camote, la cual podría haber retenido humedad durante los procesos de cocción y horneado, donde el agua disponible pudo haber sido utilizada durante la gelatinización (Vosloo 2005). Además, los resultados son consistentes con los encontrados por Mais (2008), quien señala que el contenido de humedad incrementó significativamente al incrementar el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de camote (5% al 15%) en la elaboración de pan.

4.4.3.2 Contenido de proteínas

Se encontraron diferencias significativas en el contenido de proteínas entre los distintos tratamientos, presentando rangos entre: 9.97 – 8.30% respectivamente. El contenido de proteínas fue disminuyendo al incrementar progresivamente los porcentajes de sustitución de harina de trigo por harina de camote. Los resultados demuestran que el tratamiento 100%HT: 0%HC presentó el valor más alto de proteínas (9.97%) y el tratamiento 70% HT: 30%HC presentó el valor más bajo (8.30%); siendo la presencia de la harina de trigo responsable del incremento significativo del contenido de proteínas, ya que además de poseer cantidades considerables de almidón; la harina de trigo presenta en su composición dos importantes proteínas las cuales son: la glutenina y la gliadina, estas dos representan el 80% del contenido total de las proteínas presentes en la harina del trigo, las cuales son responsables de formar la estructura del pan. Los filamentos producidos por estas dos proteínas forman el “gluten”, el cual brinda propiedades de visco-elasticidad, propiedad completamente diferente a otros cereales. A partir de las premisas anteriores, cabe señalar que la mayor presencia del trigo en el pan ocasionó el incremento significativo del contenido de proteínas, ya que la harina de trigo proporciona un 10.5% de proteínas, el cual es substancialmente alto si lo comparamos con el aporte de proteínas que presenta la harina de camote con un 1.8% de proteínas.

Precisamente, la bibliografía indica que los tubérculos y cereales no son considerados fuente importante de proteínas, es por esta razón que el consumo de estos alimentos deben ser acompañados con alimentos ricos en proteínas (Idolo, 2011). Finalmente, los resultados de proteínas fueron similares a los resultados encontrados por Greene et al. (2004), quien encontró que al incrementar las cantidades de harina de camote en el pan, incrementó los contenidos de β -caroteno y disminuyó el contenido de proteínas en el pan suplementado con harina de camote.

4.4.3.3 Contenido de fibra

Se encontraron diferencias significativas en el contenido de fibra entre los distintos tratamientos, presentando rangos entre: 0.17 – 0.73% respectivamente. El contenido de fibra incrementó gradualmente con la incorporación de harina de camote en la formulación. El tratamiento 70%HT: 30%HC presentó el contenido más alto de fibra (0.73%) y el tratamiento 100% HT: 0%HC presentó el contenido más bajo de fibra (0.17%).

Los resultados fueron similares a los encontrados por Pongjanta et al. (2006), quien evaluó el contenido de fibra en: pastel de mantequilla, pan, queques y galletas, al sustituir el 10% de harina de trigo por harina de calabaza presentaron rangos de fibra entre: 0.42 – 0.89%.

Por otro lado Olaoye et al. 2006, encontró rangos entre 0.03 – 0.14% de fibra al evaluar cuatro niveles de sustitución de harina de trigo por harina de soya (0%, 5%, 10% y 15%) en la producción de pan. Valores que se encuentra por debajo a los obtenidos por el tratamiento 90% HT: 10% HC. Sin embargo, ambos estudios presentaron la misma tendencia, donde al incrementar el porcentaje de sustitución también incrementó el contenido de fibra en la composición del pan.

En la actualidad, el desarrollo de productos alimenticios con altos contenidos de fibra es de gran importancia, ya que ha sido comprobado que el consumo de fibra podría reducir significativamente el riesgo de enfermedades coronarias, cáncer, obesidad y diabetes (Bultriss 2008). Además que la fibra tiene un efecto positivo sobre la prevención del cáncer al colon y problemas de constipación (Lunn 2007 y Stephen 1980). De hecho que, todos los reportes demuestran claramente la importancia de la fibra en la salud humana. Bajo este contexto, cabe mencionar que la harina de camote es catalogado como un alimento que presenta cantidades significativas de fibra dietaria (alrededor del 17%) (Yadav 2006); la cual realza aún más la importante contribución nutricional del camote.

4.4.3.4 Contenido de cenizas

Se encontraron diferencias significativas en el contenido de cenizas entre los distintos tratamientos, presentando rangos entre: 0.75 – 1.04% respectivamente. El contenido de cenizas fue incrementando con el incremento progresivo de la harina de camote en la elaboración del pan. El tratamiento 70%HT: 30%HC presentó el contenido más alto de cenizas (1.04%) y el tratamiento 100% HT: 0%HC presentó el contenido más bajo de cenizas (0.75%).

4.4.3.5 Contenido de grasa

Se encontraron diferencias significativas en el contenido de grasa entre los tratamientos 70% HT: 30%HC y 100% HT: 0%HC. Por otro lado, no existe diferencias significativas entre los tratamientos 90% HT: 10% HC y 80% HT: 20% HC. El contenido de grasa fue incrementando con el incremento progresivo de la harina de camote en la elaboración del pan. El tratamiento 70%HT: 30%HC presentó el contenido más alto de grasa (9.02%) y el tratamiento 100% HT: 0%HC presentó el contenido más bajo de grasa (7.75%).

4.4.3.6 Contenido de carbohidratos

Se encontraron diferencias significativas en el contenido de carbohidratos entre los tratamientos 80%HT: 20%HC y 70%HT: 30%HC. Sin embargo, no existe diferencias significativas entre los tratamientos 100%HT: 0%HC y 90%HT: 10%HC. El contenido de carbohidratos presentó una disminución significativa en el tratamiento 70%HT: 30%HC respecto a los otros tratamientos, la cual podría ser consecuencia de la mayor incorporación de harina de camote en la formulación del pan, siendo el alto contenido de fibra y el bajo contenido de carbohidratos, una de las características principales de la harina de camote. Es así que, el tratamiento 100%HT: 0%HC presentó el contenido más alto de carbohidratos (59.3%) y el tratamiento 70% HT: 30%HC presentó el contenido más bajo de carbohidratos (56.9%). Por lo tanto, los resultados de los carbohidratos demuestran que existe una disminución en el contenido de energía al incorporar mayor cantidad de harina de camote en la formulación. La evaluación de comparaciones múltiples entre los tratamientos respecto al contenido de proteínas, fibra y ceniza fueron significativamente diferentes. Además, los resultados demuestran que los límites de confianza al 95% en los tratamientos 100% HT: 0%HC y 70% HT: 30%HC no se sobreponen. Así mismo, los límites de confianza en el contenido de grasa al 95% expresan que el tratamiento 70% HT: 30%HC es al menos 0.85% mayor que el tratamiento 100% HT: 0%HC. Y finalmente, los límites de confianza en el contenido de carbohidratos al 95% expresan que el tratamiento 100% HT: 0%HC es al menos 3.1% mayor que el tratamiento 70% HT: 30%HC.

Cuadro 31: Promedios y límites de confianza (LC) de las medias para las variables utilizadas en la composición proximal de los panes elaborados con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo (HT[†]) por harina de camote (HC[‡]).

HT [†] : HC [‡] (%)	Materia seca (%)	Proteína (%)FW	Grasa (%) FW	Fibra (%) FW	Ceniza (%) FW	CHOs [§] (%) FW
100 : 0						
\bar{x}	79.4 ^a	9.97 ^a	7.75 ^a	0.17 ^a	0.75 ^a	59.3 ^a
CL _{95%}	78.9 - 79.9	9.86-10.08	7.54 - 7.95	0.16 - 0.18	0.71 - 0.80	58.9 - 59.6
90 : 10						
\bar{x}	79.4 ^a	9.13 ^b	8.11 ^b	0.27 ^b	0.85 ^b	59.0 ^a
CL _{95%}	78.9 - 79.8	9.01- 9.24	7.90 - 8.31	0.26 - 0.28	0.80 - 0.89	58.7 - 59.4
80 : 20						
\bar{x}	79.2 ^a	8.75 ^c	8.26 ^b	0.51 ^c	0.93 ^c	58.0 ^b
CL _{95%}	78.7 - 79.6	8.63 - 8.86	8.05 - 8.46	0.50 - 0.52	0.89 - 0.97	57.6 - 58.3
70 : 30						
\bar{x}	79.1 ^a	8.30 ^d	9.02 ^c	0.73 ^d	1.04 ^d	56.9 ^c
CL _{95%}	78.7 - 79.6	8.19 - 8.41	8.80 - 9.21	0.72 - 0.74	0.99 - 1.08	56.5 - 57.2

[†]HT, harina de trigo fortificada con Hierro según la ley peruana N° 28314.

Harina de trigo: “FAVORITA” producida por ALICORP S.A, (fortificada con hierro con niveles de 5.5mg/100g)

[‡]HC, harina de camote preparado a partir de camote de pulpa anaranjada (CIP-440442) (99mg/100g PS de contenido de β -caroteno).

CHOs[§] = Contenido de carbohidratos totales.

^{abcd} Diferentes letras representan diferencias significativas entre los medias (p< 0.05)

4.4.4 Contenido de β -caroteno en el pan de camote

Los resultados del contenido de β -caroteno en los panes elaborados con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC) se encuentran expresados en el Cuadro 32. El análisis de varianza indica que se encontraron diferencias significativas en los diferentes tratamientos, presentando rangos entre: 861.5 a 3348.8 μ g/100g PF respectivamente. El contenido de β -caroteno incrementó gradualmente con la incorporación de harina de camote en la formulación. El tratamiento 70%HT: 30%HC presentó el contenido más alto de β -caroteno (3348.8 μ g/100g PF) y el tratamiento 100%HT: 0%HC presentó el contenido más bajo de β -caroteno (0.17 μ g/100g PF). El contenido de β -caroteno está directamente asociado con el contenido de pro-vitamina A (μ g RAE/100g PF), el cual incrementó en el mismo orden que el β -caroteno. El contenido de provitamina A presentó rangos entre: 72 μ g RAE/100g PF (90% HT: 10%HC) a 279 μ g RAE/100g PF (70% HT: 30%HC) (Cuadro 32).

Cuadro 32: Contenido de materia seca, β -caroteno, pro-vitamina A, hierro y zinc en el pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC).

Tratamiento %HT [†] : %HC [‡]	Materia seca (%)	Contenido de β - caroteno ($\mu\text{g}/100\text{g PF}$)	Contenido de Pro-Vitamina A [†] (μg RAE/100g PF)	Contenido de Hierro (Fe) (mg/100g FW)	Contenido de Zinc (Zn) (mg/100FW)
90 : 10	79.4 ^a	861.5 ^a	72 ^a	4.15 ^a	0.87 ^a
80 : 20	79.2 ^a	1855.1 ^b	155 ^b	3.80 ^b	1.03 ^a
70 : 30	79.1 ^a	3348.8 ^c	279 ^c	3.56 ^c	0.95 ^a

^{abc} Letras diferentes en la misma columna representan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$)

[†]RAE (Actividad de Retinol Equivalente): $12\mu\beta$ -caroteno = $1\mu\text{g}$ retinol = $1\mu\text{g}$ RAE (Trumbo et al. 2001)

Los resultados provienen de dos determinaciones.

HT[†]: Harina de trigo fortificado con hierro según la ley peruana N° 28314

HC[‡]: Harina de camote preparada a partir de la accesión 440442 de camote de pulpa anaranjada.

Como se puede observar en los Figura 24, el contenido de β -caroteno es grandemente responsable de color anaranjado del pan elaborado con los diferentes tratamientos de sustitución. En efecto, trabajos previos como los encontrados por Low et al. 2008, quien enfatizó que los productos procesados que contienen al menos $15\mu\text{g}/\text{g}$ *trans*- β -caroteno ($1500\mu\text{g}/100\text{g}$) puede ser considerado como fuente importante de vitamina A el cual podría grandemente mejorar la calidad nutricional del pan. Bajo esta premisa, cabe mencionar que los resultados del presente estudio demuestran claramente que los panes elaborados bajos los tratamientos: 80%HT: 20%HC y el 70%HT: 30%HC brindan más del $1500\mu\text{g}/100\text{g}$ de β -caroteno.



Figura 24: Pan de camote elaborado bajo cuatro tratamientos: (1) 70%HT: 30% HC; (2) 80% HT: 20% HC; (3) 90% HT: 10% HC y (4) 100% HT: 0% HC.

Evidentemente, los panes elaborados bajo los tres tratamientos de sustitución de %HT: %HC podrían proveer una importante contribución de pro-vitamina A con niveles de aporte entre 18 -70% del requerimiento diario de vitamina A para niños en edades entre 0 – 6 años. Lo cual confirma que la incorporación de harina de camote en la producción de pan enriqueció tremendamente la calidad nutricional del pan con el aporte de β -caroteno.

De hecho, los resultados del presente estudio están acorde a resultados de investigaciones similares; como el trabajo realizado por Pongjanta et al. (2006) quien encontró que el contenido de β -caroteno en pan elaborado bajo tres niveles de sustitución de harina de trigo por harina de calabaza (10%, 20% y 30%) incrementó al incrementar los niveles de sustitución obteniendo valores que oscilan entre: (290 μ g/100g - 450 μ g/100g), es así que el uso de la harina de calabaza para la producción de pan también sería una buena opción, ya que incrementó los niveles de vitamina A contribuyendo con el 1.88% en la ingesta diaria recomendada de vitamina A. De igual manera, estudios en Mozambique demostraron que el consumo de pan biofortificado con camote de pulpa anaranjada incrementó significativamente los niveles de vitamina A en niños (Low et al. 2007). Por otro lado Rodríguez (1999); encontró en producto procesado (queque) el cual fue horneado a 220°C por 45 minutos, una retención del 88% de β -caroteno; esta alta retención se explica por la mezcla completa del aceite de palma cruda con los otros ingredientes, evitando la exposición directa del β -caroteno al calor.

En función a estos resultados, se puede asumir que el pan elaborado con un porcentaje de harina de camote podría ser capaz de combatir la deficiencia de vitamina A (VAD) en muchas lugares del mundo donde la deficiencia de vitamina A es alto; sin embargo la contribución potencial de muchos productos que han mejorado la ingesta de sus nutrientes dependen de la edad, el sexo y presuntamente la genética y estilo de vida de consumidor (Burri 2011). También, es importante mencionar que según los lineamientos de la US Food and Drug administration para el contenido de nutrientes, recomiendan que un producto es considerado como fuente importante de vitamina A si aporta al menos 10 o 19% del requerimiento diario, ahora si el producto aporta más del 20% es considerado como una excelente fuente del vitamina A (Low et al. 2008).

La ingesta diaria recomendada (%RDA) de pro-vitamina A en niños con edades que oscilan entre 2 – 5 años es de 400 – 500 RAE/día. Los resultados demuestran que con el consumo de 100g de pan; el tratamiento: 80%HT: 20%HC estaría cubriendo el 39% del RDA de pro-vitamina A mientras que el pan elaborado bajo el tratamiento: 70%HT:

30%HC estaría cubriendo el 70% del RDA de pro-vitamina A. Acorde a los resultados encontrados se puede asumir que consumiendo 100 gramos de pan al día (3 unidades) elaborado con 20% y 30% con harina de camote se estaría cubriendo un porcentaje significativo de la ingesta diaria recomendada de pro-vitamina A.

4.4.5 Contenido de hierro y zinc en el pan de camote

En contraste con el contenido de β -caroteno, los resultados del contenido de hierro y zinc presentaron una ligera disminución al incrementar gradualmente los porcentajes de sustitución de harina de trigo por harina de camote (Cuadro 32). El contenido de hierro presenta un rango entre 3.56 a 4.12 mg/100g PF y el contenido de zinc presenta un rango de 0.95 a 1.02 mg/100g PF. El tratamiento 100%HT: 0%HC obtuvo el más alto contenido de hierro (4.15mg/100g PF). El tratamiento 80%HT: 20%HC obtuvo el más alto contenido de zinc (1.03mg/100g PF). Sin embargo, el contenido de zinc presentó una ligera variación al incrementar el porcentaje de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC). El alto contenido de hierro en el pan elaborado con 100% harina de trigo es porque toda harina de trigo que se consume dentro del territorio peruano es fortificada con micronutrientes presentando niveles de hierro y zinc (5.5mg/100g y 0.7mg/100g) respectivamente. La ingesta de 200g de pan elaborado con el tratamiento 80% HT: 20% HC puede contribuir con el 76%, 28%, 76%, and 96% del requerimiento diario de hierro para niños, mujeres embarazadas, mujeres lactantes y hombres respectivamente. En general, el tratamiento 70% HT: 30%HC obtuvo el más alto contenido de β -caroteno y el más bajo contenido de hierro y zinc con respecto a los otros tratamientos.

4.4.6 Evaluación sensorial

Las características sensoriales del pan dependieron de los niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC). Las características sensoriales: color de la corteza (CC), color de la miga (CM), estructura de la miga (EM), textura (T), aroma (A) y sabor (S) fueron significativamente diferentes entre los tratamientos (Cuadro 33). El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas en el color de la corteza (CC) y el color de la miga del pan (CM) en los tratamientos 90%HT: 10%HC y 70%HT: 30%HC. Sin embargo, el tratamiento 90%HT: 10%HC obtuvo las mayores puntuaciones respecto a CC y CM. Se encontraron diferencias significativas en la estructura de la miga (EM), siendo el tratamiento 90%HT: 10%HC el que obtuvo las mayores puntuaciones (3.9). No se encontraron diferencias significativas en la textura (T) en los tratamientos 90%HT:

10%HC y 80%HT: 20%HC; sin embargo el tratamiento 80%HT: 20%HC obtuvo el más alto puntaje (4.0). Finalmente, el aroma y el sabor fueron incrementando con el incremento de los niveles de sustitución de %HT por %HC; siendo el tratamiento 80%HT: 20%HC el que obtuvo el mayor puntaje respecto a estas dos características (3.8) y (3.9). En contraste con los demás tratamientos, el tratamiento 70%HT: 30% HC obtuvo el más bajo puntaje con respecto al aroma y sabor, ya que presentó un sabor fuerte y tamaño pequeño (Anexo 7). Por otro lado, el pronunciado color amarillo podría ser atribuido a las reacciones de Maillard que se da a nivel de las proteínas del trigo, los azúcares del camote y la azúcar que fue adicionada en la elaboración del pan (Fayle y Gerrard 2002); además que el desarrollo del color ocurre durante el horneado, el cual es usado como indicador de la finalización del proceso del horneado del pan. En general, los tratamientos 100%HT: 0%HC y 70%HT: 30%HC fueron los menos aceptados por los panelistas en la evaluación sensorial del pan; considerando que el tratamiento 100%HT: 0%HC fue el tratamiento que presentó el más bajo puntaje en todos los atributos con respecto a los demás tratamientos.

Cuadro 33: Características organolépticas del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC).

Tratamiento (%HT [†] : %HC [‡])	Color de corteza	Color de la miga	Estructura de miga	Textura	Aroma	Sabor
100 : 0	3.4 ^b	3.1 ^b	3.4 ^b	3.4 ^b	2.9 ^c	2.9 ^b
90 : 10	4.1 ^a	3.9 ^a	3.9 ^a	3.9 ^a	3.5 ^b	3.6 ^a
80 : 20	4.0 ^a	3.8 ^a	3.7 ^{ab}	4.0 ^a	3.8 ^a	3.9 ^a
70 : 30	4.0 ^a	3.5 ^b	3.7 ^a	3.7 ^{ab}	3.7 ^{ab}	3.7 ^a

^{abc} Diferentes letras en la misma columna representan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) usando la prueba de Friedman.

Los resultados provienen de dos determinaciones.

HT[†]: Harina de trigo fortificado con hierro según la ley peruana N° 28314

HC[‡]: Harina de camote preparada a partir de la accesión 440442 de camote de pulpa anaranjada.

4.4.5 Análisis de perfil de textura

El análisis del perfil de textura en cada tratamiento dependió de los niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC) (Cuadro 34). Las características físicas que se evaluaron en el análisis de perfil de textura fueron: dureza (N), cohesividad (adimensional), masticabilidad (N), gomosidad (N) y elasticidad (adimensional).

Los resultados revelan que la cohesividad y elasticidad disminuyeron con el incremento de los niveles de sustitución de %HT por %HC, es así que el tratamiento 100%HT: 0%HC obtuvo los valores más altos (0.60 y 0.78). Sin embargo, la masticabilidad, gomosidad y dureza incrementaron con el incremento de los niveles de sustitución de %HT por %HC. El tratamiento 70%HT: 30%HC obtuvo el más alto valor con respecto a la masticabilidad, dureza y gomosidad con valores de 4.37N a 12.17N y 5.93N respectivamente. El análisis del perfil de textura permitió evaluar los cambios ocasionados en el pan cuando se sustituyó %HT por %HC a través de cada característica; además que los resultados obtenidos del análisis del perfil de textura presentan excelentes correlaciones con los resultados del análisis organolépticos (Bourne, 2002; Rodríguez et al. 2008).

Relacionando los resultados de la composición proximal del pan con los análisis de textura, se puede observar que el contenido de fibra presente en el tratamiento 70%HT: 30%HC presentó también el mayor valor de dureza, el cual pudo haber sido ocasionado por la mayor incorporación de %HC en su composición. De hecho, un reciente estudio encontró que la incorporación de diferentes tipos de fibras podría afectar pronunciadamente los atributos sensoriales de los productos horneados (Sivam et al. 2010). Además, que la adición de fibra dietaria en el pan ocasiona una pobre calidad en la textura (Gómez et al. 2003). Por otro lado, los resultados indican que la cohesividad fue afectada significativamente por los diferentes tratamientos; al realizar una comparación con los análisis proximales, se puede observar que el contenido de proteínas disminuyó en el mismo orden que la cohesividad. Con respecto a la elasticidad, el tratamiento 100%HT: 0%HC obtuvo el valor más cercano a 1, el cual indica ser un producto más elástico respecto a los demás tratamientos. Siendo ocasionada por la mayor presencia del trigo la cual tiene como componente principal el gluten, el cual está compuesto por gliadina y glutenina (proteínas de la harina de trigo) y junto con la fermentación brindan volumen, elasticidad y esponjosidad al pan.

Cuadro 34: Características de textura en los panes elaborados con los diferentes niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC)

Tratamientos %HT [†] : %HC [‡]	Cohesividad (adimensional)	Masticabilidad (N)	Dureza (N)	Gomosidad (N)	Elasticidad (adimensional)
100 : 0					
\bar{x}	0.60 ^a	2.26 ^b	5.35 ^b	3.15 ^b	0.78 ^a
CL _{95%}	0.54 - 0.65	1.96 - 2.55	4.63 - 6.06	2.84 - 3.45	0.74 - 0.82
90 : 10					
\bar{x}	0.59 ^a	2.37 ^b	5.42 ^b	3.18 ^b	0.74 ^{ab}
CL _{95%}	0.53 - 0.65	2.01 - 2.73	4.55 - 6.29	2.81 - 3.56	0.69 - 0.79
80 : 20					
\bar{x}	0.53 ^{ab}	2.45 ^b	6.02 ^b	3.41 ^b	0.69 ^b
CL _{95%}	0.48 - 0.58	2.16 - 2.75	5.31 - 6.74	3.10 - 3.72	0.65 - 0.72
70 : 30					
\bar{x}	0.49 ^b	4.37 ^a	12.17 ^a	5.93 ^a	0.63 ^c
CL _{95%}	0.44 - 0.54	4.08 - 4.67	11.5 - 12.8	5.63 - 6.23	0.59 - 0.66

^{abc} Diferentes letras en la misma columna representan diferencias estadísticamente significativas (p< 0.05)
Los resultados provienen de dos determinaciones.

HT[†]: Harina de trigo fortificado con hierro según la ley peruana N° 28314

HC[‡]: Harina de camote preparada a partir de la accesión 440442 de camote de pulpa anaranjada.

V. CONCLUSIONES

Una considerable variación fue identificada en los 25 genotipos de camote perteneciente al germoplasma respecto a los contenidos de materia seca, β -caroteno, hierro y zinc, evaluados en La Molina y San Ramón. El genotipo 440442 presentó el más alto contenido de β -caroteno durante los procesos de cocción (ebullido, horneado) y almacenamiento después de las 9 semanas bajo condiciones del agricultor. Las raíces cocidas por ebullición tuvieron una mayor concentración de β -caroteno que las raíces horneadas. Por otro lado, la concentración de β -caroteno fue mayor a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento. Una cantidad de 100 gramos de muestra cocida de los genotipos: 420081, 440413, 440442 podría proporcionar tres veces más del requerimiento diario. Sin embargo, la contribución de minerales: hierro y zinc solo podría cubrir el 6% y 7% de la dosis recomendada para niños entre de 4 a 8 años.

El genotipo 440442 presentó el más alto contenido de β -caroteno y 22% de materia seca durante los procesos de cocción y almacenamiento; posteriormente este genotipo fue seleccionado para la producción de harina, insumo importante para la elaboración de pan.

En la elaboración de pan, se encontró que el tratamiento 80%HT: 20%HC obtuvo suficiente contenido de β -caroteno; una ingesta de 200 gramos de pan podría contribuir con el 78%, 42%, 26% y 34% del requerimientos diarios de pro-vitamina A en niños, mujeres embarazadas, mujeres lactantes y hombres respectivamente; así como 76%, 28%, 76% y 96% del requerimiento diario de hierro en niños, mujeres embarazadas, mujeres lactantes y hombres respectivamente. La sustitución de harina de trigo por harina de camote tiene una ventaja económica potencial debido al ahorro de costos directos y el fortalecimiento de la base agrícola en el que la economía de muchos países en desarrollo dependen además que, mejora la calidad nutricional de un alimento básico y la salud pública, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

Contribuyendo con el estudio de mejoramiento del camote, se recomienda continuar con la evaluación de los genotipos en mayor número de ambientes con la finalidad de seleccionar genotipos con mayor estabilidad, los que podrían ser potenciales variedades de amplia adaptación para ser introducidos en regiones con deficiencia de vitamina A. Con respecto a la cocción, se recomienda realizar estudios sobre la retención de β -caroteno frente a diversas formas de cocción: por microondas, asado y frito, que son otras formas de consumo del camote de pulpa anaranjada.

Respecto a la elaboración de pan, se puede lograr una reducción de costos entre el 14 - 18% bajo en tratamiento 80%HT: 20%HC usando puré de camote; sin embargo, esto requiere una continua línea de suministro de camote anaranjado fresco a las panaderías.

Así mismo, se recomienda realizar el estudio de la biodisponibilidad de los carotenoides presentes en el pan elaborado con genotipos de camote que presentan altos contenidos de β -caroteno. Finalmente, se recomienda evaluar la vida en anaquel del pan elaborado con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo por harina de camote, evaluando el grado de retención del β -caroteno durante el tiempo de almacenamiento.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, W.S. (1956). Some effects of curing and storage on the weight and carotene content of certain sweet potato variety. *Proc. Am. Soc. Hort. Scie.*, 71: 412.
- Andreoni, I.; Gonzalez, H.; Rodriguez, J.; Straconi, E.; Vilaro, F. (1990). Diagnóstico del cultivo de boniato en Uruguay: regiones sur y noreste del país. In: Congreso Nacional de Horticultura, 3: 10-13: Salto Resúmenes. Salto (Uruguay): SUH, 1990. p66.
- Ahmed, M.; Akter, MS., and Eun, JB. (2010). Peeling, drying temperatures, and sulphite-treatment affect physicochemical properties and nutritional quality of sweet potato flour. *Food Chem* 121:112–8.
- Azizi, M.H. and G.V. Rao. (2004). Effect of surfactant gel and gum combinations on dough rheological characteristics and quality of bread. *J. Food Qual.* 27: 320-336.
- American Association of Cereal Chemists (AACC) (1988). Approved methods of the AACC. Method 74-09. American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC) (1990). 15th edition. Washington, DC, USA.
- Almeida-Muradian, L. B. and M. V. C. Penteado. (1992). Carotenoids and provitamin A value of some Brazilian sweet potato cultivars (*Ipomoea batatas* Lam.). *Rev. Farm. Bioquím. Univ. S. Paulo.* 28:145-154.
- Badui, D. S. (2006). *Química de los alimentos*. Cuarta edición. Editorial Person. México.

Barrera. W.A. (2010). Effect of cultivar, storage, cooking method and tissue type on the Ascorbic acid, thiamin, riboflavin and vitamin B6 content of Sweetpotato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam. Ph.D. Thesis. Louisiana, Louisiana State University. 65p.

Bradbury, J.H., and Holloway, W.D. (1988). Chemistry of Tropical Root Crops: Significance for Nutrition and Agriculture in the Pacific. Australian Centre for International Agricultural Research. ACIAR. Canberra. Monograph ser. N^o. 6, Canberra, Canada.

Bengtsson, A., Namutebi, A., Larsson Alminger, M. and Svanberg, U. (2008) Effects of various traditional processing methods on the all-trans- β -carotene content of orange fleshed sweet potato. *Journal of Food Composition and Analysis* 21: 134-143.

Breene, W. M. (1975). Application of texture profile analysis to instrumental food texture evaluation. *J. Texture Stud.* 6: 53–82.

Bourne, M. C. (1982). Food texture and viscosity. First Edition. Academic Press, New York. 108p.

Bourne, M.C. (2002). Food Texture and viscosity: Concept and measurement. Second Edition. Academic Press., New York State Agricultural Experiment Station and Institute of Food Science. Cornell University. Geneva, New York. 184p.

Bonierbale, M; Burgos Zapata, G; zum Felde, T; Sosa, P. (2010). Composition nutritionnelle des pommes de terre. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* .45 (6) S28-S36.

Burga, J. (1987). Situación del cultivo de la batata o camote en el Perú. Seminario sobre mejoramiento de la batata (*Ipomoea batatas*) en Latinoamérica. CIP. Lima, Perú. p. 99-126.

Burgos, G.; Carpio, R.; Sanchez, C.; Sosa, P.; Porras, E.; Espinoza, J., and Grüneberg, W. (2009). A color chart to screen for high β -carotene in OFSP breeding. 15th Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (ISTRC) Lima-Peru.

Bultriss JL, Stokes CS (2008) *Nutrition Bulletin*. 33:186–200.

Burri, B.J, (2011). Evaluating sweetpotato as an intervention food to prevent vitamin A deficiency. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 10: 118-130.

Cardenas, H. y Huamán, Z. (1993). Valor nutritivo del camote (*Ipomoea batatas*) en una muestra representativa de cultivares del Perú. *Boletín de Lima (Perú)* 15(87): 63-68.

Cardenas Q.M.S. (1991). Evaluación Química Nutricional de Cultivos de Camote [*Ipomoea batata* (L) Lam] de la Colección de Germoplasma del CIP para la Utilización en Panificación. Tesis para optar el Grado de Magíster Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 152p.

Chandler, L.A. and Schwartz, S.J. (1988) Isomerization and losses of trans- β -carotene in sweet potatoes as affected by processing treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 36: 29–133.

Collazos, C. (1993). La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Nutrición. Lima, Perú.

Collins, W.W and Walter Jr. W.M. (1985). Flesh roots for human consumption. In *Sweetpotato products: A natural resource for the tropics*. John Bouwkamp Eds., CRC Press, Boca Raton, FL. 153-173.

Constantin, R., Hernandez, T., and Jones, L. (1974). Effect of irrigation and nitrogen fertilization on quality of sweet potato. *J. Amer. Soc. Hort. Sc.* 99(4): 308-310.

Cui, S.W. (2005). Understanding starch and their role in foods. *Food Carbohydrates: Physical properties and Applications*. Florida. CRC Press. 310-349 pp.

Del Carpio, R. (1995). El cultivo de camote en el Perú. *Fonagro Chincha*. Año 1. N° 10 Perú.

Dean DellaPenna and Barry J. Pogson. (2006). Vitamin Synthesis in Plants: Tocopherols and Carotenoids. *Annual Review of Plant Biology*. 57:711–738.

De Moura, F. F., Miloff, A. and Boy E. (2015) Retention of Provitamin A Carotenoids in Staple Crops Targeted for Biofortification in Africa: Cassava, Maize and Sweet Potato, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 55 (9):1246-1269.

De Hombre M. (2001). Parámetros Mecánicos y Textura de los Alimentos. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Tesis para obtener el grado de Magister Ciencias de los Alimentos.

Dincer, C.; Karaoglan, M.; Erden, F.; Tetik, N.; Topuz, A, and Ozdemir, F. (2011) Effects of Baking and Boiling on the Nutritional and Antioxidant Properties of Sweetpotato [Ipomoea batatas (L.) Lam.] Cultivar. *Plant Foods Hum Nutr.* 66:341–347.

Dutta, D.; Dutta, A.; Raychaudhuri, U, and Chakraborty, R., (2006). Rheological characteristics and thermal degradation kinetics of β -carotene in pumpkin puree, *J. Food Eng.* 76: 538– 546.

Eggleston, G., Omoaka, P.E., and Arowosegbe, A.U. (1993). Flour starch and composite bread making quality of various cassava clones. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 62: 49–59.

Ezzati, M., Lopez, A. D., Rodgers, A., Hoorn S. Vander, Murray C. J. (2002). Comparative Risk Assessment Collaborating Group. Selected Major Risk Factors and Global and Regional Burden of Disease. *Lancet.* 360(9343):1342–43.

Falconer, M. E., Fishwick, M. J.; Land, D. G, y Sayer, E. R. (1964). Carotene oxidation and off-flavor development in dehydrated carrot. *J. Sci. Food Agric.* 15: 897-901.

Faridi H. y Faubion J.M. (1990). Dough Rheology and Baked Product Texture. Editorial American Association Cereal Chemistry; St Paul Minnesota.

FAO/WHO, (1988). Requirements of Vitamin A, Iron, Folate and Vitamin B12. Report of a Joint FAO/WHO Expert Committee. FAO, Rome.

Fayle, S.E. and Gerrard, J.A. (2002). Consequences of the Maillard reaction in food. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry. 9–19.

Fennema, O.R. (1996). Principles of Food Chemistry. Third edition. Part I. Inc. New York, Basel.

Food and Nutrition Board, (2011). Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. National Academy Press, Washington, DC.

http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Vitamin_A/vitamin_a_full_report.pdf

Florence, I. S. y Dorothy, H. E. (1942). Loss of ascorbic acid during cooking of stored sweetpotato. Home Economics Department, North Texas State Teachers College, Denton, Texas.

Gan, Z., Ellis, P. R., Vanghun, J. G. and Gallard, T. (1989). Some effects of non-endosperm components of wheat and of added gluten on whole-meal bread microstructure. *J. Cereal Sci.* 10: 81-91.

Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W.S., Courtin, C.M., Gerbruers, K. and Delcour J.A. (2005). Wheat flour constituents; how they impact bread quality and how to impact their functionality. *Trends in Food Science and Technology*. Vol 16(1-3) 12-30.

Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C., Caballero, P., Apesteguía, A. (2003) Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology*, 216:51-56.

Gutierrez, J.C., Lopez, M. y El-Zik, K.M. (1994). AMMI (Additive main effects and multiplicative interactions analysis): A tool to determine adaptability of upland cotton genotypes in Spain. *Cotton improvement Conference, Beltwide Cotton Conf. Proc.*, 2: 688-689.

Greene, J. L., and Bovell-Benjamin, A. C. (2004). Macroscopic and Sensory Evaluation of Bread Supplemented with Sweetpotato Flour. *Journal of Food Science*. 69(4): 167-173.

Hartley, H. (1950). The Maximum F-Ratio as a Short-Cut Test for Heterogeneity of Variance, *Biometrika* 37:308–312.

Hamilton, M. G.; Jones, A.; Dukes, P. D.; Schalk, J. M. (1986). Selection Critical for Breeding Sweetpotato for Industrial Uses. *Hort Science* 21(6): 1426-1428.

HarvestPlus; CIP. (2001) Breeding Crop for Better Nutrition: Biofortified Beans. Boletín informativo Lima, Perú.

Hagenimana, V.; Anyango-Oyunga, M.; Low, J.; Njdroge, SM.; Gichuki, ST, and Kabira, J. (1999). The effects of women farmers' adoption of orange-fleshed sweet potatoes: raising vitamin A intake in Kenya. Rep. No. 3, International Center for Research on Women, Washington DC.

Hansen, T. H; Laursen, K. H.; Persson, D.P.; Pedas, P.; Husted, S. and Schjoerring J.K. (2009). Micro-scaled high-throughput digestion of plant tissue samples for multi-elemental analysis. *Plant Methods*. 5(12): 5-12.

Horton, D., Prain, G. y Gregory, P. (1989). High-level investment return for global sweet potato research and development. *International Potato Center (CIP)*. Lima-Perú. 17(3): 1-11.

Huang, A. S. Tanudjaja, L and Lum D., (1999) Content of Alpha, Beta-Carotene, and Dietary Fiber in 18 Sweetpotato Varieties Grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis* 12: 147 – 151.

Huamán, Z. (1993). Descriptors for the characterization and Evaluations of the Sweetpotato Genetic Resource. Report of the First Sweetpotato Planning Conference. *International Potato Center (CIP)*. Lima –Perú. 331-355.

Ikanone, C.E.O (2014). Effect of Boiling and frying on the Total Carbohydrate, Vitamin C and Mineral Contents of Irish (*Solanum tuberosum*) and Sweet (*Ipomea batatas*) Potato Tubers. *Nigerian Food Journal*. NIFOJ Vol. 32(2): 33 – 39.

Ikpeme Emmanuel C. A., Osuchukwu N.C. and Oshiele (2010). Functional and sensory properties of wheat (*Aestium triticuim*) and taro flour (*colocasia esulanta*) composite bread. *African J. of Food Science* 45: 248-253.

Idolo, I. (2011). Sensory and Nutritional Quality of Madiga Produced from Composite Flour of Wheat and Sweet Potato. *Pakistan Journal of Nutrition*. 10(11): 1004 – 1007.

Jones, A., Dukes, P.; Hamilton, M. and Baumgardner, R. (1980). Selection for low fiber content in sweetpotato. *HortScience* 15(6): 797-798.

Kapinga, R.E., P.T. Ewell, S.C. Jeremiah, and R. Kileo. (2007). Sweetpotato in Tanzania Farming and Food Systems: Implications for Research, CIP, Sub-Saharan Africa Region, Nairobi, Kenya/Ministry of Agriculture, Tanzania. 47pp.

Krehl, W.A. and Winters, R.W. (1950). Effect of cooking methods on retention of vitamins and minerals in vegetables. *J. Amer. Diet. Assoc.* 26: 966-972.

Kidmose, U., Christensen, L.P., Agili, S.M. and Thilsted, S.H. (2007) Effect of home preparation practices on the content of provitamin A carotenoids in colored sweetpotato varieties (*Ipomoea batatas* Lam.) from Kenya. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8: 399-406.

K'osambo, L.M., Carey, E.E., Misra, A.K., Wilkes, J., Hagenimana, V., (1998). Influence of age, farming site, and boiling on pro-vitamin A content in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) Storage roots. *Journal of Food Composition and Analysis* 11: 305–321.

Kopsell, D.A. and Kopsell, D.E., (2006). Accumulation and bioavailability of dietary carotenoids. *Trends Plant Sci.* 11(10):499-507.

Koskitalo, L.N, and Ormrod, D.P. (1972) Effects of sub-optimal ripening temperatures on the color quality and pigment composition of tomato fruit. *J Food Sci* 37:56-59

Lee, C. Y., Simpson, K.L. and Gerber, L. (1989). Vegetables as a major vitamin A source in our diet. *New York's Foods and Life Sciences Bulletin* 126, ISSN362-0069.

Liu, Q.; Donner, E.; Yin, Y.; Huang, R. L. and Fan, M. Z. (2009). The physicochemical properties and in vitro digestibility of selected cereals, tubers, and legumes grown in China. *Food Chem.*, 99: 470-477.

Low, J.W.; Arimond, M.; Osman, N.; Cunguara, B.; Zano, F, and Tschirley, D. (2007). Ensuring supply and creating demand for a Biofortified crop with a visible trait: Lessons learned from the introduction of orange-fleshed sweet potato in drought-prone areas of Mozambique. *Food and Nutrition Bulletin* 28: 258-270.

Low, J. W., and Van Jaarsveld P.J., (2008). The potential contribution of bread buns fortified with β -carotene-rich sweet potato in Central Mozambique. *Food and Nutrition Bulletin*. 29: 98-107.

Low, J. (2014). Report of the 8th Sweetpotato Support Platform Meeting for East and Central Africa: Sweetpotato Post-Harvest Management and Agro-processing Chez Lando, Kigali, Rwanda, January 29-30.

Lunn, J, and Buttriss, J.L. (2007). Carbohydrates and dietary fibre. *British Nutr Foundation* 32:21–64.

Mahecha La Torre, G. (1985). *Evaluación Sensorial y Control de la Calidad de los Alimentos*. México

Martin, F.M., and A. Jones. (1986). Breeding sweet potatoes. *Plant Breeding Review* 4: 313–345.

Mais A. (2008). Utilization of sweetpotato starch, flour and fiber in bread and biscuit: Physico-chemical and nutritional characteristics. MSc. Thesis. New Zealand. Massey University. 100p.

Malomo, S.A.; Eleginmi, A.F, and Fashakin, J.B. (2011). Chemical composition, rheological properties and bread making potential of composite flours from bread fruit, breads and wheat. *African Journal of Food Science* Vol. 5(7): 400-410.

Medina, S., Marín, C., Segovia, V., Bejarano, A., Venero, Z., Ascanio, R. y Meléndez E. (2002). Evaluación de la estabilidad del rendimiento de variedades de maíz en siete localidades de Venezuela. *Agronomía Trop*. 52(3):255-275.

Miranda, J.E.C y Maluf, W.R. (1994). Projeto de melhoramento genético de batata-doc Embrapa-CNPq, Brasília (dados ñao publicados).

Montaldo, A. (1991). *Cultivo de Raíces y Tubérculos Tropicales*. Instituto Interamericano de Corporación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 407.

Moraghan, J.T and Mascagni, H.J. (1991). Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities, in J.J. Mortvedt, F.R. Cox, L.M. Shuman & R.M.

Welch (eds.), *Micronutrients in Agriculture*, Soil Science Society of America, Madison. 371-426pp.

National Academy of Sciences/Institute of Medicine (2001) *Vitamin A*. In *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc*. National Academy Press, Washington, DC.

Ndirigwe, J., (2005). *Adaptability and acceptability of orange and yellow-fleshed sweet potato genotypes in Rwanda*. MSc. Thesis. Makerere University, Kampala, Uganda.

Ndife, J., Abdulreheem, L.O. and Zakari, U.M. (2011). *Evaluation of the nutritional and sensory quality of functional bread produced from whole and soy bean blends*. *African Journal of Food Science* Vol.5 (8): 466-472.

Osuji, C.M. (2006). *Importance and Use of Additives in Bread Making*. A paper Presented at a Training Workshop on the Use of Cassava/Wheat Composite Flour and Non-bromate Additives for Making Bread and Other Confectionaries. Held at Michael. Okpara University of Agriculture, Umudike on the 10-12 October 2006.

Olaoye, O. A.; Onilude, A. A, and Idowu, O. A. (2006) *Quality characteristics of bread produced from composite flours of wheat, plantain and soybeans*. *African Journal of Biotechnology* 5 (11): 1102-1106.

Peralta, P.; Cavero, W. and Chumbe, V. (1992) *Un diagnóstico rápido del pan de camote en el Peru*. *Compendio América Latina*. 2: 175 – 194.

Pedreschi, R, Betalleluz-Pallardel, I, Chirinos, R., Curotto, C., Campos, D., (2011) *Impact of cooking and drying on the phenolic, carotenoid contents and in vitro antioxidant capacity of Andean Arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancr.) root*. *Food Science and Technology International* 17(4): 319-330.

Picha, D. (1987). *Carbohydrate changes in sweet potatoes during curing and storage*. *Journal of American Society for Agricultural Science (USA)* 112(1): 89-92.

- Pongjanta, J., Naulbunrang, A., Kawngdang, S., Manon, T., and Thepjaikat, T. (2006) Utilization of pumpkin powder in bakery products. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 28 (1): 71-79.
- Purcell, A.E. and Walter, W.M. Jr. (1982). Stability of amino acids during cooking and processing of sweet potatoes. *J. Agric. Food Chem.* 30:443–444.
- Ray, R.C, and Sivakumar, P.S. (2009). Traditional and novel fermented foods and beverages from tropical root and tuber crops: review. *International Journal Food Science Technology.* 44:1073– 1087.
- Rodriguez Amaya D.B. (1997) Carotenoids and food preparation: the retention of pro-vitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods. USAID. OMNI Project.
- Rodriguez-Amaya, D.B. (1999). *A Guide to Carotenoid Analysis in Foods*. OMNI Research/ILSI Press, Washington, DC.
- Rodriguez Amaya D.B. (2001) *A Guide to Carotenoid Analysis in Food*. ILSI Press, Washington DC. 64pp.
- Rodriguez Amaya D.B. and Kimura M. (2004) *HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis*. Copyright HarvestPlus, Washington DC. 63 pp.
- Rodriguez-Sandoval, E., Fernandez-Quintero, A., Sandoval-Aldana, A., and Cuvelier G. (2008). Effect of processing conditions on the texture of reconstituted cassava dough. *Brazilian Journal of Chemical Engineering.* 25(4): 713 – 722.
- Roomi, M.W.; Ivanov, V.; Kalinovsky, T.; Niedzwiecki, A, and Rath, M. (2005). In vivo antitumor effect of ascorbic acid, lysine, proline and green tea extract on human colon cancer cell HCT 116 xenografts in nude mice: evaluation of tumor growth and immune histochemistry. *Oncol. Rep.* 13:421–5.
- Roche Laboratories (1994). β -Carotene. In: *Vitamins. Basics*. Basel, Switzerland. F. Hoffmann-La Roche.

Shapiro, S.S and Wilk M.B (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples) Vol. 52, No. 3/4. 591-611pp.

Salunke and Kadam (1998). Handbook of Vegetable Science & Technology. CRC Press, New York, USA.

Stathers, T.; Bechoff, A.; Sindi, K.; Low, J, and Ndyetabula, D. (2013). Everything you ever wanted to know about Sweetpotato: Reaching Agents of Change to Manual. 5: Harvesting and postharvest management, Processing and utilization, Marketing and entrepreneurship. International Potato Center, Nairobi, Kenya. vol. 5.

Shen, M. and Sterling, C. (1981). Changes in starch and other carbohydrates in baking *Ipomoea batatas*. Weinheim. 33(8): 261-268.

Simon, P.W. (1997). Plant pigments for color and nutrition. Hort. Sci. 32:12-13.

Speek, A.J.S.; Speek-Saichua, S, and Schreurs, W.H.P. (1988) Total carotenoid and β -carotene contents of Thai vegetables and the effect of processing. Food Chem 27:245-257.

Siems, W.; Wiswedel, I.; Salerno, C.; Crifo, C.; Augustin, W.; Schild, L.; Langhans, C.D. and Sommerburg, O. (2005) Carotene breakdown products may impair mitochondrial functions potential side effects of high-dose β -carotene supplementation. Journal of Nutritional Biochemistry 16: 385–397.

Sivam, A.S.; Sun-Waterhouse, D.; Quek, S. Y, and Perera, C. O. (2010) Properties of Bread Dough with Added Fiber Polysaccharides and Phenolic Antioxidants: Journal of Food Science. 75(8): 163–174.

Stone, H. and Sidel, J.L. (1993). Sensory evaluations practices, California: Academic Press.

Szczesniak, A. S., (1963). Classification of textural characteristics. J. of Food Science. 28: 385-389.

Shittu, T.A.; Raji, O.A. and L.O. Sanni (2007). Bread from composite –wheat flour, Effects of baking and temperature on some physical properties of loaf. *Food Research International*. 40: 280-290.

Stephen AM, Cummings JH (1980) *Nature* 284:283–284.

Scott, A. J. and Knott, M. (1974). A Cluster Analysis Method for Grouping Means in the Analysis of Variance. *Biometrics*, Vol. 30 (3): 507-512.

Tanumihardjo, S.A. (2002) Factors influencing the conversion of carotenoids to retinol: bioavailability to bioconversion to bio-efficacy. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 72: 40-45.

Takahata, Y.; Noda, T, and Nagata, T. (1993). HPLC determination of beta-carotene content of sweet-potato cultivars and its relationship with color values. *Japan Journal Breeding* 43:421–7.

Taha, A. O. M., (2000). The Role of Sorghum Flours Starches (Amylose/ amylopectin) in Composite Bread Quality. MSc. Thesis. University of Khartoum, Sudan.

Tumwegamire S. (2011) Genetic Variation, Diversity and Genotype by Environment Interactions of Nutritional Quality traits in East African Sweetpotato. Ph.D. Thesis. Kampala. Makerere University Kampala. 34p.

Truong, V.D. (1987). New developments in processing sweet potato for food. Int. Symp., VISCA, Baybay, Leyte, Philippines.

Trumbo, P.; Yates, A.A.; Schlicker, S, and Poos, M. (2001). Dietary reference intakes: vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. *Journal of the American Dietetic Association* 101(3): 294–301.

Van Jaarsveld, P.J.; De Wet, M.; Hamse, E.; Nestel, P, and Rodriguez-Amaya D.B. (2006). Retention of β -carotene in boiled, mashed orange-fleshed sweet potato. *J Food Comp Anal* 19:321–329.

Vishnevetsky, M.; Ovadis, M. and Vainstein, A. (1999) Carotenoid sequestration in plants: The role of carotenoid-associated proteins. *Trends in Plant Science* 4: 233-235.

Villarreal, R. and Griggs, T. (1982). Sweetpotato: Proceeding of the First International Symposium. Asian Vegetable Research and Development Center. China. 393-404.

Vosloo, M. Ch. (2005). Some factors affecting the digestibility of glycaemic carbohydrate and blood glucose response. *Journal of Family Ecology and Consumer Science* 33:1-9.

Watts, B.M.; Ylimaki, G.L.; Jeffery, L.E. and Elias, L.G. (1989). Basic sensory methods for food evaluation. Ottawa, Ont., IDRC-277e. Ottawa, Ontario, Canada, K1G 3H9.

Wheat Foods Council Network (2012). Grains of Truth – Wheat Flour. Disponible en: www.wheatfoods.org/sites/default/files/attachments/grains-truth-wheat-flour.pdf.

WHO/UNICEF (1998). Complementary Feeding of Young Children in Developing Countries: A Review of Current Scientific Knowledge. WHO/NUT/98.1. World Health Organization, Geneva. 1 - 228.

Woolfe, J.A. (1992). Sweet potato: an untapped food resource. Cambridge, Cambridge University Press.

Yadav, R.; Manisha-Guha, B.N.; Tharanathan, R.S, and Ramleke, R.S. (2006). *LWT Food Science and Technology* 39:20–26

Zhang, D, and Hamauzee, Y. (2004) Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.). *Food Agric Environ* 2: 95–101.

Anexo 1

Análisis de carotenoides

1.1 Procedimiento

1.1.1 Descripción de la metodología

1.1.1.1 Muestreo y preparación de la muestra

Para cada genotipo se colectó 5 raíces de camote por duplicado. Las raíces fueron representativas por cada genotipo, las repeticiones fueron de campo.

Las raíces fueron lavadas con abundante agua (removiendo residuos de suelos de la corteza), se enjuagaron con agua desionizada y agua destilada, después las raíces se secaron con papel toalla.

Cada raíz se cortó longitudinalmente en 4 secciones y se tomó los lados opuestos para obtener una muestra representativa.

Con la ayuda de un rayador de alimentos, se obtuvo 2-3 slices de cada sección obteniendo una muestra de 50 gramos. Se registró el peso de la muestra fresca, la muestra fue colocada en bolsas de polipropileno previamente rotulada.

Las muestras fueron almacenadas a -20°C y secadas por liofilización a 27°C por 72 horas. Se registró el peso seco de cada muestra (con el peso fresco y seco se determinó el porcentaje de materia seca).

Finalmente las muestras secas fueron molidas con un molino de martillo y tamizadas con un tamiz de 40 mesh. Las muestras se almacenaron en cámara a -20°C hasta su análisis.

1.1.1.2 Extracción:

Se pesó una porción (0.1g - 0.5g) de muestra liofilizada (el peso de la muestra depende de la coloración de la muestra, para muestras anaranjadas intensas e intermedias pesar 0.1g y para muestras anaranjadas claras pesar 0.5g)

Se colocó la muestra en un mortero, donde se adicionó 5 veces el volumen de agua, se mezcló y reposó a temperatura ambiente por 10min.

Se añadió 3g de celite a la muestra y se homogenizo luego se adicionó 30ml de acetona helada y se extrajo los carotenoides por fricción con el pilón, luego se filtró por succión en un sistema al vacío a través de un embudo con filtro recibiendo el extracto en un matraz protegido de la luz.

Se repitió la operación hasta que el residuo este sin coloración. Usualmente solo se requiere 3 extracciones.

1.1.1.3 Transferencia a éter de petróleo

En una pera de separación, se adicionó 20 ml éter de petróleo luego se transfirió una parte del extracto, después de cada transferencia se añadió 200ml de agua destilada y se dejó reposar por 5 minutos. Después se descartó la fase inferior (agua con acetona), luego se añadió otra porción del extracto (la operación se repitió 4 veces). Después de la transferencia se continuó con los lavados los cuales fueron solo con agua y también fueron 4 veces y en cada lavado se dejó reposar por 5 minutos. Cuando se presentó emulsión se añadió en el último lavado una solución de cloruro de sodio.

Después de haber decantado la fase inferior, la fase oleosa fue colectado en una fiola de 25ml haciendo que el extracto etéreo pase a través de un embudo de vidrio conteniendo sulfato de sodio anhidro.

1.1.1.4 Análisis espectrofotométrico de carotenoides totales

Para la cuantificación de los carotenoides totales, el extracto etéreo fue leído a 450 nm. Para el cálculo de la concentración de carotenoides totales se utilizó el coeficiente de absorción de β -caroteno (2592), y se determinó a través de la siguiente formula:

$$X (\mu\text{g/g}) = \frac{A_x \times y (\text{ml}) \times 10^4}{A_{1\%}^{1\text{cm}} \times \text{Peso de muestra (g)}}$$

Donde:

A = Absorbancia a 450 nm

y = Volumen total del extracto (25ml)

$A_{1\%}^{1\text{cm}}$ = Coeficiente de absorción del β caroteno en éter de petróleo (2592)

1.1.1.5 Análisis de carotenoides individuales por HPLC

Del extracto etéreo se separó 15ml y se colocó en un tubo con rosca, luego se colocó en baño maría (35 °C) y se secó con nitrógeno gaseoso.

Después se reconstituyó con 1ml de acetona grado HPLC y se sónico para una mayor homogenización de la muestra, finalmente se filtró en un filtro de PTFE de 0.22µm y se inyectó directamente a un vial de 1ml y se colocó en el porta muestra (carril) del equipo.

Condiciones cromatográficas del HPLC

Columna polimérica C30: YMC C30, 3µm, 4.6 x 250 mm

Fase móvil: metanol: metil-tert-butil éter

Elución 80:20 durante todo el tiempo de corrida

Flujo: 0.8 ml/min

Tiempo de corrida: 50 min

1.1.1.6 Cálculos para determinar el contenido de β-caroteno

La cuantificación del contenido de β-caroteno se dio a través de la determinación del área a 450nm de longitud de onda, donde se obtiene la mayor absorbancia. Para el cálculo se la concentración se hizo previamente la curva estándar para el β-caroteno. El cálculo del β-caroteno se determinó usando la fórmula:

$$C_x (\mu\text{g/g}) = \frac{A_x \times C_s (\mu\text{g/ml}) \times \text{volumen total del extracto (ml)}}{A_s \times \text{Peso de muestra (g)}}$$

Donde:

C_x = Concentración del carotenoide X

A_x = Área del pico del carotenoide X

C_s = Concentración del estándar

A_s = Área del pico del estándar

Anexo 2

Análisis de minerales (Hierro y Zinc) por ICP-OES

2.1 Procedimiento

2.1.1 Descripción de la metodología

2.1.1.1 Muestreo y preparación de la muestra

Por cada genotipo se colectó 5 raíces de camote por duplicado, las cuales fueron representativas para cada repetición y por cada genotipo.

Las raíces fueron lavadas con abundante agua (removiendo residuos de suelos de la corteza), después se enjuagaron con agua destilada y luego se secaron con papel toalla.

Las raíces ya limpias y secas, se pelaron y volvió lavar con agua destilada retirando las cascaras sobrantes, luego cada raíz fue cortado longitudinalmente en 4 secciones, donde se tomaron los lados opuestos para obtener una muestra representativa.

Con la ayuda de un rayador de alimentos, se obtuvo 2-3 slices de cada sección pudiendo obtener 50 gramos como peso de muestra (se anotó el peso de muestra fresca), la muestra fue colocada en placas petry para luego ser llevada a secado en estufa a 80 °C.

Se registró el peso de la muestra ya seca, para luego ser molida mediante un molino analítico. Finalmente la muestra ya molida fue recepcionado en bolsas de papel Kraft y almacenadas a temperatura ambiente para su posterior análisis.

2.1.1.2 Análisis de minerales:

Se pesó 0.4g de muestra en un tubo, luego fue llevado a una digestión con 5.5/0.5ml (v/v) HNO₃/H₂O₂ a 190°C en un sistema cerrado haciendo uso de un digestor Multiware 3000, el sistema de digestión siguió una rampa de trabajo de 25:05:15 min. La muestra ya digerida fue llevada al Espectroscopio de emisión óptica inductivamente acoplada al plasma (ICP - OES) donde se determinó la concentración de minerales. El contenido de aluminio también fue analizado como indicador de contaminación.

Las condiciones de operación del equipo fueron:

Potencia de RF: 4500W, flujo de gas refrigerante: 15l/min; flujo de gas auxiliar: 0.5l/min, flujo del nebulizador: 0.8 l/min; calentamiento: 30°C; tiempo de espera: 60s; vista radial del plasma; flujo de muestra: 1.5ml/min.

Anexo 3:

Hoja De Degustación

NOMBRE:

FECHA:

PRODUCTO:.....

Instrucciones: Por favor pruebe las muestras y califique sus atributos de acuerdo a la siguiente escala:

Muy bueno: 5 puntos

Bueno: 4 puntos

Regular: 3 puntos

Malo: 2 puntos

Muy malo: 1 punto

ATRIBUTOS	TRATAMIENTOS		
	451	635	875
Color de la corteza			
Color de la miga			
Estructura de la miga			
Textura			
Aroma			
Sabor			

Observaciones:.....

Anexo 4

Almacenamiento de raíces de camote en la Localidad de San Ramón

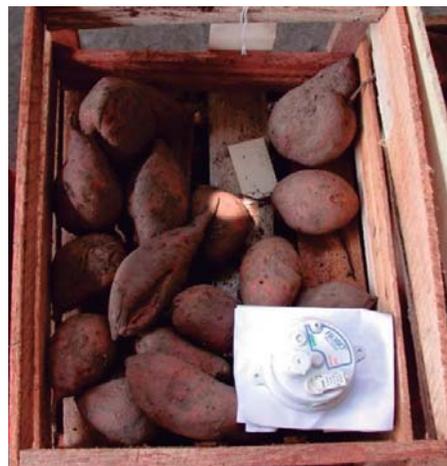
El almacén se basa en un diseño usado en Kenia, las paredes fueron de bambú con techo de calamina en forma de pendiente permitiendo la circulación de aire y la fácil eliminación de agua de lluvia.



Las raíces de camote previamente identificadas fueron almacenadas en jabsas de madera, las cuales fueron colocadas encima de otras para evitar que se humedezcan en caso de inundación por lluvias.



Dentro del almacén se colocó en lugares estratégicos los HOBOS: sensores que registraron la temperatura y la humedad cada hora durante el tiempo que se llevó a cabo el experimento (2, 6 y 9 semanas)



Anexo 5

Elaboración de pan de camote

A: Preparación de la masa:



(1): 10% HT: 90%HC
70%HC

(2): 20% HT: 80%HC

(3): 30%HT:

B: Pan de camote elaborado bajo cuatro tratamientos: (1) 70%HT: 30% HC; (2) 80% HT: 20% HC; (3) 90% HT: 10% HC y (4) 100% HT: 0% HC.



Anexo 6

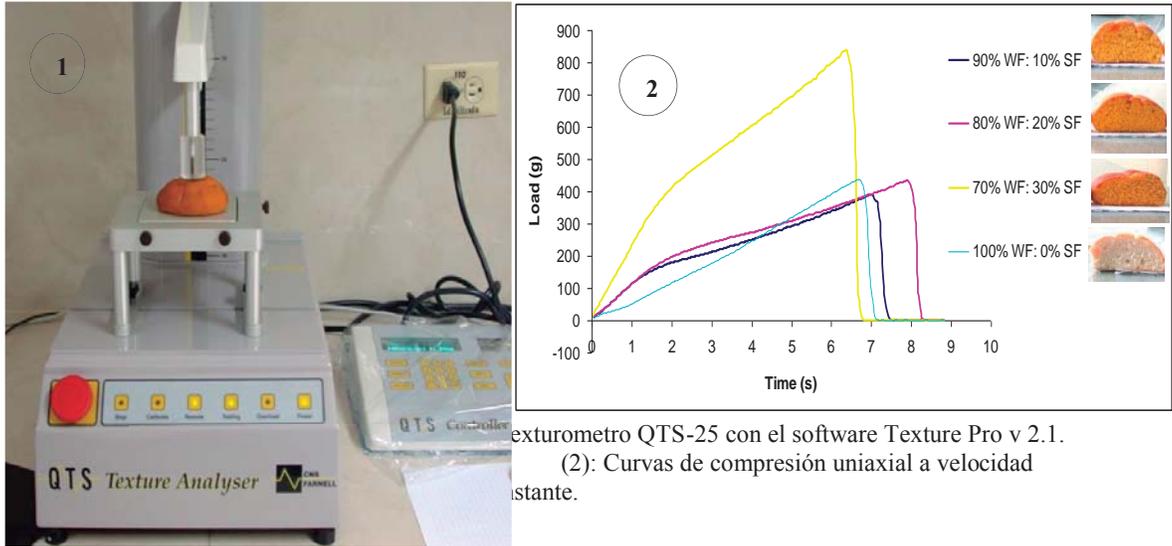
Parámetros registrados en la elaboración de pan de camote en los cuatro niveles de sustitución de harina de trigo (HT) por harina de camote (HC)

Parámetros	Tratamientos			
	100%WF:0%SF	90%WF:10%SF	80%WF:20%SF	70%WF:30%SF
Tiempo de Mezclado (min)	3	6	7	8
Tiempo de Sobado (min)	6	5	8	10
Pesado de masa (g)	1269	1258	1247	1234
Tiempo de Incubacion (min)	75	75	91	120
Tiempo de horneado (min)	10	10	10	10
Pesado del pan por unidad (g)	40	40	40	40
Numero de Unidades pan	32	32	31	31

Anexo 7

Análisis de textura y Análisis de sensorial

A: ANALISIS DE TEXTURA:



B: ANALISIS SENSORIAL:

La evaluación sensorial se llevó a cabo mediante un panel no entrenado de 50 personas.



Anexo 8

Contenido de materia seca en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada provenientes de la Molina y San Ramón

CONTENIDO DE MATERIA SECA:

```
###Modelamiento dm=materia seca
> attach(A)
> model <- AMMI (env, geno, rep, dm)
> modelo <- aov(dm ~ env + rep %in% env + geno + env: geno)
> error<-deviance(modelo)
> gle <-df.residual (modelo)
> mse<-error/gle
> names(model)
[1] "ANOVA" "genXenv" "anal ysis" "means" "bi plot" "PC"
> model$ANOVA
```

Anal ysis of Variance Table

Response: MATERIA SECA

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
ENV	1	661.30	661.30	8.0936	0.1045
REP(ENV)	2	163.41	81.71	17.2289	2.292e-06 ***
GEN	24	1119.62	46.65	9.8370	1.751e-11 ***
ENV: GEN	24	142.62	5.94	1.2530	0.2482
Residuals	48	227.63	4.74		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> model\$anal ysis

	percent	acum	Df	Sum. Sq	Mean. Sq	F. value	Pr. F
PC1	100	100	24	142.6152	5.942301	1.25	0.2504

> model\$means

	ENV	GEN	dm	RESIDUAL
1	La Molina	188003.1	24.68806	-0.95065730
2	La Molina	188022.1	27.85049	1.64848849
3	La Molina	401222	27.82141	-0.76816529
4	La Molina	401526	28.44554	-0.87155664
5	La Molina	420081	24.80213	-0.01227071
6	La Molina	440007	27.65021	-0.67836784
7	La Molina	440014	18.63690	-2.42404096
8	La Molina	440022	18.03242	-0.62152475
9	La Molina	440060	30.19310	-1.30963310
10	La Molina	440099	26.24701	-1.17710948
11	La Molina	440107	27.29097	-0.20923542
12	La Molina	440135	25.94156	0.38677306
13	La Molina	440136	25.91623	-0.34000631
14	La Molina	440189	27.54108	0.90336855
15	La Molina	440267	24.49386	-0.14866769
16	La Molina	440413	19.83210	-1.22210490
17	La Molina	440442	20.13246	0.33702047
18	La Molina	440513	28.15437	-1.01704682
19	La Molina	440518	26.69160	0.19123165
20	La Molina	440615	23.29316	0.96368766
21	La Molina	440785	20.14436	1.95322124
22	La Molina	440887	26.15216	2.80234437
23	La Molina	441166	24.91534	-0.35956443
24	La Molina	441618	27.27865	1.33198818
25	La Molina	441624	25.45425	1.59182798
26	San Ramon	188003.1	31.73251	0.95065730
27	San Ramon	188022.1	29.69665	-1.64848849
28	San Ramon	401222	34.50088	0.76816529
29	San Ramon	401526	35.33179	0.87155664
30	San Ramon	420081	29.96981	0.01227071
31	San Ramon	440007	34.15008	0.67836784
32	San Ramon	440014	28.62812	2.42404096
33	San Ramon	440022	24.41861	0.62152475
34	San Ramon	440060	37.95550	1.30963310

```

35 San Ramon 440099 33.74437 1.17710948
36 San Ramon 440107 32.85258 0.20923542
37 San Ramon 440135 30.31115 -0.38677306
38 San Ramon 440136 31.73938 0.34000631
39 San Ramon 440189 30.87748 -0.90336855
40 San Ramon 440267 29.93433 0.14866769
41 San Ramon 440413 27.41945 1.22210490
42 San Ramon 440442 24.60156 -0.33702047
43 San Ramon 440513 35.33160 1.01704682
44 San Ramon 440518 31.45228 -0.19123165
45 San Ramon 440615 26.50892 -0.96368766
46 San Ramon 440785 21.38105 -1.95322124
47 San Ramon 440887 25.69061 -2.80234437
48 San Ramon 441166 30.77760 0.35956443
49 San Ramon 441618 29.75781 -1.33198818
50 San Ramon 441624 27.41373 -1.59182798

```

```

> detach(A)
> ###Graficos del AMMI
> plot(model, first=0, second=1, number=FALSE)
> plot(model, first=0, second=1, number=TRUE)

> ###Comparacion de medias
> out1<-LSD.test(modelo, "env", consol e=TRUE)

```

Study: modelo ~ "env"

LSD t Test for dm

Mean Square Error: 4.742377

env, means and individual (95%) CI

	dm	std r	LCL	UCL	Min	Max
La Molina	25.10398	3.527824	50 24.48475	25.72320	17.89474	30.64935
San Ramon	30.24711	4.614646	50 29.62789	30.86634	21.34146	41.03982

alpha: 0.05 ; Df Error: 48
Critical Value of t: 2.010635

Least Significant Difference 0.8757118
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	San Ramon	30.25
b	La Molina	25.1

```
> out2<-HSD.test(modelo, "geno", consol e=TRUE)
```

Study: modelo ~ "geno"

HSD Test for dm

Mean Square Error: 4.742377

geno, means

	dm	std r	Min	Max
188003.1	28.21029	5.5812486	4 21.03175	34.65565
188022.1	28.77357	3.3337408	4 25.94977	33.44353
401222	31.16114	4.4898395	4 26.80683	37.12785
401526	31.88866	4.8086865	4 27.88845	38.59746
420081	27.38597	3.1315856	4 24.40945	31.06689
440007	30.90014	4.7029153	4 27.04811	37.56906
440014	23.63251	6.7974928	4 18.49935	33.03013
440022	21.22551	3.8792081	4 17.89474	25.88889
440060	34.07430	5.1542005	4 29.73684	41.03982
440099	29.99569	4.8815144	4 23.52941	34.24759
440107	30.07177	3.4543173	4 26.49351	34.19301
440135	28.12635	4.1617618	4 25.00000	34.25414
440136	28.82781	3.4704298	4 25.65445	32.76053
440189	29.20928	2.8488084	4 27.39187	33.44371
440267	27.21410	4.3758421	4 23.17708	33.42557
440413	23.62577	5.0537242	4 19.40104	30.47566
440442	22.36701	3.6716909	4 18.79896	27.50971
440513	31.74298	4.9263902	4 27.03412	38.39635
440518	29.07194	2.8957209	4 26.08696	32.39046
440615	24.90104	3.1110586	4 20.28424	27.05100

```

440785 20.76271 1.2438074 4 18.89764 21.42064
440887 25.92139 0.7250037 4 25.32637 26.97795
441166 27.84647 3.4177973 4 24.34555 30.89701
441618 28.51823 2.0458788 4 27.21354 31.54696
441624 26.43399 1.1598838 4 25.22757 27.63012

```

```

alpha: 0.05 ; Df Error: 48
Critical Value of Studentized Range: 5.484586

```

```
Honestly Significant Difference: 5.971892
```

Means with the same letter are not significantly different.

```

Groups, Treatments and means
a      440060      34.07
ab     401526      31.89
ab     440513      31.74
ab     401222      31.16
ab     440007      30.9
abc    440107      30.07
abc    440099      30
abcd   440189      29.21
abcd   440518      29.07
abcd   440136      28.83
abcd   188022.1    28.77
abcd   441618      28.52
abcde  188003.1    28.21
abcde  440135      28.13
bcde   441166      27.85
bcde   420081      27.39
bcde   440267      27.21
bcdef  441624      26.43
bcdef  440887      25.92
cdef   440615      24.9
def    440014      23.63
def    440413      23.63
ef     440442      22.37
f      440022      21.23
f      440785      20.76

```

```
> # The ScottKnott Clustering Algorithm for Single Experiments
```

```
> out3 <- SK(model o, "geno")
```

```
> x1 <- summary(out3)[, 3]
```

```

Levels      Means SK(5%)
440060 34.07430 a
401526 31.88866 a
440513 31.74298 a
401222 31.16114 a
440007 30.90014 a
440107 30.07177 b
440099 29.99569 b
440189 29.20928 b
440518 29.07194 b
440136 28.82781 b
188022.1 28.77357 b
441618 28.51823 b
188003.1 28.21029 b
440135 28.12635 b
441166 27.84647 b
420081 27.38597 b
440267 27.21410 b
441624 26.43399 c
440887 25.92139 c
440615 24.90104 c
440014 23.63251 c
440413 23.62577 c
440442 22.36701 d
440022 21.22551 d
440785 20.76271 d

```

```
> ###Grafico de las diferencias
```

```
> par(mar=c(10, 3, 2, 2), cex=0.8)
```

```
> plot(out3, las=2, title="Genotype", xlab="")
```

```
> ###Comparacion de ambientes por genotipo (LSD)
```

```
> attach(A)
```

```

> out4 <- by(A, geno, function(x) LSD.test(x$dm, x$env, gl e, mse)$groups)
> detach(A)
> print(out4)

```

```

geno: 188003.1
      trt      means M
1 San Ramon 31.73251 a
2 La Molina 24.68806 b
-----

```

```

geno: 188022.1
      trt      means M
1 San Ramon 29.69665 a
2 La Molina 27.85049 a
-----

```

```

geno: 401222
      trt      means M
1 San Ramon 34.50088 a
2 La Molina 27.82141 b
-----

```

```

geno: 401526
      trt      means M
1 San Ramon 35.33179 a
2 La Molina 28.44554 b
-----

```

```

geno: 420081
      trt      means M
1 San Ramon 29.96981 a
2 La Molina 24.80213 b
-----

```

```

geno: 440007
      trt      means M
1 San Ramon 34.15008 a
2 La Molina 27.65021 b
-----

```

```

geno: 440014
      trt      means M
1 San Ramon 28.62812 a
2 La Molina 18.63690 b
-----

```

```

geno: 440022
      trt      means M
1 San Ramon 24.41861 a
2 La Molina 18.03242 b
-----

```

```

geno: 440060
      trt      means M
1 San Ramon 37.9555 a
2 La Molina 30.1931 b
-----

```

```

geno: 440099
      trt      means M
1 San Ramon 33.74437 a
2 La Molina 26.24701 b
-----

```

```

geno: 440107
      trt      means M
1 San Ramon 32.85258 a
2 La Molina 27.29097 b
-----

```

```

geno: 440135
      trt      means M
1 San Ramon 30.31115 a
2 La Molina 25.94156 a
-----

```

```

geno: 440136
      trt      means M
1 San Ramon 31.73938 a
2 La Molina 25.91623 b
-----

```

```

geno: 440189
      trt      means M
1 San Ramon 30.87748 a
2 La Molina 27.54108 a
-----

```

```

geno: 440267
      trt      means M

```

```

1 San Ramon 29.93433 a
2 La Molina 24.49386 b

```

```

-----
geno: 440413
      trt      means M
1 San Ramon 27.41945 a
2 La Molina 19.83210 b

```

```

-----
geno: 440442
      trt      means M
1 San Ramon 24.60156 a
2 La Molina 20.13246 b

```

```

-----
geno: 440513
      trt      means M
1 San Ramon 35.33160 a
2 La Molina 28.15437 b

```

```

-----
geno: 440518
      trt      means M
1 San Ramon 31.45228 a
2 La Molina 26.69160 b

```

```

-----
geno: 440615
      trt      means M
1 San Ramon 26.50892 a
2 La Molina 23.29316 a

```

```

-----
geno: 440785
      trt      means M
1 San Ramon 21.38105 a
2 La Molina 20.14436 a

```

```

-----
geno: 440887
      trt      means M
1 La Molina 26.15216 a
2 San Ramon 25.69061 a

```

```

-----
geno: 441166
      trt      means M
1 San Ramon 30.77760 a
2 La Molina 24.91534 b

```

```

-----
geno: 441618
      trt      means M
1 San Ramon 29.75781 a
2 La Molina 27.27865 a

```

```

-----
geno: 441624
      trt      means M
1 San Ramon 27.41373 a
2 La Molina 25.45425 a

```

```

> ###Comparacion de genotipo por ambiente (Tukey)
> attach(A)
> out5<-by(A, env, function(x) HSD.test(x$dm, x$geno, gl e, mse, al pha=0.05)$groups)
> detach(A)
> print(out5)
env: La Molina
      trt      means      M
1 440060 30.19310      a
2 401526 28.44554     ab
3 440513 28.15437    abc
4 188022.1 27.85049   abc
5 401222 27.82141   abc
6 440007 27.65021   abc
7 440189 27.54108   abc
8 440107 27.29097   abc
9 441618 27.27865   abc
10 440518 26.69160  abcd
11 440099 26.24701 abcde
12 440887 26.15216 abcde
13 440135 25.94156 abcde

```

14	440136	25.91623	abcde
15	441624	25.45425	abcde
16	441166	24.91534	abcde
17	420081	24.80213	abcde
18	188003.1	24.68806	abcde
19	440267	24.49386	abcde
20	440615	23.29316	abcde
21	440785	20.14436	bcde
22	440442	20.13246	bcde
23	440413	19.83210	cde
24	440014	18.63690	de
25	440022	18.03242	e

 env: San Ramon

	trt	means	M
1	440060	37.95550	a
2	401526	35.33179	ab
3	440513	35.33160	ab
4	401222	34.50088	abc
5	440007	34.15008	abc
6	440099	33.74437	abcd
7	440107	32.85258	abcde
8	440136	31.73938	abcde
9	188003.1	31.73251	abcde
10	440518	31.45228	abcde
11	440189	30.87748	abcde
12	441166	30.77760	abcde
13	440135	30.31115	abcde
14	420081	29.96981	abcde
15	440267	29.93433	abcde
16	441618	29.75781	abcdef
17	188022.1	29.69665	abcdef
18	440014	28.62812	bcdef
19	440413	27.41945	bcdef
20	441624	27.41373	bcdef
21	440615	26.50892	cdef
22	440887	25.69061	def
23	440442	24.60156	ef
24	440022	24.41861	ef
25	440785	21.38105	f

Anexo 9
Contenido de B-caroteno en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada
provenientes de la Molina y San Ramón

CONTENIDO DE BC:

```

Response: Y
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
ENV       1  356.19   356.19  19.4025 0.0478692 *
REP(ENV)  2    36.72    18.36  10.9866 0.0001179 ***
GEN      24 1049.30    43.72  26.1654 < 2.2e-16 ***
ENV: GEN 24  193.91     8.08   4.8355 1.745e-06 ***
Residuals 48   80.21     1.67

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> model$analysis
      percent acum Df  Sum. Sq Mean. Sq F. value Pr. F
PC1    100    100 24 193.9147  8.079778   4.84    0
> model$means
      ENV      GEN      bc  RESI DUAL
1  La Molina 188003.1  8.804795 -1.9299088
2  La Molina 188022.1  9.459500 -1.1718302
3  La Molina  401222 13.105151  0.2879709
4  La Molina  401526 10.497709 -2.3624009
5  La Molina  420081 18.670666  0.1889424
6  La Molina  440007 10.092394 -0.8482412
7  La Molina  440014 12.758117  0.2600467
8  La Molina  440022 14.340977  1.3856088
9  La Molina  440060  7.322007 -2.1824578
10 La Molina  440099 10.832722 -0.6519856
11 La Molina  440107 21.321369  3.1557703
12 La Molina  440135 19.822585  2.2015045
13 La Molina  440136 14.998856  0.8942480
14 La Molina  440189 13.940550 -0.2090007
15 La Molina  440267 12.690266 -0.2497874
16 La Molina  440413 18.304278 -0.9773695
17 La Molina  440442 20.166369 -0.6487416
18 La Molina  440513 13.582850 -1.0251296
19 La Molina  440518 20.263938 -0.2185182
20 La Molina  440615 17.564765  1.0947321
21 La Molina  440785 17.329161  0.2277721
22 La Molina  440887 13.628963  0.7146957
23 La Molina  441166 10.119248 -1.4401382
24 La Molina  441618 20.514655  2.6535567
25 La Molina  441624 16.734403  0.8506616
26 San Ramon 188003.1  8.890018  1.9299088
27 San Ramon 188022.1  8.028565  1.1718302
28 San Ramon  401222  8.754614 -0.2879709
29 San Ramon  401526 11.447916  2.3624009
30 San Ramon  420081 14.518186 -0.1889424
31 San Ramon  440007  8.014281  0.8482412
32 San Ramon  440014  8.463429 -0.2600467
33 San Ramon  440022  7.795164 -1.3856088
34 San Ramon  440060  7.912328  2.1824578
35 San Ramon  440099  8.362098  0.6519856
36 San Ramon  440107 11.235233 -3.1557703
37 San Ramon  440135 11.644981 -2.2015045
38 San Ramon  440136  9.435765 -0.8942480
39 San Ramon  440189 10.583956  0.2090007
40 San Ramon  440267  9.415245  0.2497874
41 San Ramon  440413 16.484422  0.9773695
42 San Ramon  440442 17.689257  0.6487416
43 San Ramon  440513 11.858514  1.0251296
44 San Ramon  440518 16.926380  0.2185182
45 San Ramon  440615 11.600706 -1.0947321
46 San Ramon  440785 13.099022 -0.2277721
47 San Ramon  440887  8.424976 -0.7146957
48 San Ramon  441166  9.224929  1.4401382
49 San Ramon  441618 11.432946 -2.6535567
50 San Ramon  441624 11.258484 -0.8506616
> detach(A)

```

```
> ###Graficos del AMMI
> plot(model, first=0, second=1, number=FALSE)
> plot(model, first=0, second=1, number=TRUE)
> #
```

Study: modelo ~ "env"

LSD t Test for bc

Mean Square Error: 1.670939

env, means and individual (95 %) CI

	bc	std r	LCL	UCL	Min	Max
La Molina	14.67465	4.267209	50	14.30709	15.04221	7.058270 23.94970
San Ramon	10.90006	3.090114	50	10.53250	11.26762	6.788276 19.31113

alpha: 0.05 ; Df Error: 48
Critical Value of t: 2.010635

Least Significant Difference 0.5198086
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	La Molina	14.67
b	San Ramon	10.9

> out2<-HSD.test(modelo, "geno", console=TRUE)

Study: modelo ~ "geno"

HSD Test for bc

Mean Square Error: 1.670939

geno, means

	bc	std r	Min	Max
188003.1	8.847406	0.7804845	4	7.998879 9.781156
188022.1	8.744032	1.3123108	4	6.788276 9.604881
401222	10.929883	3.0335531	4	6.790172 13.798725
401526	10.972813	0.8311450	4	9.737448 11.530127
420081	16.594426	2.6423726	4	13.315786 19.307760
440007	9.053337	1.6895100	4	7.448945 11.435072
440014	10.610773	2.9608317	4	6.813051 13.855325
440022	11.068070	3.7881480	4	7.700174 14.644692
440060	7.617168	0.8765411	4	6.959076 8.865580
440099	9.597410	1.6413670	4	7.952875 11.739184
440107	16.278301	6.2099083	4	10.968282 23.949698
440135	15.733783	4.8511093	4	10.296254 20.032875
440136	12.217311	3.4305720	4	8.070606 15.560626
440189	12.262253	2.3782326	4	9.514169 15.246758
440267	11.052755	1.9213985	4	9.010517 12.795024
440413	17.394350	2.3037610	4	14.155116 19.242024
440442	18.927813	2.3394504	4	16.067383 21.750990
440513	12.720682	2.4733943	4	9.733789 15.364814
440518	18.595159	2.0419419	4	16.203518 20.666570
440615	14.582735	3.8062014	4	11.414518 19.542412
440785	15.214092	2.5055985	4	13.045781 18.012653
440887	11.026969	3.0383600	4	8.291746 14.166511
441166	9.672088	0.9187709	4	9.173893 11.048603
441618	15.973800	5.3173761	4	11.106058 21.547206
441624	13.996444	3.2102380	4	11.256327 17.416749

alpha: 0.05 ; Df Error: 48
Critical Value of Studentized Range: 5.484586

Honestly Significant Difference: 3.54482

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	440442	18.93
ab	440518	18.6
abc	440413	17.39
abc	420081	16.59
abc	440107	16.28
abcd	441618	15.97
abcde	440135	15.73
bcde	440785	15.21
cdef	440615	14.58
cdefg	441624	14
defgh	440513	12.72
efghi	440189	12.26
efghi	440136	12.22
fghij	440022	11.07
fghij	440267	11.05
ghij	440887	11.03
ghij	401526	10.97
ghij	401222	10.93
ghij	440014	10.61
hij	441166	9.672
hij	440099	9.597
ij	440007	9.053
ij	188003.1	8.847
ij	188022.1	8.744
j	440060	7.617

```
> # The ScottKnott Clustering Algorithm for Single Experiments
> out3 <- SK(model o, "geno")
> x1 <- summary(out3)[, 3]
```

Levels	Means	SK(5%)
440442	18.927813	a
440518	18.595159	a
440413	17.394350	a
420081	16.594426	b
440107	16.278301	b
441618	15.973800	b
440135	15.733783	b
440785	15.214092	b
440615	14.582735	b
441624	13.996444	b
440513	12.720682	c
440189	12.262253	c
440136	12.217311	c
440022	11.068070	c
440267	11.052755	c
440887	11.026969	c
401526	10.972813	c
401222	10.929883	c
440014	10.610773	c
441166	9.672088	d
440099	9.597410	d
440007	9.053337	d
188003.1	8.847406	d
188022.1	8.744032	d
440060	7.617168	d

```
###Grafico de las diferencias
> par(mar=c(10, 3, 2, 2), cex=0.8)
> plot(out3, las=2, title="Genotype", xlab="")
> ###Comparacion de ambientes por genotipo (LSD)
> attach(A)
```

```
out4 <- by(A, geno, function(x) LSD.test(x$bc, x$env, gl e, mse)$groups)
> detach(A)
> print(out4)
geno: 188003.1
      trt      means M
1 San Ramon 8.890018 a
```

2 La Mol i na 8. 804795 a

geno: 188022.1
trt means M
1 La Mol i na 9. 459500 a
2 San Ramon 8. 028565 a

geno: 401222
trt means M
1 La Mol i na 13. 105151 a
2 San Ramon 8. 754614 b

geno: 401526
trt means M
1 San Ramon 11. 44792 a
2 La Mol i na 10. 49771 a

geno: 420081
trt means M
1 La Mol i na 18. 67067 a
2 San Ramon 14. 51819 b

geno: 440007
trt means M
1 La Mol i na 10. 092394 a
2 San Ramon 8. 014281 a

geno: 440014
trt means M
1 La Mol i na 12. 758117 a
2 San Ramon 8. 463429 b

geno: 440022
trt means M
1 La Mol i na 14. 340977 a
2 San Ramon 7. 795164 b

geno: 440060
trt means M
1 San Ramon 7. 912328 a
2 La Mol i na 7. 322007 a

geno: 440099
trt means M
1 La Mol i na 10. 832722 a
2 San Ramon 8. 362098 a

geno: 440107
trt means M
1 La Mol i na 21. 32137 a
2 San Ramon 11. 23523 b

geno: 440135
trt means M
1 La Mol i na 19. 82258 a
2 San Ramon 11. 64498 b

geno: 440136
trt means M
1 La Mol i na 14. 998856 a
2 San Ramon 9. 435765 b

geno: 440189
trt means M
1 La Mol i na 13. 94055 a
2 San Ramon 10. 58396 b

geno: 440267
trt means M
1 La Mol i na 12. 690266 a
2 San Ramon 9. 415245 b

geno: 440413
trt means M
1 La Mol i na 18. 30428 a
2 San Ramon 16. 48442 a

```
-----
geno: 440442
      trt      means M
1 La Mol ina 20.16637 a
2 San Ramon 17.68926 a
-----
```

```
geno: 440513
      trt      means M
1 La Mol ina 13.58285 a
2 San Ramon 11.85851 a
-----
```

```
geno: 440518
      trt      means M
1 La Mol ina 20.26394 a
2 San Ramon 16.92638 b
-----
```

```
geno: 440615
      trt      means M
1 La Mol ina 17.56477 a
2 San Ramon 11.60071 b
-----
```

```
geno: 440785
      trt      means M
1 La Mol ina 17.32916 a
2 San Ramon 13.09902 b
-----
```

```
geno: 440887
      trt      means M
1 La Mol ina 13.628963 a
2 San Ramon 8.424976 b
-----
```

```
geno: 441166
      trt      means M
1 La Mol ina 10.119248 a
2 San Ramon 9.224929 a
-----
```

```
geno: 441618
      trt      means M
1 La Mol ina 20.51465 a
2 San Ramon 11.43295 b
-----
```

```
geno: 441624
      trt      means M
1 La Mol ina 16.73440 a
2 San Ramon 11.25848 b
-----
```

```
###Comparacion de genotipo por ambiente (Tukey)
```

```
> attach(A)
> out5<-by(A, env, function(x) HSD.test(x$bc, x$geno, gl e, mse, al pha=0.05)$groups)
> detach(A)
```

```
> print(out5)
env: La Mol ina
      trt      means      M
1 440107 21.321369      a
2 441618 20.514655      a
3 440518 20.263938      a
4 440442 20.166369      a
5 440135 19.822585      ab
6 420081 18.670666      abc
7 440413 18.304278      abcd
8 440615 17.564765      abcde
9 440785 17.329161      abcde
10 441624 16.734403      abcde
11 440136 14.998856      bcdef
12 440022 14.340977      cdefg
13 440189 13.940550      cdefg
14 440887 13.628963      defgh
15 440513 13.582850      defgh
16 401222 13.105151      efgh
17 440014 12.758117      efgh
18 440267 12.690266      efgh
19 440099 10.832722      fgghi
20 401526 10.497709      fgghi
```

21	441166	10.119248	fg
22	440007	10.092394	ghi
23	188022.1	9.459500	ghi
24	188003.1	8.804795	hi
25	440060	7.322007	i

env: San Ramon

	trt	means	M
1	440442	17.689257	a
2	440518	16.926380	a
3	440413	16.484422	ab
4	420081	14.518186	abc
5	440785	13.099022	abcd
6	440513	11.858514	bcde
7	440135	11.644981	bcde
8	440615	11.600706	bcde
9	401526	11.447916	cde
10	441618	11.432946	cde
11	441624	11.258484	cde
12	440107	11.235233	cde
13	440189	10.583956	cde
14	440136	9.435765	de
15	440267	9.415245	de
16	441166	9.224929	de
17	188003.1	8.890018	de
18	401222	8.754614	de
19	440014	8.463429	de
20	440887	8.424976	de
21	440099	8.362098	de
22	188022.1	8.028565	e
23	440007	8.014281	e
24	440060	7.912328	e
25	440022	7.795164	e

Anexo 10

Contenido de Hierro en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada provenientes de la Molina y San Ramón

Contenido de Hierro:

Analysis of Variance Table

Response: Fe

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
ENV	1	0.15639	0.156392	4.7738	0.160508
REP(ENV)	2	0.06552	0.032760	7.1147	0.001967 **
GEN	24	1.57636	0.065682	14.2645	1.499e-14 ***
ENV: GEN	24	0.49965	0.020819	4.5213	4.389e-06 ***
Residuals	48	0.22102	0.004605		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> model\$analysis

	percent	acum	Df	Sum. Sq	Mean. Sq	F. value	Pr. F
PC1	100	100	24	0.499646	0.020819	4.52	0

> model\$means

	ENV	GEN	fe	RESI DUAL
1	La Molina	188003.1	0.7350355	-0.020222182
2	La Molina	188022.1	0.7527886	-0.243373276
3	La Molina	401222	0.5137452	-0.018655975
4	La Molina	401526	0.6286656	-0.037858676
5	La Molina	420081	0.7366971	-0.011550071
6	La Molina	440007	0.6146820	0.073345133
7	La Molina	440014	0.7714745	-0.053393487
8	La Molina	440022	0.4699988	-0.045414529
9	La Molina	440060	0.5617559	-0.042083246
10	La Molina	440099	0.7058036	0.086939995
11	La Molina	440107	0.6417614	0.048010224
12	La Molina	440135	0.6790026	0.038316619
13	La Molina	440136	0.5800392	0.033709133
14	La Molina	440189	0.5059981	-0.019647074
15	La Molina	440267	0.5539509	-0.064181141
16	La Molina	440413	0.5830354	0.029688966
17	La Molina	440442	0.5466253	0.080171354
18	La Molina	440513	0.6392948	-0.008583915
19	La Molina	440518	0.5207525	0.033995455
20	La Molina	440615	0.4837162	-0.086509458
21	La Molina	440785	0.5403976	0.089490658
22	La Molina	440887	0.5792772	0.084642130
23	La Molina	441166	0.5732954	0.055259049
24	La Molina	441618	0.5102100	0.004842580
25	La Molina	441624	0.4322249	-0.006938267
26	San Ramon	188003.1	0.6963869	0.020222182
27	San Ramon	188022.1	1.1604422	0.243373276
28	San Ramon	401222	0.4719642	0.018655975
29	San Ramon	401526	0.6252899	0.037858676
30	San Ramon	420081	0.6807043	0.011550071
31	San Ramon	440007	0.3888987	-0.073345133
32	San Ramon	440014	0.7991685	0.053393487
33	San Ramon	440022	0.4817349	0.045414529
34	San Ramon	440060	0.5668295	0.042083246
35	San Ramon	440099	0.4528306	-0.086939995
36	San Ramon	440107	0.4666480	-0.048010224
37	San Ramon	440135	0.5232764	-0.038316619
38	San Ramon	440136	0.4335280	-0.033709133
39	San Ramon	440189	0.4661993	0.019647074
40	San Ramon	440267	0.6032202	0.064181141
41	San Ramon	440413	0.4445645	-0.029688966
42	San Ramon	440442	0.3071896	-0.080171354
43	San Ramon	440513	0.5773697	0.008583915
44	San Ramon	440518	0.3736686	-0.033995455
45	San Ramon	440615	0.5776421	0.086509458
46	San Ramon	440785	0.2823233	-0.089490658
47	San Ramon	440887	0.3309000	-0.084642130
48	San Ramon	441166	0.3836844	-0.055259049
49	San Ramon	441618	0.4214319	-0.004842580
50	San Ramon	441624	0.3670085	0.006938267

> detach(A)

```

> ###Graficos del AMMI
> plot(model, first=0, second=1, number=FALSE)
> plot(model, first=0, second=1, number=TRUE)
> ###Comparacion de medias
> out1<-LSD.test(modelo, "env", console=TRUE)

```

Study: modelo ~ "env"

LSD t Test for fe

Mean Square Error: 0.004604575

env, means and individual (95%) CI

	fe	std r	LCL	UCL	Min	Max
La Molina	0.5944091	0.1055952	50 0.5751142	0.6137041	0.3858922	0.8926788
San Ramon	0.5153162	0.1925226	50 0.4960212	0.5346111	0.2643417	1.2940230

alpha: 0.05 ; Df Error: 48
Critical Value of t: 2.010635

Least Significant Difference 0.02728714
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	La Molina	0.5944
b	San Ramon	0.5153

```

> out2<-HSD.test(modelo, "geno", console=TRUE)

```

Study: modelo ~ "geno"

HSD Test for fe

Mean Square Error: 0.004604575

geno, means

	fe	std r	Min	Max
188003.1	0.7157112	0.08314616	4 0.5984661	0.7943077
188022.1	0.9566154	0.28343583	4 0.6128984	1.2940230
401222	0.4928547	0.09274959	4 0.3633001	0.5806282
401526	0.6269778	0.08137974	4 0.5448475	0.7124836
420081	0.7087007	0.05017301	4 0.6362695	0.7519925
440007	0.5017903	0.13240720	4 0.3708055	0.6366159
440014	0.7853215	0.09435024	4 0.6962026	0.8846297
440022	0.4758668	0.03779820	4 0.4301998	0.5097977
440060	0.5642927	0.02669703	4 0.5408255	0.5916920
440099	0.5793171	0.14725413	4 0.4422800	0.7262167
440107	0.5542047	0.11720580	4 0.4500174	0.7124499
440135	0.6011395	0.10506956	4 0.4597604	0.6989980
440136	0.5067836	0.09128684	4 0.4180278	0.6191148
440189	0.4860987	0.07590021	4 0.4223759	0.5896203
440267	0.5785856	0.07015086	4 0.5267818	0.6796586
440413	0.5138000	0.09409757	4 0.4039779	0.6282810
440442	0.4269075	0.14277693	4 0.2643417	0.5554121
440513	0.6083322	0.10189535	4 0.4863688	0.7126124
440518	0.4472105	0.08509761	4 0.3698327	0.5263074
440615	0.5306791	0.07061580	4 0.4642303	0.6294991
440785	0.4113604	0.14919129	4 0.2730837	0.5411207
440887	0.4550886	0.14418870	4 0.3181409	0.5925870
441166	0.4784899	0.11603991	4 0.3468680	0.6027279
441618	0.4658210	0.06266014	4 0.3836115	0.5329758
441624	0.3996167	0.05347794	4 0.3629445	0.4785577

alpha: 0.05 ; Df Error: 48
Critical Value of Studentized Range: 5.484586

Honestly Significant Difference: 0.1860838

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	188022.1	0.9566
ab	440014	0.7853

```

bc      188003.1      0.7157
bc      420081      0.7087
bcd     401526      0.627
bcde    440513      0.6083
bcde    440135      0.6011
cdef    440099      0.5793
cdef    440267      0.5786
cdef    440060      0.5643
cdef    440107      0.5542
cdef    440615      0.5307
def     440413      0.5138
def     440136      0.5068
def     440007      0.5018
def     401222      0.4929
def     440189      0.4861
def     441166      0.4785
def     440022      0.4759
def     441618      0.4658
def     440887      0.4551
def     440518      0.4472
ef      440442      0.4269
f       440785      0.4114
f       441624      0.3996
> # The ScottKnott Clustering Algorithm for Single Experiments
> out3 <- SK(model o, "geno")

> x1 <- summary(out3)[, 3]
Levels Means SK(5%)
188022.1 0.9566154 a
440014 0.7853215 b
188003.1 0.7157112 b
420081 0.7087007 b
401526 0.6269778 c
440513 0.6083322 c
440135 0.6011395 c
440099 0.5793171 c
440267 0.5785856 c
440060 0.5642927 c
440107 0.5542047 c
440615 0.5306791 c
440413 0.5138000 d
440136 0.5067836 d
440007 0.5017903 d
401222 0.4928547 d
440189 0.4860987 d
441166 0.4784899 d
440022 0.4758668 d
441618 0.4658210 d
440887 0.4550886 d
440518 0.4472105 d
440442 0.4269075 d
440785 0.4113604 d
441624 0.3996167 d
> ###Grafico de las diferencias
> par(mar=c(10, 3, 2, 2), cex=0.8)
> plot(out3, las=2, title="Genotype", xlab="")

> ###Comparacion de ambientes por genotipo (LSD)
> attach(A)
> out4 <- by(A, geno, function(x) LSD.test(x$bc, x$env, gl e, mse)$groups)
> detach(A)
> print(out4)

```

```

geno: 188003.1
      trt      means M
1 La Molina 0.7350355 a
2 San Ramon 0.6963869 a
-----
geno: 188022.1
      trt      means M
1 San Ramon 1.1604422 a

```

2	La Molina	0.7527886	b

geno: 401222			
	trt	means	M
1	La Molina	0.5137452	a
2	San Ramon	0.4719642	a

geno: 401526			
	trt	means	M
1	La Molina	0.6286656	a
2	San Ramon	0.6252899	a

geno: 420081			
	trt	means	M
1	La Molina	0.7366971	a
2	San Ramon	0.6807043	a

geno: 440007			
	trt	means	M
1	La Molina	0.6146820	a
2	San Ramon	0.3888987	b

geno: 440014			
	trt	means	M
1	San Ramon	0.7991685	a
2	La Molina	0.7714745	a

geno: 440022			
	trt	means	M
1	San Ramon	0.4817349	a
2	La Molina	0.4699988	a

geno: 440060			
	trt	means	M
1	San Ramon	0.5668295	a
2	La Molina	0.5617559	a

geno: 440099			
	trt	means	M
1	La Molina	0.7058036	a
2	San Ramon	0.4528306	b

geno: 440107			
	trt	means	M
1	La Molina	0.6417614	a
2	San Ramon	0.4666480	b

geno: 440135			
	trt	means	M
1	La Molina	0.6790026	a
2	San Ramon	0.5232764	b

geno: 440136			
	trt	means	M
1	La Molina	0.5800392	a
2	San Ramon	0.4335280	b

geno: 440189			
	trt	means	M
1	La Molina	0.5059981	a
2	San Ramon	0.4661993	a

geno: 440267			
	trt	means	M
1	San Ramon	0.6032202	a
2	La Molina	0.5539509	a

geno: 440413			
	trt	means	M
1	La Molina	0.5830354	a
2	San Ramon	0.4445645	b

geno: 440442			
	trt	means	M
1	La Molina	0.5466253	a
2	San Ramon	0.3071896	b

```

-----
geno: 440513
      trt      means M
1 La Molina 0.6392948 a
2 San Ramon 0.5773697 a
-----
geno: 440518
      trt      means M
1 La Molina 0.5207525 a
2 San Ramon 0.3736686 b
-----
geno: 440615
      trt      means M
1 San Ramon 0.5776421 a
2 La Molina 0.4837162 a
-----
geno: 440785
      trt      means M
1 La Molina 0.5403976 a
2 San Ramon 0.2823233 b
-----
geno: 440887
      trt      means M
1 La Molina 0.5792772 a
2 San Ramon 0.3309000 b
-----
geno: 441166
      trt      means M
1 La Molina 0.5732954 a
2 San Ramon 0.3836844 b
-----
geno: 441618
      trt      means M
1 La Molina 0.5102100 a
2 San Ramon 0.4214319 a
-----
geno: 441624
      trt      means M
1 La Molina 0.4322249 a
2 San Ramon 0.3670085 a

```

>

```

###Comparacion de genotipo por ambiente (Tukey)
> attach(A)
> out5<-by(A, env, function(x) HSD.test(x$fe, x$geno, gl e, mse, al pha=0.05)$groups)
> detach(A)
> print(out5)
env: La Molina
      trt      means      M
1 440014 0.7714745      a
2 188022.1 0.7527886     ab
3 420081 0.7366971     abc
4 188003.1 0.7350355     abc
5 440099 0.7058036     abcd
6 440135 0.6790026     abcde
7 440107 0.6417614     abcde
8 440513 0.6392948     abcde
9 401526 0.6286656     abcde
10 440007 0.6146820     abcde
11 440413 0.5830354     abcde
12 440136 0.5800392     abcde
13 440887 0.5792772     abcde
14 441166 0.5732954     abcde
15 440060 0.5617559     abcde
16 440267 0.5539509     abcde
17 440442 0.5466253     abcde
18 440785 0.5403976     abcde
19 440518 0.5207525     abcde
20 401222 0.5137452     abcde
21 441618 0.5102100     abcde
22 440189 0.5059981     bcde
23 440615 0.4837162     cde
24 440022 0.4699988     de

```

25 441624 0.4322249 e

env: San Ramon

	trt	means	M
1	188022.1	1.1604422	a
2	440014	0.7991685	b
3	188003.1	0.6963869	bc
4	420081	0.6807043	bcd
5	401526	0.6252899	bcde
6	440267	0.6032202	bcde
7	440615	0.5776421	bcdef
8	440513	0.5773697	bcdef
9	440060	0.5668295	bcdefg
10	440135	0.5232764	cdefgh
11	440022	0.4817349	cdefgh
12	401222	0.4719642	cdefgh
13	440107	0.4666480	cdefgh
14	440189	0.4661993	cdefgh
15	440099	0.4528306	cdefgh
16	440413	0.4445645	cdefgh
17	440136	0.4335280	cdefgh
18	441618	0.4214319	defgh
19	440007	0.3888987	efgh
20	441166	0.3836844	efgh
21	440518	0.3736686	efgh
22	441624	0.3670085	efgh
23	440887	0.3309000	fgh
24	440442	0.3071896	gh
25	440785	0.2823233	h

Anexo 11

Contenido de Zinc en 25 genotipos de camote de pulpa anaranjada provenientes de la Molina y San Ramón

CONTENIDO DE ZINC:

Analysis of Variance Table

Response: zinc

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
ENV	1	0.49493	0.49493	23.7748	0.039581 *
REP(ENV)	2	0.04164	0.02082	8.4513	0.000717 ***
GEN	24	0.43737	0.01822	7.3983	2.528e-09 ***
ENV: GEN	24	0.07021	0.00293	1.1877	0.299158
Residuals	48	0.11824	0.00246		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> model\$analysis

	percent	acum	Df	Sum. Sq	Mean. Sq	F. value	Pr. F
PC1	100	100	24	0.070214	0.002926	1.19	0.2972

> model\$means

	ENV	GEN	zn	RESIDUAL
1	La Molina	188003.1	0.5194876	-0.0346739704
2	La Molina	188022.1	0.5353316	-0.0421036371
3	La Molina	401222	0.4108510	0.0143244666
4	La Molina	401526	0.5316658	0.0530680117
5	La Molina	420081	0.4382512	-0.0010168025
6	La Molina	440007	0.4742258	0.0232133781
7	La Molina	440014	0.3573213	-0.0540096009
8	La Molina	440022	0.4417892	-0.0450987749
9	La Molina	440060	0.3332998	-0.0101576286
10	La Molina	440099	0.4009016	-0.0052712826
11	La Molina	440107	0.4745586	0.0447550677
12	La Molina	440135	0.5204468	0.0093282547
13	La Molina	440136	0.3814098	0.0002832952
14	La Molina	440189	0.3522647	-0.0176710286
15	La Molina	440267	0.3888558	-0.0130201618
16	La Molina	440413	0.3822684	0.0184843459
17	La Molina	440442	0.3563855	0.0089020753
18	La Molina	440513	0.4626592	0.0223651126
19	La Molina	440518	0.3637373	-0.0046951631
20	La Molina	440615	0.3590142	-0.0030818781
21	La Molina	440785	0.3240730	0.0079612866
22	La Molina	440887	0.3911179	0.0402363868
23	La Molina	441166	0.3516082	-0.0079288913
24	La Molina	441618	0.3877957	0.0160249230
25	La Molina	441624	0.3412386	-0.0202177845
26	San Ramon	188003.1	0.4481326	0.0346739704
27	San Ramon	188022.1	0.4788360	0.0421036371
28	San Ramon	401222	0.2414992	-0.0143244666
29	San Ramon	401526	0.2848270	-0.0530680117
30	San Ramon	420081	0.2995820	0.0010168025
31	San Ramon	440007	0.2870962	-0.0232133781
32	San Ramon	440014	0.3246376	0.0540096009
33	San Ramon	440022	0.3912839	0.0450987749
34	San Ramon	440060	0.2129122	0.0101576286
35	San Ramon	440099	0.2707413	0.0052712826
36	San Ramon	440107	0.2443456	-0.0447550677
37	San Ramon	440135	0.3610874	-0.0093282547
38	San Ramon	440136	0.2401404	-0.0002832952
39	San Ramon	440189	0.2469039	0.0176710286
40	San Ramon	440267	0.2741933	0.0130201618
41	San Ramon	440413	0.2045968	-0.0184843459
42	San Ramon	440442	0.1978785	-0.0089020753
43	San Ramon	440513	0.2772262	-0.0223651126
44	San Ramon	440518	0.2324248	0.0046951631
45	San Ramon	440615	0.2244751	0.0030818781
46	San Ramon	440785	0.1674476	-0.0079612866
47	San Ramon	440887	0.1699423	-0.0402363868
48	San Ramon	441166	0.2267632	0.0079288913
49	San Ramon	441618	0.2150430	-0.0160249230
50	San Ramon	441624	0.2409713	0.0202177845

Como no existe interaccion genotipo ambiente entonces no se hace el AMMI?

```
> detach(A)
> #
> ###Graficos del AMMI
> plot(model, first=0, second=1, number=FALSE)
> plot(model, first=0, second=1, number=TRUE)
> #
```

```
> ###Comparacion de medias
> out1<-LSD.test(modelo, "env", consola=TRUE)
```

Study: modelo ~ "env"

LSD t Test for zn

Mean Square Error: 0.002463237

env, means and individual (95 %) CI

	zn	std r	LCL	UCL	Min	Max
La Molina	0.4112223	0.07822841	0.3971099	0.4253348	0.2620008	0.6298317
San Ramon	0.2705195	0.08661324	0.2564071	0.2846319	0.1614806	0.5293800

alpha: 0.05 ; Df Error: 48
Critical Value of t: 2.010635

Least Significant Difference 0.01995796
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	La Molina	0.4112
b	San Ramon	0.2705

```
> out2<-HSD.test(modelo, "geno", consola=TRUE)
```

Study: modelo ~ "geno"

HSD Test for zn

Mean Square Error: 0.002463237

geno, means

	zn	std r	Min	Max
188003.1	0.4838101	0.07814596	0.3668853	0.5293800
188022.1	0.5070838	0.08390957	0.4408315	0.6298317
401222	0.3261751	0.11039897	0.2051024	0.4620092
401526	0.4082464	0.14548435	0.2635022	0.5604597
420081	0.3689166	0.08043001	0.2976055	0.4474705
440007	0.3806610	0.12807993	0.2408428	0.5446430
440014	0.3409795	0.09030561	0.2620008	0.4526418
440022	0.4165365	0.04135309	0.3745881	0.4735850
440060	0.2731060	0.07621429	0.1776306	0.3481843
440099	0.3358214	0.10028219	0.1926334	0.4235529
440107	0.3594521	0.13438787	0.2221382	0.4844566
440135	0.4407671	0.12373921	0.2726598	0.5699437
440136	0.3107751	0.08482953	0.2256109	0.4059952
440189	0.2995843	0.09431691	0.2329726	0.4394369
440267	0.3315246	0.07673312	0.2344585	0.4149203
440413	0.2934326	0.10604260	0.1750717	0.3968365
440442	0.2771320	0.09407362	0.1711864	0.3566453
440513	0.3699427	0.10974748	0.2482369	0.4684620
440518	0.2980811	0.07709449	0.2296165	0.3806478
440615	0.2917447	0.07889389	0.2133493	0.3717501
440785	0.2457603	0.09087389	0.1614806	0.3333322
440887	0.2805301	0.12808481	0.1683838	0.4032349
441166	0.2891857	0.07473853	0.2026449	0.3535921
441618	0.3014194	0.10540078	0.1915201	0.4222763
441624	0.2911049	0.07449780	0.2125427	0.3911378

alpha: 0.05 ; Df Error: 48
Critical Value of Studentized Range: 5.484586

Honestly Significant Difference: 0.1361028

Means with the same letter are not significantly different.

```

Groups, Treatments and means
a      188022.1      0.5071
ab     188003.1      0.4838
abc    440135        0.4408
abcd   440022        0.4165
abcde  401526        0.4082
abcdef 440007         0.3807
bcdef  440513        0.3699
bcdef  420081        0.3689
bcdef  440107        0.3595
cdef   440014        0.341
cdef   440099        0.3358
cdef   440267        0.3315
cdef   401222        0.3262
cdef   440136        0.3108
def    441618        0.3014
def    440189        0.2996
def    440518        0.2981
def    440413        0.2934
def    440615        0.2917
def    441624        0.2911
def    441166        0.2892
def    440887        0.2805
ef     440442        0.2771
ef     440060        0.2731
f      440785        0.2458
> # The ScottKnott Clustering Algorithm for Single Experiments
> out3 <- SK(model.o, "geno")
> x1 <- summary(out3)[, 3]
  Levels      Means SK(5%)
188022.1 0.5070838 a
188003.1 0.4838101 a
  440135 0.4407671 a
  440022 0.4165365 b
  401526 0.4082464 b
  440007 0.3806610 b
  440513 0.3699427 b
  420081 0.3689166 b
  440107 0.3594521 c
  440014 0.3409795 c
  440099 0.3358214 c
  440267 0.3315246 c
  401222 0.3261751 c
  440136 0.3107751 c
  441618 0.3014194 c
  440189 0.2995843 c
  440518 0.2980811 c
  440413 0.2934326 c
  440615 0.2917447 c
  441624 0.2911049 c
  441166 0.2891857 c
  440887 0.2805301 c
  440442 0.2771320 c
  440060 0.2731060 c
  440785 0.2457603 c
> ###Grafico de las diferencias
> par(mar=c(10, 3, 2, 2), cex=0.8)
> plot(out3, las=2, title="Genotype", xlab="")
> ###Comparacion de ambientes por genotipo (LSD)
> attach(A)
> out4 <- by(A, geno, function(x) LSD.test(x$zn, x$env, gle, mse)$groups)
> detach(A)
> print(out4)

```

```

geno: 188003.1
      trt      means M
1 La Molina 0.5194876 a
2 San Ramon 0.4481326 a
-----

```

```

geno: 188022.1
      trt      means M
1 La Molina 0.5353316 a
2 San Ramon 0.4788360 a
-----

```

```

geno: 401222

```

	trt	means	M
1	La Molina	0.4108510	a
2	San Ramon	0.2414992	b

geno: 401526			
	trt	means	M
1	La Molina	0.5316658	a
2	San Ramon	0.2848270	b

geno: 420081			
	trt	means	M
1	La Molina	0.4382512	a
2	San Ramon	0.2995820	b

geno: 440007			
	trt	means	M
1	La Molina	0.4742258	a
2	San Ramon	0.2870962	b

geno: 440014			
	trt	means	M
1	La Molina	0.3573213	a
2	San Ramon	0.3246376	a

geno: 440022			
	trt	means	M
1	La Molina	0.4417892	a
2	San Ramon	0.3912839	a

geno: 440060			
	trt	means	M
1	La Molina	0.3332998	a
2	San Ramon	0.2129122	b

geno: 440099			
	trt	means	M
1	La Molina	0.4009016	a
2	San Ramon	0.2707413	b

geno: 440107			
	trt	means	M
1	La Molina	0.4745586	a
2	San Ramon	0.2443456	b

geno: 440135			
	trt	means	M
1	La Molina	0.5204468	a
2	San Ramon	0.3610874	b

geno: 440136			
	trt	means	M
1	La Molina	0.3814098	a
2	San Ramon	0.2401404	b

geno: 440189			
	trt	means	M
1	La Molina	0.3522647	a
2	San Ramon	0.2469039	b

geno: 440267			
	trt	means	M
1	La Molina	0.3888558	a
2	San Ramon	0.2741933	b

geno: 440413			
	trt	means	M
1	La Molina	0.3822684	a
2	San Ramon	0.2045968	b

geno: 440442			
	trt	means	M
1	La Molina	0.3563855	a
2	San Ramon	0.1978785	b

geno: 440513			
	trt	means	M
1	La Molina	0.4626592	a

```

2 San Ramon 0.2772262 b
-----
geno: 440518
      trt      means M
1 La Molina 0.3637373 a
2 San Ramon 0.2324248 b
-----
geno: 440615
      trt      means M
1 La Molina 0.3590142 a
2 San Ramon 0.2244751 b
-----
geno: 440785
      trt      means M
1 La Molina 0.3240730 a
2 San Ramon 0.1674476 b
-----
geno: 440887
      trt      means M
1 La Molina 0.3911179 a
2 San Ramon 0.1699423 b
-----
geno: 441166
      trt      means M
1 La Molina 0.3516082 a
2 San Ramon 0.2267632 b
-----
geno: 441618
      trt      means M
1 La Molina 0.3877957 a
2 San Ramon 0.2150430 b
-----
geno: 441624
      trt      means M
1 La Molina 0.3412386 a
2 San Ramon 0.2409713 b

```

```

> ###Comparacion de genotipo por ambiente (Tukey)
> attach(A)
> out5<-by(A, env, function(x) HSD.test(x$zn, x$geno, gl e, mse, al pha=0.05)$groups)
> detach(A)
> print(out5)
env: La Molina

```

	trt	means	M
1	188022.1	0.5353316	a
2	401526	0.5316658	ab
3	440135	0.5204468	abc
4	188003.1	0.5194876	abc
5	440107	0.4745586	abcd
6	440007	0.4742258	abcd
7	440513	0.4626592	abcd
8	440022	0.4417892	abcd
9	420081	0.4382512	abcd
10	401222	0.4108510	abcd
11	440099	0.4009016	abcd
12	440887	0.3911179	abcd
13	440267	0.3888558	abcd
14	441618	0.3877957	abcd
15	440413	0.3822684	abcd
16	440136	0.3814098	abcd
17	440518	0.3637373	abcd
18	440615	0.3590142	abcd
19	440014	0.3573213	abcd
20	440442	0.3563855	abcd
21	440189	0.3522647	abcd
22	441166	0.3516082	abcd
23	441624	0.3412386	bcd
24	440060	0.3332998	cd
25	440785	0.3240730	d

```

-----
env: San Ramon
      trt      means      M
1 188022.1 0.4788360      a
2 188003.1 0.4481326      ab
3 440022   0.3912839      abc

```

4	440135	0.3610874	abcd
5	440014	0.3246376	abcde
6	420081	0.2995820	abcde
7	440007	0.2870962	abcde
8	401526	0.2848270	bcde
9	440513	0.2772262	bcde
10	440267	0.2741933	bcde
11	440099	0.2707413	bcde
12	440189	0.2469039	cde
13	440107	0.2443456	cde
14	401222	0.2414992	cde
15	441624	0.2409713	cde
16	440136	0.2401404	cde
17	440518	0.2324248	cde
18	441166	0.2267632	cde
19	440615	0.2244751	cde
20	441618	0.2150430	cde
21	440060	0.2129122	cde
22	440413	0.2045968	cde
23	440442	0.1978785	de
24	440887	0.1699423	de
25	440785	0.1674476	e

Anexo 12

Contenido de materia seca durante la cocción en ocho genotipos de camote

CONTENIDO DE MATERIA SECA

Analysis of Variance Table

Response: dm

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
geno     7  590.42   84.346  103.5325 2.296e-16 ***
treat     2   30.13   15.066   18.4931 1.380e-05 ***
geno:treat 14   15.74    1.125    1.3803  0.2362
Residuals 24   19.55    0.815
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> ##Comparacion de medias

> out1<-LSD.test(modelo,"treat",consol e=TRUE)

Study: modelo ~ "treat"

LSD t Test for dm

Mean Square Error: 0.8146839

treat, means and individual (95 %) CI

	dm	std r	LCL	UCL	Min	Max
T1	24.18228	3.634451	16.23.71656	24.64799	17.92829	29.37063
T2	25.41224	3.430758	16.24.94652	25.87796	19.83450	30.41129
T3	26.09736	4.090879	16.25.63164	26.56308	20.12351	33.16418

alpha: 0.05 ; Df Error: 24

Critical Value of t: 2.063899

Least Significant Difference 0.6586245

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	T3	26.1
b	T2	25.41
c	T1	24.18

> out2<-HSD.test(modelo,"geno",consol e=TRUE)

Study: modelo ~ "geno"

HSD Test for dm

Mean Square Error: 0.8146839

geno, means

	dm	std r	Min	Max
420081	26.70770	0.7659641	6.25.91857	27.81655
440014	19.95507	1.2436946	6.17.92829	21.62698
440018	20.88172	1.0163365	6.20.01090	22.72112
440135	29.58096	1.0630995	6.28.28283	30.93812
440413	23.19370	1.1713876	6.21.80000	24.66898
440442	25.00833	0.7199498	6.24.02000	25.68000
440615	26.25694	1.4336614	6.23.39044	27.27092
441166	30.26059	2.2006987	6.27.50050	33.16418

alpha: 0.05 ; Df Error: 24

Critical Value of Studentized Range: 4.683752

Honestly Significant Difference: 1.725889

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

a	441166	30.26
a	440135	29.58
b	420081	26.71
b	440615	26.26
b	440442	25.01
c	440413	23.19
d	440018	20.88
d	440014	19.96

> # The ScottKnott Clustering Algorithm for Single Experiments

> out3 <- SK(modelo,"geno")

> x1 <- summary(out3)[,3]

Levels Means SK(5%)

```

441166 30.26059 a
440135 29.58096 a
420081 26.70770 b
440615 26.25694 b
440442 25.00833 c
440413 23.19370 d
440018 20.88172 e
440014 19.95507 e
> ###Grafico de las diferencias
> par(mar=c(10,3,2,2),cex=0.8)
> plot(out3,las=2,tile="cocci on bf",xlab="")
> error<-deviance(modelo)
> gle <-df.residual(modelo)
> mse<-error/gle
>
> ###Comparacion de tratamientos por geneotipo (LSD)
> attach(A)
> out4 <- by(A,geno,function(x) LSD.test(x$dm,x$treat,gle,mse)$groups)
> detach(A)
> print(out4)
geno: 420081
  trt  means M
1  T2 27.12697 a
2  T3 26.93685 a
3  T1 26.05929 a
-----
geno: 440014
  trt  means M
1  T3 20.87525 a
2  T2 20.27581 ab
3  T1 18.71414 b
-----
geno: 440018
  trt  means M
1  T3 21.54020 a
2  T2 21.07058 a
3  T1 20.03439 a
-----
geno: 440135
  trt  means M
1  T3 30.76961 a
2  T2 29.14655 ab
3  T1 28.82673 b
-----
geno: 440413
  trt  means M
1  T3 24.17280 a
2  T2 23.57392 ab
3  T1 21.83439 b
-----
geno: 440442
  trt means M
1  T2 25.425 a
2  T3 24.850 a
3  T1 24.750 a
-----
geno: 440615
  trt  means M
1  T2 26.83416 a
2  T3 26.81828 a
3  T1 25.11837 a
-----
geno: 441166
  trt  means M
1  T3 32.81592 a
2  T2 29.84495 b
3  T1 28.12090 b

```

Anexo 13

Contenido de β -caroteno durante la cocción en ocho genotipos de camote

CONTENIDO DE B-CAROTENO:

```
> # Modelo
>
> modelo <- aov(bc ~ geno + treat + geno:treat, data = datos)
>
> # Anova
>
> tanova <- anova(modelo)
> tanova
Analysis of Variance Table

Response: BC
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
geno    7  565.47   80.782  59.286 1.317e-13 ***
treat   2   72.47   36.233  26.591 8.172e-07 ***
geno:treat 14  29.57    2.112   1.550  0.1672
Residuals 24   32.70    1.363
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

COMPARACION DE MEDIAS

```
Out1<-LSD.test(modelo,"treat", console=TRUE)
```

```
Study: modelo ~ "treat"
```

LSD t Test for BC (PRUEBA DE TUKEY)

```
Mean Square Error:  1.362578
```

```
treat, means and individual ( 95 %) CI
```

	bc	std r	LCL	UCL	Min	Max
T1	17.21509	4.328702	16.61279	17.81738	11.376975	24.72431
T2	15.14833	3.496221	16.54604	15.75063	10.288981	20.51973
T3	14.28697	3.299727	16.68468	14.88927	9.116033	19.67694

```
alpha: 0.05 ; Df Error: 24
Critical Value of t: 2.063899
```

```
Least Significant Difference 0.8517735
Means with the same letter are not significantly different.
```

```
Groups, Treatments and means
```

a	T1	17.22
b	T2	15.15
c	T3	14.29

```
> out2<-HSD.test(modelo,"geno", console=TRUE)
```

```
Study: modelo ~ "geno"
```

```
HSD Test for BC
```

```
Mean Square Error:  1.362578
```

```
geno, means
```

	bc	std r	Min	Max
420081	18.98796	1.7887438	6 17.189358	22.45384
440014	12.66677	0.9412951	6 11.007286	13.74885
440018	10.96329	1.4568121	6 9.116033	13.42564
440135	15.67640	3.0817135	6 11.650516	19.91206
440413	18.66845	1.5894320	6 16.711274	20.58780
440442	21.11985	2.4959013	6 18.056672	24.72431
440615	13.82187	1.3689421	6 12.193243	15.51606
441166	12.49644	0.7826197	6 11.712878	13.90271

```
alpha: 0.05 ; Df Error: 24
Critical Value of Studentized Range: 4.683752
```

```
Honestly Significant Difference: 2.232025
Means with the same letter are not significantly different.
```

Groups,	Treatments and means
a	440442 21.12
ab	420081 18.99
b	440413 18.67

```

c          440135          15.68
cd         440615          13.82
de         440014          12.67
de         441166          12.5
e          440018          10.96
> # The ScottKnott Clustering Algorithm for Single Experiments
> out3 <- SK(model.o, "geno")
> x1 <- summary(out3)[, 3]
Levels    Means SK(5%)
440442    21.11985   a
420081    18.98796   b
440413    18.66845   b
440135    15.67640   c
440615    13.82187   d
440014    12.66677   e
441166    12.49644   e
440018    10.96329   f
> ###Grafico de las diferencias
> par(mar=c(10, 3, 2, 2), cex=0.8)
> plot(out3, las=2, title="coccion bf", xlab="")

###Comparacion de tratamientos por genotipo (LSD)
> attach(A)
> out4 <- by(A, geno, function(x) LSD.test(x$bc, x$treat, gle, mse)$groups)
> detach(A)
> print(out4)
geno: 420081
  trt  means M
1 T1 20.54487 a
2 T2 18.48463 ab
3 T3 17.93439 b
-----
geno: 440014
  trt  means M
1 T1 13.55587 a
2 T2 12.64101 a
3 T3 11.80343 a
-----
geno: 440018
  trt  means M
1 T1 12.401308 a
2 T2 10.773991 ab
3 T3 9.714585 b
-----
geno: 440135
  trt  means M
1 T1 19.13165 a
2 T2 14.97443 b
3 T3 12.92313 b
-----
geno: 440413
  trt  means M
1 T1 20.48921 a
2 T2 18.55413 ab
3 T3 16.96202 b
-----
geno: 440442
  trt  means M
1 T1 24.10395 a
2 T2 20.38880 b
3 T3 18.86681 b
-----
geno: 440615
  trt  means M
1 T1 14.26519 a
2 T3 13.87201 a
3 T2 13.32843 a
-----
geno: 441166
  trt  means M
1 T1 13.22865 a
2 T3 12.21943 a
3 T2 12.04123 a

```

Anexo 14

Contenido de Materia seca durante el almacenamiento de ocho genotipos de camote

CONTENIDO DE MATERIA SECA

```

> # Modelo
>
> modelo <- aov(dm ~ geno + treat + geno:treat, data = datos)
>
> # Anova
>
> tanova <- anova(modelo)
> tanova
Analysis of Variance Table

Response: dm
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
geno    7  559.70   79.958  10.1925 7.032e-06 ***
treat    2   38.48   19.240   2.4526  0.1074
geno:treat 14   33.11    2.365   0.3015  0.9884
Residuals 24  188.27    7.845
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> ###Comparacion de medias
> out1<-LSD.test(modelo,"treat",consol e=TRUE)

Study: modelo ~ "treat"

LSD t Test for dm

Mean Square Error:  7.844727

treat, means and individual ( 95 %) CI
      dm      std r      LCL      UCL      Min      Max
T1 24.89666 3.767464 16 23.45150 26.34183 19.50000 30.67993
T2 26.26517 4.528933 16 24.82000 27.71033 17.92829 32.94411
T3 27.06512 4.167438 16 25.61995 28.51028 21.52318 32.48819

alpha: 0.05 ; Df Error: 24
Critical Value of t: 2.063899

Least Significant Difference 2.043771
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means
a      T3      27.07
ab     T2      26.27
b      T1      24.9
> out2<-HSD.test(modelo,"geno",consol e=TRUE)

Study: modelo ~ "geno"

HSD Test for dm

Mean Square Error:  7.844727

geno, means
      dm      std r      Min      Max
440014 20.92434 2.1243486 6 17.92829 22.87968
440018 24.64068 3.8040309 6 21.01090 29.44990
440022 25.01693 4.8099507 6 21.52318 32.48819
440413 23.10105 1.1191091 6 21.80000 24.36149
440442 24.67516 0.5740526 6 24.10359 25.33333
440513 31.45708 0.9730427 6 30.14925 32.76892
440615 28.45617 1.2972042 6 26.84631 30.26036
441624 30.33379 2.3753196 6 26.81954 32.94411

alpha: 0.05 ; Df Error: 24
Critical Value of Studentized Range: 4.683752

Honestly Significant Difference: 5.355588

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means
a      440513      31.46
ab     441624      30.33
abc    440615      28.46
bcd    440022      25.02
cd     440442      24.68
cd     440018      24.64
cd     440413      23.1

```

```

d      440014      20.92
> # The ScottKnott Clustering Algorithm for Single Experiments
> out3 <- SK(model o, "geno")
> x1 <- summary(out3)[, 3]
Levels      Means SK(5%)
440513 31.45708      a
441624 30.33379      a
440615 28.45617      a
440022 25.01693      b
440442 24.67516      b
440018 24.64068      b
440413 23.10105      b
440014 20.92434      b
>
> ##Grafico de las diferencias
> par(mar=c(10, 3, 2, 2), cex=0.8)
> plot(out3, las=2, title="almacenamiento bf", xlab="")
> error<-deviance(model o)
> gle <-df.residual(model o)
> mse<-error/gle
> ###Comparacion de tratamientos por geneotipo (LSD)
> attach(A)
> out4 <- by(A, geno, function(x) LSD.test(x$dm, x$treat, gle, mse)$groups)
> detach(A)
> print(out4)
geno: 440014
  trt  means M
1 T3 22.87076 a
2 T2 20.25127 a
3 T1 19.65099 a
-----
geno: 440018
  trt  means M
1 T3 26.54313 a
2 T2 25.13290 a
3 T1 22.24601 a
-----
geno: 440022
  trt  means M
1 T3 27.00568 a
2 T2 25.82423 a
3 T1 22.22088 a
-----
geno: 440413
  trt  means M
1 T3 23.26479 a
2 T2 23.08075 a
3 T1 22.95761 a
-----
geno: 440442
  trt  means M
1 T2 25.12367 a
2 T1 24.76667 a
3 T3 24.13513 a
-----
geno: 440513
  trt  means M
1 T2 32.38446 a
2 T3 31.57218 a
3 T1 30.41459 a
-----
geno: 440615
  trt  means M
1 T3 29.11044 a
2 T2 28.44223 a
3 T1 27.81583 a
-----
geno: 441624
  trt  means M
1 T3 32.01881 a
2 T2 29.88183 a
3 T1 29.10072 a

```

Anexo 15

Contenido de β -caroteno durante el almacenamiento de ocho genotipos de camote

CONTENIDO DE B-CAROTENO

```

Response: BC
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
geno    7  677.41   96.774  13.6786 5.300e-07 ***
treat    2  361.10  180.552  25.5204 1.145e-06 ***
geno:treat 14   60.95    4.354   0.6154  0.8264
Residuals 24  169.80    7.075
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> ###Comparacion de medias
> out1<-LSD.test(modelo,"treat",consol e=TRUE)

Study: modelo ~ "treat"

LSD t Test for bc

Mean Square Error:  7.074822

treat, means and individual ( 95 %) CI

      bc      std r      LCL      UCL      Min      Max
T1 17.53157 3.824671 16 16.15915 18.90398 11.94551 24.61728
T2 20.83806 4.831545 16 19.46564 22.21048 14.61324 30.71972
T3 24.24978 4.751015 16 22.87736 25.62219 17.38408 31.82537

alpha: 0.05 ; Df Error: 24
Critical Value of t: 2.063899

Least Significant Difference 1.940891
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means
a      T3      24.25
b      T2      20.84
c      T1      17.53
> out2<-HSD.test(modelo,"geno",consol e=TRUE)

Study: modelo ~ "geno"

HSD Test for bc

Mean Square Error:  7.074822

geno, means

      bc      std r      Min      Max
440014 16.88976 2.856698 6 13.36289 20.20537
440018 17.08027 3.985954 6 11.94551 23.91855
440022 19.60215 4.539571 6 16.07210 27.16364
440413 22.25217 2.321431 6 19.59035 26.09019
440442 28.81523 3.677126 6 23.61822 31.82537
440513 17.62102 2.266798 6 14.56427 20.48647
440615 21.63963 5.452112 6 13.76425 29.92663
441624 23.08485 4.465384 6 17.86757 28.46493

alpha: 0.05 ; Df Error: 24
Critical Value of Studentized Range: 4.683752

Honestly Significant Difference: 5.085996

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means
a      440442  28.82
b      441624  23.08
bc     440413  22.25
bcd    440615  21.64
bcd    440022  19.6
cd     440513  17.62
d      440018  17.08
d      440014  16.89
>
> # The ScottKnott Clustering Algorithm for Single Experiments
> out3 <- SK(modelo,"geno")
> x1 <- summary(out3)[,3]
Level s      Means SK(5%)
440442 28.81523      a
441624 23.08485      b

```

```

440413 22.25217      b
440615 21.63963      b
440022 19.60215      c
440513 17.62102      c
440018 17.08027      c
440014 16.88976      c
> ###Grafico de las diferencias
> par(mar=c(10,3,2,2),cex=0.8)
> plot(out3,las=2,titl e="al macenam iento bf",xlab="")
>
> error<-deviance(model o)
> gle <-df.residual(model o)
> mse<-error/gle
> ###Comparaci on de tratamientos por geneotipo (LSD)
> attach(A)
> out4 <- by(A, geno, functi on(x) LSD.test(x$bc,x$treat,gle,mse)$groups)
> detach(A)
> print(out4)
geno: 440014
  trt  means M
1  T3 19.84546 a
2  T2 16.54950 ab
3  T1 14.27432 b
-----
geno: 440018
  trt  means M
1  T3 20.96019 a
2  T2 16.44938 ab
3  T1 13.83124 b
-----
geno: 440022
  trt  means M
1  T3 22.27386 a
2  T2 20.33439 ab
3  T1 16.19820 b
-----
geno: 440413
  trt  means M
1  T3 24.38998 a
2  T2 21.21669 a
3  T1 21.14984 a
-----
geno: 440442
  trt  means M
1  T3 31.61715 a
2  T2 30.71078 a
3  T1 24.11775 b
-----
geno: 440513
  trt  means M
1  T3 20.05663 a
2  T2 17.72294 a
3  T1 15.08350 a
-----
geno: 440615
  trt  means M
1  T3 27.47930 a
2  T2 20.03446 b
3  T1 17.40512 b
-----
geno: 441624
  trt  means M
1  T3 27.37565 a
2  T2 23.68633 a
3  T1 18.19257 b

```