

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE
VEINTE CULTIVARES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) DE
LA COLECCIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN
AGRARIA”

Presentado por:

BRYAN RUFINO MALLQUI

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Huánuco - Perú

2016

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía y fortaleza.

A mi papá (Máximo Rufino Esteban) y mi mamá (Lucy Mallqui Sáenz) y mi familia por su apoyo incondicional, cariño constante, sacrificio, esfuerzo y dedicación.

AGRADECIMIENTOS

- A mi alma mater la “Universidad Nacional Hermilio Valdizán”, que me acogió y formó en sus aulas, hasta conseguir uno de mis más importantes logros, el de ser profesional.
- A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial y a toda la plana docente, quienes contribuyeron en mi formación profesional, transmitiéndome sus conocimientos, sin limitación alguna.
- Al Instituto Nacional de Innovación Agraria, entidad que puso a mi disposición el material vegetal, laboratorios y equipos para el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- A la Mg. Sc. Miriam E. Ramos Ramírez, asesora de la presente tesis por haber confiado en mí y haberme animado a emprender la elaboración de esta tesis.
- Al licenciado Fredy E. Quispe Jacobo, co asesor de la presente tesis por su apoyo constante y desinteresado.
- A mis padres, que siempre han estado cuando los he necesitado, en los buenos y en los malos momentos. El logro también es de ellos.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de cuadros.....	vii
Índice de figuras.....	viii
Índice de anexos.....	xi
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
I. Introducción.....	1
II. Marco teórico.....	2
2.1. Fundamentación Teórica.....	2
2.1.1. Generalidades de la yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz).....	2
2.1.2. Origen y distribución.....	2
2.1.3. Planta y cultivo.....	3
2.1.4. Análisis de la raíz.....	4
2.1.5. Deterioro poscosecha de las raíces de yuca.....	5
2.1.6. Variedades.....	6
2.1.7. Valor nutritivo de las raíces.....	7
2.1.8. Toxicidad y liberación de ácido cianhídrico en la yuca.....	7
2.1.9. Almidón de yuca y sus propiedades.....	9
2.1.10. Usos agroindustriales de la yuca.....	11
2.1.11. Propiedades fisicoquímicas y parámetros de calidad para el uso agroindustrial de la yuca.....	14
2.1.12. Calidad culinaria de las raíces de yuca.....	14
2.1.13. Características sensoriales en los alimentos.....	15
2.1.14. Análisis sensorial.....	17
2.1.14.1. Pruebas orientadas al consumidor.....	17
2.1.14.2. Pruebas hedónicas.....	18
2.2. Antecedentes.....	19
2.3. Hipótesis.....	22

2.3.1. Hipótesis general.....	22
2.3.2. Hipótesis específicas.....	22
2.4. Variables y operacionalización.....	23
2.4.1. Variables en estudio.....	23
2.4.2. Operacionalización de las variables.....	23
III. Materiales y métodos.....	24
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	24
3.1.1. Tipo de investigación.....	24
3.1.2. Nivel de investigación.....	24
3.2. Lugar de ejecución.....	24
3.3. Población, muestra y unidad de análisis.....	25
3.3.1. Población.....	25
3.3.2. Muestra.....	25
3.4. Cultivares en estudio.....	25
3.5. Prueba de hipótesis.....	26
3.5.1. Diseño de la investigación.....	26
3.5.2. Datos a registrar.....	27
3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información.....	28
3.6. Materiales y equipos.....	28
3.6.1. Material en estudio.....	28
3.6.2. Equipos de laboratorio.....	29
3.6.3. Materiales y utensilios.....	29
3.6.4. Reactivos.....	30
3.6.5. Equipos y útiles de oficina.....	30
3.7. Conducción de la Investigación.....	30
3.7.1. Acondicionamiento del material a ser analizado.....	30
3.7.2. Caracterización de la yuca.....	32
3.7.2.1. Caracterización fisicoquímica.....	32
3.7.2.2. Análisis sensorial.....	33
3.7.3. Análisis estadístico de datos.....	34
IV. Resultados.....	35
4.1. Caracterización fisicoquímica de la yuca.....	35

4.1.1. Biométrica.....	35
4.1.2. Proximal.....	36
4.1.3. Resultados de pH, acidez total titulable, sólidos solubles totales e índice de madurez.....	36
4.1.4. Almidón y polisacáridos.....	39
4.1.5. Ácido cianhídrico.....	40
4.2. Evaluación sensorial de la yuca.....	41
V. Discusión.....	42
5.1. De la caracterización biométrica de la yuca.....	42
5.2. De la composición proximal.....	42
5.3. De los resultados de pH, acidez total titulable, sólidos solubles totales e índice de madurez.....	44
5.4. Del contenido de almidón y sus polisacáridos.....	45
5.5. Del contenido de ácido cianhídrico.....	45
5.6. Del análisis sensorial de los cultivares de yuca.....	46
VI. Conclusiones.....	47
VII. Recomendaciones.....	48
VIII. Bibliografía.....	49
IX. Anexos.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

1. Composición química de la harina de yuca de la raíz completa y de la raíz sin cáscara (base seca).....	7
2. Operacionalización de las variables en estudio.....	23
3. Características biométricas de la yuca.....	35
4. Composición proximal de los cultivares de yuca.....	37
5. Características químicas de los cultivares de yuca.....	38
6. Rendimiento, contenido de amilosa y amilopectina de los almidones en cada cultivar de yuca.....	39
7. Contenido de ácido cianhídrico de los cultivares de yuca.....	40
8. Promedio de evaluaciones sensoriales, medición organoléptica del grado de aceptación de los atributos de yucas cocidas.....	41
9. Estándares de la solución de trabajo de KCN.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Corte transversal de la raíz de yuca.....	4
2. Estructura de molécula de amilosa.....	10
3. Estructura de molécula de amilopectina.....	10
4. Esquema experimental utilizado en el experimento.....	31
5. Curva estándar de Amilosa Vs. Absorbancia.....	66
6. Curva estándar de Cianuro Vs. Absorbancia.....	68
7. Raíces del cultivar 9.....	77
8. Corte transversal de la raíz del cultivar 9.....	77
9. Raíces del cultivar 12.....	77
10. Corte transversal de la raíz del cultivar 12.....	77
11. Raíces del cultivar 28.....	77
12. Raíz del cultivar 38.....	78
13. Corte transversal de la raíz del cultivar 38.....	78
14. Raíz del cultivar 94.....	78
15. Corte transversal de la raíz del cultivar 94.....	78
16. Raíces del cultivar 120.....	78
17. Corte transversal de la raíz del cultivar 120.....	78
18. Raíces del cultivar 131.....	79
19. Raíces del cultivar 154.....	79
20. Raíces del cultivar 161.....	79
21. Raíces del cultivar 171.....	79
22. Corte transversal de la raíz del cultivar 171.....	79
23. Raíces del cultivar 196.....	79
24. Corte transversal de la raíz del cultivar 196.....	80
25. Raíz del cultivar 233.....	80
26. Corte transversal de la raíz del cultivar 233.....	80
27. Raíces del cultivar 368.....	80
28. Corte transversal de la raíz del cultivar 368.....	80
29. Raíces del cultivar 399.....	80
30. Corte transversal de la raíz del cultivar 399.....	81
31. Raíces del cultivar 501.....	81

32. Corte transversal de la raíz del cultivar 501.....	81
33. Raíces del cultivar 509.....	81
34. Raíces del cultivar 513.....	81
35. Corte transversal de la raíz del cultivar 513.....	81
36. Raíces del cultivar 596.....	82
37. Corte transversal de la raíz del cultivar 596.....	82
38. Raíz del cultivar 681.....	82
39. Corte transversal de la raíz del cultivar 596.....	82
40. Raíces del cultivar 741.....	82
41. Campo de cultivo de yuca.....	83
42. Cosecha de los cultivares promisorios de yuca.....	83
43. Selección de las raíces de yuca.....	83
44. Transporte de las raíces de yuca.....	83
45. Caracterización biométrica de los cultivares de yuca.....	83
46. Acondicionamiento de las muestras.....	84
47. Medición del pH de las muestras.....	84
48. Extracción del jugo de las muestras.....	84
49. Medición de los °Brix en el jugo de yuca.....	84
50. Determinación de la acidez total titulable.....	84
51. Pesado de muestras para medición de humedad.....	84
52. Estufa para el secado de muestras y placas.....	85
53. Pesado de muestras para determinación de cenizas.....	85
54. Calcinación de muestras de yuca.....	85
55. Pesado de muestras para extracción de almidón.....	85
56. Licuado previo a la extracción de almidón.....	85
57. Primer filtrado: separación de materia fibrosa.....	85
58. Segundo filtrado: separación de residuos de fibra.....	86
59. Sedimentación del almidón.....	86
60. Lavado del almidón.....	86
61. Trasvasado del almidón en placas para el secado.....	86
62. Conservación de muestras de almidón seco.....	86
63. Trituración del almidón de yuca.....	87
64. Amilopectina y amilosa utilizados en la curva estándar.....	87

65. Dispersión de los gránulos de almidón.....	87
66. Muestras de almidón coloreadas para lectura de absorbancia.....	87
67. Lectura de absorbancia en el almidón de yuca por medio del espectrofotómetro.....	87
68. Pesado de muestras para el análisis de HCN.....	88
69. Licuado de las muestras de yuca.....	88
70. Reposo de las muestras antes de ser destiladas.....	88
71. Destilador Büchi K – 355.....	88
72. Destilación del HCN contenido en las muestras.....	88
73. Determinación colorimétrica de HCN en muestras.....	88
74. Cocción de la yuca para el análisis sensorial.....	89
75. Yucas cocidas enfriándose antes de ser servidas.....	89
76. Preparación del aula para llevar a cabo el análisis sensorial.....	89
77. Repartición de muestras codificadas.....	89
78. Panel de jueces degustando las muestras de yuca.....	89
79. Llenado de fichas de evaluación sensorial de yuca.....	89

ÍNDICE DE ANEXOS

1. Matriz de consistencia.....	57
2. Procedencia de los cultivares promisorios de yuca.....	58
3. Métodos empleados en la caracterización fisicoquímica.....	59
4. Ficha de evaluación sensorial para yucas cocidas.....	71
5. Resultados del análisis de varianza.....	72
6. Puntajes de los 20 cultivares de yuca, ordenados según atributo sensorial.....	73
7. Fotografías de los cultivares de yuca.....	77

RESUMEN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una de las raíces de mayor consumo en Perú, presenta contenidos considerables de carbohidratos; sin embargo es un alimento muy perecible debido a su elevado contenido de humedad. Por esto, se estudiaron cultivares promisorios de yuca pertenecientes al INIA para determinar su uso potencial en la agroindustria de acuerdo a sus características fisicoquímicas y sensoriales. Las raíces de veinte cultivares promisorios presentaron, rendimientos de cáscara de 14,42-26,66%; pulpa de 73,34-85,58%; con rangos de humedad de 54,46-72,77%; materia seca de 27,23-45,54%; los componentes en 100g de materia seca fueron, proteínas de 1,46-3,28%; grasa de 0,17-0,63%; cenizas de 2,23-4,23%; fibra cruda de 1,33-3,59%; carbohidratos totales de 93,27-95,45%; energía de 368,19-374,79 kcal; así mismo, el material fresco presentó, pH de 6,32-6,87; acidez de 0,11-0,27%; S.S.T. de 3,8-7,6 °Brix; índices de madurez de 20,33-56,38; rendimientos de almidón de 16,24-28,18%, donde la amilosa representó de 15,96-23,71% y la amilopectina de 76,29-84,04%; los cultivares estudiados se clasificaron como “dulces”, ya que presentaron de 3,89-101,18 mg de ácido cianhídrico por kilogramo de materia seca. El análisis sensorial demostró diferencias estadísticas entre cultivares, los atributos evaluados fueron el color, textura, sabor y aspecto general. Estos resultados se analizaron estadísticamente ($p < 0,05$) por ANOVA, con un DCA y prueba de Tukey, para las características fisicoquímicas; y con una prueba de Friedman con su respectiva prueba de comparación múltiple, para las características sensoriales. Los mejores cultivares promisorios se agruparon por su calidad industrial (contenido de materia seca y almidón) y calidad culinaria.

Palabras clave: ácido cianhídrico, almidón, *Manihot esculenta* Crantz.

ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is one of the most consumed roots in Peru, presents considerable carbohydrate contents; however it is a very perishable food because of its high moisture content. For this reason, promising cultivars of cassava belonging to the INIA were studied to determine their potential use in agribusiness according to their physicochemical and sensorial characteristics. The roots of twenty promising cultivars presented, shell yields of 14.42-26.66%; pulp of 73.34-85.58%; with humidity ranges of 54.46-72.77%; dry matter of 27.23-45.54%; the components in 100g of dry matter were, proteins of 1.46-3.28%; fat of 0.17-0.63%; ash of 2.23-4.23%; crude fiber of 1.33-3.59%; total carbohydrate of 93.27-95.45%; energy of 368.19-374.79 kcal; also, the fresh material presented, pH of 6.32-6.87; acidity of 0.11-0.27%; S.S.T. of 3.8-7.6 ° Brix; maturity indexes of 20,33-56,38; starch yields of 16.24-28.18%, where the amylose represented 15.96-23.71% and the amylopectin 76.29-84.04%; the cultivars studied were classified as "sweet", since they had 3.89-101.18 mg of hydrocyanic acid per kilogram of dry matter. Sensory analysis showed statistical differences among cultivars. The evaluated attributes were color, texture, taste and general appearance. These results were analyzed statistically ($p < 0.05$) by ANOVA, with a DCA and Tukey's test, for the physicochemical characteristics; and with a Friedman test with their respective multiple comparison test, for the sensory characteristics. The best promising cultivars were grouped by their industrial quality (content of dry matter and starch) and culinary quality.

Key words: hydrocyanic acid, starch, *Manihot esculenta* Crantz.

I. INTRODUCCIÓN

La yuca es un arbusto perenne de la familia Euphorbiaceae, extensamente cultivada en Sudamérica y el Pacífico por su raíz con alto contenido de almidón, se utiliza de diferentes formas en la alimentación humana y como complemento de concentrados en la dieta de animales; además se emplea como materia prima en la agroindustria con gran variedad de productos (harina, almidón, hojuelas, entre otros). La raíz de esta planta está entre las más eficientes productoras de carbohidratos; respecto a los demás cultivos en las regiones tropicales ocupa el tercer lugar como fuente energética, después del arroz y maíz (Cadavid, 2008; Ríos *et al.*, 2009; FAO, 2016).

Una de las mayores limitantes para el aprovechamiento agroindustrial de la yuca es la dificultad de conservar las raíces debido al rápido deterioro poscosecha, el cual consta de dos etapas: la primera es el deterioro fisiológico iniciado a las 48 horas de la cosecha, este tiene lugar en las heridas producidas durante su recolección, en donde se desarrollan reacciones enzimáticas, produciéndose así una desecación en la pulpa de coloración blanca a café; posteriormente el deterioro microbiano es iniciado a los 5 días después de la cosecha, este consiste en pudriciones causadas por microorganismos.

El INIA a través de la SUDIRGEB, cuenta con 741 cultivares de yuca, los que vienen siendo conservados, caracterizados, evaluados y documentados. Como resultado de los procesos de evaluación, se han identificado 20 cultivares promisorios con características importantes y deseables para el consumidor. Considerando la problemática expuesta en el párrafo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo analizar las características fisicoquímicas y sensoriales de las raíces de yuca, con la finalidad de rescatar y valorizar a los cultivares con mejores aptitudes para la agroindustria, el cuál fue ejecutado gracias al apoyo del proyecto “Descubriendo el potencial de la yuca peruana mediante la utilización de la diversidad genética superior y de tecnologías de producción y procesamiento industrial para su puesta en valor” que se ejecutó en el INIA.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentación Teórica

2.1.1. Generalidades de la yuca (Manihot esculenta Crantz)

La yuca es el cultivo más importante de raíces y tubérculos, y la tercera fuente más importante de calorías en las regiones tropicales, después del arroz y maíz. Desempeña una función decisiva en la seguridad alimentaria y la generación de ingresos para millones de agricultores pobres y sus familias. Es un cultivo de bajo riesgo debido a su tolerancia a la sequía, a su capacidad de producir cosechas razonables en suelos de baja calidad y por tener una gran variedad de usos. Se puede procesar para obtener una serie de productos de valor añadido, como el gari, hojuelas deshidratadas y harinas, para consumo doméstico y usos agroindustriales. La yuca tradicionalmente es un cultivo que contribuye a la seguridad alimentaria de las familias, pero su potencial agroindustrial es cada vez más reconocido, lo que abre importantes oportunidades de generación de ingresos para los agricultores. Sin embargo, la adición de valor se ha limitado en gran parte al procesamiento en pequeña escala para consumo doméstico o la venta en los mercados tradicionales, con técnicas que requieren una gran cantidad de mano de obra, son ineficaces y carecen de higiene, lo que da por resultado productos de poca calidad (FAO, 2016).

2.1.2. Origen y distribución

La yuca se originó en Brasil y se mantuvo allí por mucho tiempo antes de ser propagada al resto del mundo por los comerciantes portugueses que la llevaron hasta la cuenca del Congo a fines del siglo XVI. Existen diferentes opiniones, sobre su centro de origen; algunos autores señalan a Venezuela y otros a México. Asimismo, se encontraron raíces de yuca en tumbas de las primeras civilizaciones de la Cultura Paracas con características deseables. También se han encontrado restos de yuca en los valles bajos de Machu Picchu (Cusco, Perú), así como su amplia adaptación y distribución en la

Amazonía Peruana. Se conocen 180 especies del género *Manihot*, las cuales se distribuyen en Brasil, Paraguay, Uruguay y Norte de Argentina y de ellas 80 se encuentran en Brasil (Ríos *et al.*, 2009).

2.1.3. Planta y cultivo

La planta puede alcanzar los 5 metros de altura, está adaptada a condiciones subtropicales, y no resiste las heladas, requiere altos niveles de humedad y de luz solar para crecer. Se reproduce mejor por esquejes que por semilla (Ríos *et al.*, 2009). Los tallos maduros se cortan en estacas de 7 a 30 cm de longitud, con las cuales se propaga la planta (Alarcón y Dufour, 1998).

El distanciamiento de siembra puede variar de acuerdo al cultivar, entre 1,20 a 1,50 m entre surcos y 0,5 a 1,0 m entre plantas, siendo la mejor época de siembra en costa a partir de setiembre a octubre y en la selva a inicios del periodo de lluvia. El crecimiento es lento en los primeros meses, por lo que el control de malezas es esencial para un correcto desarrollo; esta labor se realiza en forma conjunta con el aporque que puede ser manual y/o por tracción animal. El periodo vegetativo del cultivo está entre los 9 a 12 meses; sin embargo puede ser cosechado a partir de los 6 meses. Un indicativo para realizar la cosecha es cuando se produce la caída de las hojas, quedando solo un “penacho” en la parte superior de la planta (Ríos *et al.*, 2009).

El CIAT (1996), sostiene que, en condiciones experimentales y en monocultivo, la yuca rinde hasta 90 t/ha de raíces (25 a 30 t/ha de materia seca); sin embargo, el rendimiento promedio, en condiciones reales (suelos marginales, climas severos y asociación con otros cultivos) es de 9,8 t/ha en el mundo (12,4 t/ha en América Latina). El número de raíces por planta difiere de acuerdo con la variedad, de las muchas existentes, o de las condiciones agroecológicas del lugar de cultivo; por lo general, el peso de las raíces es de 3 a 7 Kg por planta (Schnee, 1973; Pittier, 1926). Una vez cosechadas se deterioran en 3 o 4 días; por tanto, deben consumirse o procesarse sin demora (Alarcón y Dufour, 1998).

Aunque la yuca es un cultivo resistente, puede sufrir tres enfermedades importantes: el añublo bacteriano (en hojas y tallos), las pudriciones de la raíz, y el virus del mosaico africano (en África solamente) varios insectos chupadores (ácaro verde, piojo harinoso, mosca blanca) y algunos fitófagos (gusano cachón) atacan las hojas; el chinche y un piojo subterráneo dañan a veces a las raíces (Alarcón y Dufour, 1998).

2.1.4. Análisis de la raíz

La raíz comestible presenta formas cónicas, cilíndricas y fusiformes, pudiendo alcanzar longitudes que varían desde 10 hasta 100 cm y diámetros de 3 a 10 cm. La cáscara o superficie externa es lisa o rugosa, la pulpa presenta colores variables desde blanco, crema, amarillo o blanco con estrías. La calidad culinaria de las raíces puede ser considerada regular, media o buena, de acuerdo a la presencia de fibras longitudinales (Ríos *et al.*, 2009).

En la Figura 1 se muestra la raíz de la yuca se compone de tres tejidos: el periderma (cascarilla), el parénquima cortical (corteza) y el parénquima interior.

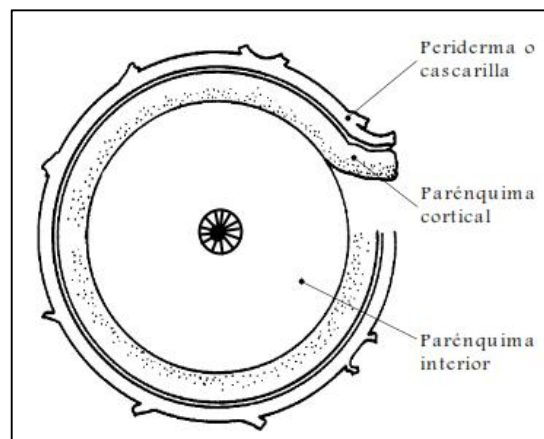


Figura 1. Corte transversal de la raíz de yuca (Alarcón y Dufour, 1998).

Aproximadamente, 80 % del peso fresco de la raíz corresponde al parénquima o pulpa. El contenido de materia seca de la raíz de yuca fluctúa entre el 30 y 40 %, aunque ocasionalmente se observan casos que exceden este rango de variación. La materia seca del parénquima está constituida, en su mayor parte (90 a 95 %), por la fracción no nitrogenada, es decir, por carbohidratos tales

como almidón y azúcares. El resto de esta materia seca corresponde a fibra (1 a 2 %), grasas (0,5 a 1 %), cenizas o minerales (1,5 a 2,5 %) y proteína (alrededor de 2 %). Finalmente, cabe destacar que el almidón representa, la mayor parte de los carbohidratos (96 %) y es, por tanto, el principal componente de la materia seca de la raíz (Ceballos y De la Cruz, 2002).

Buitrago (1990) afirma que la cáscara de yuca representa entre el 15 a 20 % del peso total de la raíz y su calidad es bastante uniforme, conteniendo mayor proporción de proteína, grasa, fibra y minerales que la pulpa; y que al secar y transformar en harina, es un insumo energético que puede ser empleado en la alimentación de cerdos. Señala también que la cáscara de yuca, en base seca, aporta 5,3 % de proteína y niveles relativamente altos de fibra (14 %). Es deficiente en aminoácidos azufrados tales como lisina (0.1 %) y metionina-cistina (0.06 %). Los valores de calcio y fósforo son de 0.90 y 0.30 %, respectivamente.

2.1.5. Deterioro poscosecha de las raíces de yuca

Una de las mayores limitaciones para aumentar el consumo de yuca en la alimentación es la dificultad de conservar las raíces después de la cosecha. Las raíces de yuca se deterioran rápidamente, sufriendo dos tipos de deterioro, uno fisiológico y otro microbiano, volviéndose inaceptables para el consumo humano o para otros usos. El deterioro aumenta los costos y riesgos y causa pérdidas considerables a productores de yuca y a los comerciantes mayoristas y minoristas; esto origina un alto margen de comercialización para compensar el volumen apreciable de raíces que se pierden (Aristizábal y Sánchez, 2007).

El deterioro fisiológico o primario se inicia durante las primeras 48 horas después de la cosecha y su sintomatología consiste básicamente en una desecación de color blanco a café, que aparece en forma de anillo en la periferia de la pulpa, ésta se propaga rápidamente en las heridas hechas a la raíz durante la cosecha. Se requiere de oxígeno para su desarrollo e involucra reacciones enzimáticas; se puede evitar impidiendo el acceso de oxígeno a

los tejidos parenquimatosos o inhibiendo las reacciones enzimáticas (Wheatley, 1983).

El deterioro microbiano o secundario ocurre después del deterioro fisiológico y consiste en pudriciones causadas por hongos y bacterias, patógenos a las heridas. Por lo general se presenta en cualquier parte de la raíz después de 5 a 7 días de realizada la cosecha y es propiciado por ambientes de humedad relativa y temperaturas altas, especialmente con daños físicos (Wheatley, 1983).

El deterioro poscosecha puede ser prevenido con el uso de buenas prácticas de cosecha que eviten los daños ya que las raíces sanas permanecen sin deteriorarse durante un tiempo considerablemente más largo en comparación con las raíces heridas o golpeadas; también es posible usar agentes antimicrobianos inocuos para el hombre y que no dejen residuos en los tejidos del parénquima de la raíz (Aristizábal y Sánchez, 2007).

2.1.6. Variedades

Cada variedad de yuca tiene un comportamiento diferente y su tiempo óptimo de cosecha no es igual al de otras variedades. Aunque estas características dependen de dos condiciones inherentes al sitio en que se cultiva la yuca, clima y altitud, también dependen de los caracteres genéticos de la variedad y del manejo que ésta reciba (Alarcón, 1994).

Cuando pasa el tiempo óptimo de cosecha de la yuca, el contenido de agua y de fibra aumentan y el porcentaje de almidón disminuye notablemente. Por consiguiente, en el proceso de obtención de este almidón se produce gran cantidad de “mancha”, un subproducto que contiene un almidón de mala calidad (Alarcón y Dufour, 1998).

- Se han desarrollado variedades de yuca resistentes a plagas y enfermedades, que se adaptan a diferentes condiciones de clima y suelo. Estas variedades dan alto rendimiento y tienen alto contenido de almidón. Muchas de ellas requieren, además, poco tiempo para llegar a la cosecha (Domínguez, 1983).

- Cuando no se emplean prácticas de cultivo adecuadas, el rendimiento de la variedad descende, las enfermedades que la atacan aumentan, y el suelo pierde sus minerales y nutrientes (Domínguez, 1983).

2.1.7. Valor nutritivo de las raíces

Sin duda alguna, el principal valor económico del cultivo de la yuca depende de sus raíces, órgano de almacenamiento de energía, que tiene diversos usos en la alimentación humana, animal y en la extracción de almidones (Ceballos y De la Cruz, 2002).

En el Cuadro 1, se presenta un resumen de las principales características químicas de las raíces de yuca, una vez que han sido picadas, secadas y procesadas para producir una harina seca.

Cuadro 1. Composición química de la harina de yuca de la raíz completa y de la raíz sin cáscara (base seca).

Componentes	Contenidos (%)	
	Raíz con cáscara	Raíz sin cáscara
Materia seca	100,00	100,00
Carbohidratos disponibles	83,80	92,40
Proteína cruda	3,05	1,56
Extracto etéreo	1,04	0,88
Ceniza	2,45	2,00
Hemicelulosa	1,16	1,45

Fuente: Buitrago (1990).

2.1.8. Toxicidad y liberación de ácido cianhídrico en la yuca

Las variedades de yuca se clasifican en dulces o amargas, según el bajo o alto contenido de cianuro en las raíces. El cianuro en las raíces y en los tejidos de la planta de yuca se encuentra en dos formas: cianuro libre y cianuro ligado o combinado. Tanto la raíz como el follaje de yuca contienen cantidades variables de cianuro (Aristizábal y Sánchez, 2007).

El cianuro está constituido por 2 tipos de glucósidos cianogénicos: "linamarina" y "lotaustralina". Aproximadamente el 85 - 90 % del cianuro total de los tejidos en la yuca se encuentra como cianuro ligado o linamarina y solo el 10 - 15 % como cianuro libre o lotaustralina (Gómez, 1982).

Los glucósidos linamarina y lotaustralina al hidrolizarse por medio de la acción de la enzima linamarasa, dan origen a glucosa y cianhidrina, donde esta última se descompone en acetona y ácido cianhídrico libre gaseoso; este último es el que puede ocasionar toxicidad en el organismo cuando supera los niveles de seguridad (Aristizábal y Sánchez, 2007).

Según las experiencias del CIAT en manejo de variedades de yuca (Sánchez, 2004), las variedades con menos de 180 ppm de HCN (en base seca) se clasifican como variedades dulces, las que poseen entre 180 - 300 ppm se clasifican en el rango intermedio y las que tienen un contenido de HCN mayor de 300 ppm son consideradas como variedades amargas.

En forma natural, la liberación del HCN se debe a la acción de la enzima linamarasa, la cual se encuentra normalmente en los tejidos de la planta de yuca, especialmente en la cáscara de la raíz y en las hojas. El contacto de la enzima con la linamarina ocurre cuando los tejidos sufren daños mecánicos o por trituración o destrucción de la estructura celular de la planta o tejidos. Por lo tanto, cuanto mayor sea la trituración más fácil es la liberación del HCN en la yuca; además, la temperatura y la humedad aceleran el proceso de liberación del HCN (Aristizábal y Sánchez, 2007).

El contenido cianogénico de los distintos tejidos de una planta de yuca es considerablemente afectado por las condiciones edafoclimáticas del ambiente en que crece y por su edad al momento de la cosecha. Las raíces de un determinado cultivar pueden ser dulces cuando son producidas en un ambiente o más amargas en otros sitios. Sin embargo el contenido cianogénico de las variedades amargas, tiende a ser consistentemente mayor, hasta 1000 mg de HCN por kilo de raíces frescas, que el de las variedades dulces, 20 mg de HCN por kilo de raíces frescas. No se conocen variedades de yuca que carezcan de cianógenos (Ceballos y De la Cruz, 2002).

Para almidones y harinas de yuca usadas como alimento la Comisión Conjunta FAO - OMS de Normalización de Alimentos (1991), estableció como criterio un límite máximo de 10 mg/kg de HCN.

El método comercial más efectivo para eliminar total o parcialmente el HCN, se basa en la acción controlada del calor. Temperaturas entre 40 - 80 °C son efectivas para eliminar la mayor parte del ácido cianhídrico libre. La liberación del HCN puede ocurrir por deshidratación natural por acción de los rayos solares, a temperaturas entre 30 - 40 °C el cual es un sistema seguro para destruir el ácido cianhídrico, sin afectar la acción de la enzima linamarasa. Por otro parte, el secado artificial en secadores con circulación forzada con aire caliente a temperatura de 60 °C produce una eficiente eliminación del cianuro de los trozos frescos. Normalmente, los trozos de yuca secados al sol contienen niveles de cianuro menores a los obtenidos con secado artificial (Gómez *et al.*, 1983). Así mismo, el proceso de cocción en agua es efectivo para eliminar el HCN libre y es posible eliminar más del 90 % durante 15 minutos (Aristizábal y Sánchez, 2007).

2.1.9. Almidón de yuca y sus propiedades

El almidón, una de las sustancias de reserva dominantes en la naturaleza, puede hallarse como pequeños gránulos depositados en semillas, tubérculos y raíces de distintas plantas. Los gránulos de almidón están compuestos por dos polisacáridos con enlaces glucanos: amilosa y amilopectina. La amilosa (figura 2) es, básicamente, un polímero lineal de unidades $(1 - 4)$; la amilopectina (figura 3) es el mayor componente, un polímero ramificado de unidades $(1 - 4)$ y $(1 - 6)$. La proporción relativa de amilosa/amilopectina en cualquier almidón, así como el peso molecular específico de estos polímeros en dicho almidón, determinan las propiedades fisicoquímicas y, por lo tanto, industriales del mismo (Ceballos y De la Cruz, 2002).

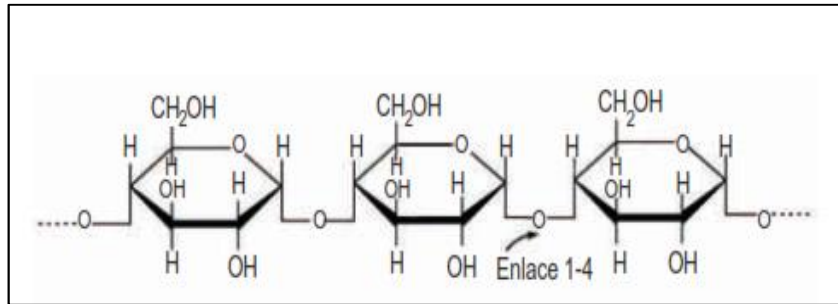


Figura 2. Estructura de molécula de amilosa (Aristizábal y Sánchez, 2007).

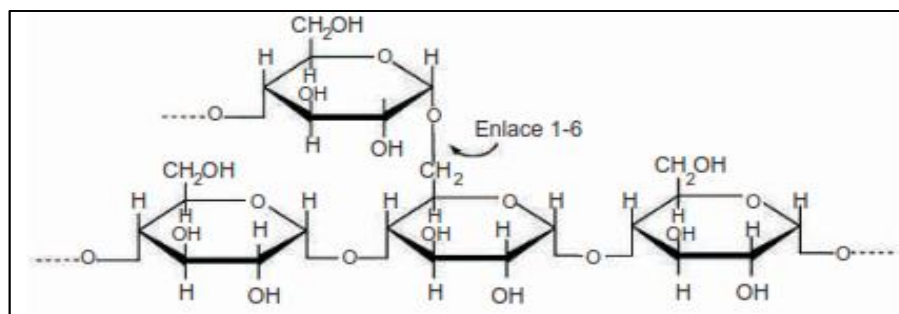


Figura 3. Estructura de molécula de amilopectina (Aristizábal y Sánchez, 2007).

El alto contenido de almidón de la yuca y su mayor proporción de amilosa (17 – 22 %), en comparación con otras fuentes de almidón, hace de este un importante cultivo industrial además de ser un cultivo alimenticio rico en calorías. El almidón de yuca es la segunda fuente de almidón en el mundo después del maíz, pero por delante de la papa y el trigo; se usa principalmente sin modificar, es decir como almidón nativo, pero también es usado modificado con diferentes tratamientos para mejorar sus propiedades de consistencia, viscosidad, estabilidad a cambios del pH y temperatura, gelificación, dispersión y de esta manera poder usarlo en diferentes aplicaciones industriales que requieren ciertas propiedades particulares (Aristizábal y Sánchez, 2007).

La extracción de almidón de yuca por vía húmeda se lleva a cabo por medio de un proceso que comprende las etapas de lavado, rallado, filtración, sedimentación, secado, molienda y tamizado (Alarcón y Dufour, 1998).

Para apreciar el potencial del uso industrial y alimenticio del almidón de yuca es fundamental comprender las propiedades funcionales del almidón (solubilidad, capacidad de retención de agua, poder de hinchamiento, etc.). Estas propiedades están influenciadas por factores genéticos (diferencias varietales) y por factores como la edad de la planta, época de cosecha, fertilidad del suelo y precipitación, entre otras cosas (Aristizábal y Sánchez, 2007).

2.1.10. Usos agroindustriales de la yuca

Dependiendo del uso final de la yuca, ésta puede ser clasificada como de calidad culinaria, cuando se destina al consumo humano directo; industrial, cuando se usa para la producción de subproductos tales como harina, almidón, trozos secos; y de doble propósito, es decir, que podrían ser usados tanto para consumo humano como industrial (Fretes, 2010). En el Perú, su consumo generalmente es cocido, frito o como harina; entre los productos derivados más conocidos se encuentran:

- Harina de yuca: este producto derivado de la yuca tiene varios usos a nivel de industria alimenticia general. Puede ser incorporada en los alimentos concentrados para aves, camarones, cerdos y ganado lechero; utilizada como insumo en la elaboración de productos alimenticios para consumo humano, sustituyendo a la harina de trigo, maíz y arroz, en formulaciones de panes, pastas, mezclas, también como espesante y extensor de sopas deshidratadas, condimentos, papilla para bebé y dulces. Los procesos que intervienen para la fabricación de este derivado son: el picado de la yuca fresca, seguida del secado y molido (IICA, 2004).
- Almidón de yuca: Es habitualmente utilizado como componente en tres destacados segmentos industriales: alimenticio, químico y papelerero. A partir del almidón pueden elaborarse panes de queso, tortas, pudines, cremas, confites, sagú, polvillo ácido para galletas, aglutinante para embutidos, espesante para alimentos cocidos, compuesto para grasas vegetales (margarinas), para aumentar el tenor de sólidos en las sopas,

helados, conserva de frutas, etc. Impide también la pérdida de agua durante la cocción de embutidos cárnicos (mortadela, salchicha, chorizo y otros fiambres). Puede utilizarse también como vehículo o excipiente de pastillas, grageas y jarabes en el sector de medicamentos, jabones, detergentes, pastas dentífricas, colas, gomas, tintas, barnices, explosivos industriales menores, etc. En la industria papelera, sirve además como blanqueador del papel, ya que es flexibilizante y mejorador de textura y resistencia (Fretes, 2010).

- Almidón agrio de yuca: La obtención de almidón agrio o fermentado de yuca tiene las mismas etapas de producción del almidón nativo, con la diferencia de que incluye una etapa de fermentación previa al secado. Las raíces de yuca son lavadas para eliminar tierra e impurezas y retirar la cascarilla. Luego, son ralladas para liberar los gránulos de almidón y la masa obtenida es lavada y filtrada o colada en una tela y la lechada es decantada en canales. El almidón precipitado es traspasado a tanques donde fermenta en forma natural, en condiciones anaeróbicas, por aproximadamente 30 días y luego es secado al sol, lo que le da a este almidón propiedades de expansión en el horneado. El almidón agrio adquiere, además, características especiales de sabor, textura y olor que son deseables en la panificación. Este almidón es tradicional en Brasil y Colombia (Alarcón y Dufour, 1998).
- Fariña: La fariña es un derivado de amplio consumo popular, infaltable en el menú diario de la población brasilera; en el mercado se ofertan diversas clases y tipos, diferenciados según el color (blanca, amarilla), granulometría (gruesa, fina) y cocción (más o menos torrado); la elaboración sigue la siguiente secuencia: Lavado, triturado, prensado, cocción por tostado, cernido (tamizado) y empaque (Vega, 2010).
- Gari: para su preparación la yuca se lava, se pela, lo que implica una pérdida de 13 – 20 % del peso total, y se ralla. Luego se desintegra lavándola y se fermenta durante unos 4 días en sacos colocados bajo

piedras pesadas para eliminar el exceso de humedad. Se desecha el jugo extraído, que contiene la mayor parte del glucósido cianógeno. El material se seca y se fríe en cazuelas de hierro a unos 80 – 83 °C para producir gari blanco, o en cazuelas con un poco de aceite para producir gari amarillo. El producto es granular, fluido, y tiene un ligero olor acre. Para producir gari de alta calidad, el producto es tamizado para obtener partículas muy finas (Oke, 1982).

- Chips de yuca: el proceso consiste en someter las raíces a las etapas de descascarillado, precocción, corte en rodajas, fritura, envasado y almacenamiento. El corte realizado a nivel industrial debe tener una abertura de 1,5 mm, cuanto menor es el grosor del corte, mejor será la textura y se reducirá el tiempo de fritura. La fritura es la etapa principal en el proceso de producción de “chips de yuca”, la temperatura de fritura deben estar comprendida entre 130 y 150°C. Después de freír el producto, debe ser sometido a salazón antes de la reducción de grasa de la superficie, para permitir una mejor adhesión. El producto frito es mantenido a condiciones ambientales por espacio de una hora, facilitando la absorción y el secado de la grasa. Finalmente el envasado se realiza dentro de empaques de polipropileno revestidos con aluminio, lo cual sirve como barrera para la humedad y el oxígeno, además la atmósfera es modificada con nitrógeno antes del sellado, facilitando su conservación por un periodo superior a 30 días, periodo mínimo para su comercialización (EMBRAPA, 2011).
- Masato: es una bebida tradicional de Perú que se obtiene con las raíces de la yuca, las cuales son cocidas y molidas para obtener una masa. El proceso de fermentación es espontáneo con una duración de 72 a 96 horas a temperatura ambiente (Arias *et al.*, 2009).

2.1.11. Propiedades fisicoquímicas y parámetros de calidad para el uso agroindustrial de la yuca

Según Wheatley (1991), existen factores determinantes en la calidad de las raíces de yuca, tales como el contenido de: materia seca, ácido cianhídrico, almidón y fibras. También menciona que deben contar con buen sabor y textura; características complejas, subjetivas y poco estudiadas, pero claves.

El mismo autor menciona que, a diferencia de la yuca fresca utilizada en el consumo animal que es menos exigente, las raíces destinadas para consumo humano tienen el mayor número de factores de calidad, por ser el único caso en que sus características son captadas por consumidores exigentes. Por otro lado, en la yuca seca muchos factores importantes se deben al proceso de secado, aunque la materia prima (materia seca y ácido cianhídrico) también es importante.

El autor en mención, define al almidón como factor más importante ya que constituye la mayor parte de la raíz, por lo cual se necesita un contenido alto de él, tanto para producir yuca seca como para otros procesos (producción de almidón nativo y agrio, usos industriales y farinha), así mismo, menciona la relación que éste tiene con la textura, consistencia y cocción, y la importancia que tiene en la aceptabilidad de la yuca para consumo humano (fresca o seca).

2.1.12. Calidad culinaria de las raíces de yuca

La calidad culinaria tiene que ver con el tiempo de cocción y preparación de las raíces, así mismo, con la aceptación que manifiesta el consumidor al degustarlas. Para determinar la calidad culinaria de la yuca, se seleccionan al azar las plantas de yuca, de donde las raíces frescas son cosechadas para luego someterlas a un proceso de cocción. La buena calidad culinaria de la yuca depende de diversos factores, estos factores se detectan, principalmente, al degustar los trozos de yuca, no podrían percibirse mediante la observación de su apariencia externa (Gray, 2012). Entre éstos factores tenemos:

- Tiempo de cocción: la cocción del parénquima debe efectuarse en un tiempo no mayor a 30 minutos, la yuca cocida debe tener una consistencia entre dura y muy blanda.
- Sabor: la yuca cocida no debe tener un sabor ni amargo, ni dulce. El primero significa que las raíces tienen un alto contenido de ácido cianhídrico y el segundo, que tienen alto contenido de azúcar.
- Textura: la yuca debe presentar una textura firme, sin porciones duras ni vidriosas; el almidón que contiene debe ser blanco o de color amarillento y nunca transparente.
- Fibrosidad: ésta es una característica no deseable en la degustación de la yuca cocida, no debe tener fibras ni tampoco tejidos lignificados dentro del parénquima.

2.1.13. Características sensoriales en los alimentos

Según Grández (2008), las características sensoriales son los atributos de los alimentos que son percibidos por nuestros sentidos. Las características sensoriales más comunes son:

- Color: entre las diferentes propiedades físicas de un alimento, el color es considerado el atributo visual más importante en la percepción de calidad del alimento. El aspecto y color de la superficie del alimento es el primer parámetro de calidad evaluado por el consumidor y es crítico en la aceptación del producto, incluso antes de que entre en la boca. Los consumidores tienden a asociar el color con el aroma, seguridad, tiempo de almacenamiento, nutrición y nivel de satisfacción porque correlaciona bien con la evaluación física, química y sensorial de la calidad del alimento (Pedreschi *et al.*, 2006; Gökmen y S gut, 2007).
- Textura: la textura es una percepción sensorial, la cual se cree que sólo los humanos pueden percibir, describir y cuantificar. Es generalmente

descrita como un atributo multiparamétrico, usualmente asociada a parámetros acústicos, geométricos y mecánicos. La definición aceptada de textura fue propuesta por Szczesniak en 1963, donde “la textura es la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales y mecánicas de los alimentos, determinada por los sentidos de la vista, oído, tacto y cinestésico”. La textura es definida por las propiedades estructurales del alimento. Las interacciones entre la textura percibida y la estructura física son complejas, particularmente para frutas y verduras (Sahin y Sumnu, 2009).

- Sabor: es una combinación de sensaciones químicas que se percibe en la cavidad bucal con la intervención de las papilas gustativas, donde se localizan los receptores, situados en lugares muy diversos: el paladar blando, en la pared posterior de la faringe, en la epiglotis y, sobre todo, en la lengua, donde son más abundantes. Las papilas gustativas de la lengua son capaces de percibir con toda claridad cuatro tipos de sabores que tradicionalmente, se han considerado básicos o fundamentales: dulce, salado, ácido y amargo. No obstante, algunos autores (japoneses), incluyen un quinto sabor básico que denominan “umami”, aunque todavía se desconoce en qué zonas de la lengua se localizan sus receptores. El sabor amargo corresponde al estímulo provocado por un grupo numeroso de sustancias, como los alcaloides, glucósidos, la cafeína, etc. El sabor salado es provocado por las sales inorgánicas de bajo peso molecular, como el cloruro de sodio. El sabor ácido lo originan los iones hidronio H_3O^+ de los ácidos orgánicos presentes en muchos alimentos, estos ácidos pueden ser el cítrico, acético, láctico, tartárico, entre otros (Bello, 2000).
- Aspecto: Agrupa el conjunto de propiedades visuales de un producto, tanto externas como internas, percibidas mediante los receptores del sentido de la vista, incluye atributos como: el color, la forma, tamaño, superficie, limpieza, transparencia, entre otros, de acuerdo al tipo de alimento (Zamora, 2007).

2.1.14. Análisis sensorial

El análisis sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Lawless y Heymann, 2010). Esta disciplina comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos e intenta aislar las propiedades sensoriales y aportar información útil para el desarrollo de productos, control durante la elaboración, vigilancia durante el almacenamiento, entre otras (Ramírez, 2012).

Según Grández (2008), está constituida por dos partes: el análisis sensorial y el análisis estadístico. El primero tiene por finalidad recabar correctamente las percepciones de un jurado o panel de evaluadores (parte subjetiva) y el segundo, transforma y analiza los datos (parte objetiva).

Las pruebas de análisis sensorial permiten traducir las preferencias de los consumidores en atributos bien definidos para un producto. La información sobre los gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad, se obtiene empleando métodos de análisis denominados pruebas orientadas al consumidor (Watts *et al.*, 1989). Arrabal y Ciappini (2000) señalan que estas pruebas deben realizarse exclusivamente con consumidores y no con evaluadores entrenados.

Las consultas a consumidores, se manejan con un enfoque diferente al perfil sensorial descriptivo, pretendiendo estimar la respuesta de la población potencial de consumidores del producto respecto al gusto. El catador evalúa simplemente el grado de aceptabilidad del producto y su preferencia (Ramírez, 2012).

2.1.14.1. Pruebas orientadas al consumidor

Las pruebas orientadas al consumidor incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas (grado en que gusta un producto). Estas pruebas se consideran pruebas del consumidor, ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados. Aunque a los

panelistas se les puede pedir que indiquen directamente su satisfacción, preferencia o aceptación de un producto, a menudo se emplean pruebas hedónicas para medir indirectamente el grado de preferencia o aceptabilidad (Watts *et al.*, 1989).

2.1.14.2. Pruebas hedónicas

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuánto agrada o desagrade un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde "me gusta muchísimo", pasando por "no me gusta ni me disgusta", hasta "me disgusta muchísimo". Los panelistas indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada (Watts *et al.*, 1989).

Los panelistas deben evaluar muestras codificadas de varios productos, indicando cuánto les agrada cada muestra. Para ello los panelistas marcan una categoría en las escala, que va desde "me gusta muchísimo" hasta "me disgusta muchísimo", en una escala de 9 puntos. En esta escala es permitido asignar la misma categoría a más de una muestra. Las muestras se presentan en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de 3 dígitos. El orden de presentación de las muestras puede ser aleatorizado para cada panelista o de ser posible, balanceado. En un orden de presentación balanceado, cada muestra se sirve en cada una de las posibles posiciones que puede ocupar (primera, segunda, tercera, etc.) un número igual de veces (Watts *et al.*, 1989).

En el análisis de los datos, los puntajes numéricos para cada muestra, se tabulan y analizan utilizando el análisis de varianza (ANOVA), para determinar si existen diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados a las muestras. Una vez detectada una diferencia significativa, pueden hacerse pruebas de comparación múltiple, para determinar cuáles son las medias del tratamiento que difieren entre sí (Watts *et al.*, 1989). Los puntajes obtenidos de las pruebas hedónicas, pueden ser analizados mediante la prueba no paramétrica de Friedman. Así mismo, cuando se quieran comparar promedios de los puntajes observados en cada una de las muestras

analizadas, se podrán utilizar las pruebas de comparación múltiple como las de “Duncan” y “Tukey” (Girón *et al.*, 1999).

2.2. Antecedentes

En el estudio “Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para la yuca (*Manihot esculenta*) que se comercializa en la ciudad de Neiva”, se analizó la relación de la actividad química con el grado de madurez de las raíces de yuca cosechadas de la variedad Veguna, en la ciudad de Neiva, Colombia. Se realizó la medición de las características físicas de las raíces recién cosechadas, donde se halló que el rendimiento de cáscara está entre 18 a 22 %, mientras que el rendimiento de la porción comestible varía entre 78 a 82 %. Las evaluaciones químicas se realizaron durante nueve días a partir de la cosecha, los resultados en el primer y el noveno día fueron: pH de 6,4 y 6,6, sólidos solubles de 11,2 y 11,3 °Brix, acidez de 0,12 a 0,11 % e índices de madurez de 93,3 y 100, respectivamente. Los valores se mantuvieron casi estables en el caso de la acidez y los sólidos solubles, demostrando que los azúcares son indispensables en el proceso respiratorio, lo cual influye en la continuidad de la actividad celular. La yuca Veguna presenta una vida comercial corta de tan sólo 4 a 5 días, luego de esto se da inicio al deterioro fisiológico y microbiano con la aparición de manchas, ablandamiento de tejidos y pérdida de peso (Reina *et al.*, 1996).

En la investigación “Efecto de podas y del sistema de almacenamiento sobre factores de calidad de raíces de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)”, se estudió el efecto de la poda de la parte aérea sobre el contenido de materia seca, almidón y ácido cianhídrico de raíces de los cultivares Amarilla, Misionera y Cambi, y sobre su deterioro fisiológico poscosecha asociado con el tipo de almacenamiento, en el nordeste de la Provincia de Corrientes en Argentina. Los resultados obtenidos para los cultivares estudiados fueron: 39,7 a 43,0 % para materia seca; 32,7 a 35,4% para almidón y 122,5 a 149,9 mg/Kg de ácido cianhídrico. La poda aérea realizada 24 días antes de la cosecha retardó el inicio del deterioro poscosecha y el almacenamiento en bolsas de polietileno reforzó ese efecto positivo (Burgos *et al.*, 2005).

En el estudio “Evaluación agronómica, morfológica y bioquímica de clones élites de yuca a partir de vitroplantas” se llevaron a cabo experimentos de multiplicación in vitro y en campo de 19 clones del CIAT en Maracay, Venezuela. De la caracterización bioquímica se obtuvieron los siguientes resultados: 36,7 a 44,9 % de materia seca y 6,8 a 57,0 mg/Kg de ácido cianhídrico. En el 93 % de los clones, las raíces mostraron buena calidad culinaria y en el 80 % no se observaron signos de deterioro de las raíces cuatro días después de la cosecha, presentando además contenidos bajos de HCN y altos de materia seca, lo cual los hace aptos para su empleo industrial. Algunos de ellos mostraron potencial para consumo fresco (Marín *et al.*, 2008).

En la investigación “Obtención de harina de yuca para el desarrollo de productos dulces destinados para la alimentación de celíacos” se caracterizaron físicamente las raíces de yuca que fueron transformadas en harina para la formulación de panes y galletas. El rendimiento de cáscara fue de 14 a 15 %, mientras que el rendimiento de pulpa fue de 85 a 86 %. El polvo base obtenido de la mezcla de las harinas de yuca, arroz y maíz, constituye una interesante propuesta comercial para la elaboración de productos horneados para celíacos (Alvarado, 2009).

En la investigación “Composición química y potencial cianogénico de variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) tradicionales y de alto rendimiento resistentes al virus del mosaico de la yuca” se caracterizaron químicamente las raíces de yuca de las variedades mejoradas Ampong, Broni bankye, Sika y Otuhia desarrolladas por el Instituto de Investigación de Cultivos de Ghana, junto a las variedades tradicionales Amakuma y Bankye fitaa. Los resultados expresados en base seca en los cultivares estudiados fueron: 33,1 a 45,9 % de humedad, 54,1 a 66,9 % de materia seca, 1,1 a 3,5 % de proteínas, 1,7 a 2,3 % de cenizas, 1,4 a 3,2 % de fibra cruda, 0,7 a 1,5 % de grasa y 83,4 a 87,4 % de carbohidratos totales, contenido energético de 339,0 a 352,0 Kcal/100 g, y el ácido cianhídrico de 0,08 a 0,12 mg/Kg. Todas las variedades estudiadas presentaron valores nutricionales apreciables, especialmente las variedades mejoradas debido a su alto contenido de

carbohidratos y energía. El contenido de cianuro en todas las variedades estaba por debajo de las recomendaciones de la OMS/FAO (<10 mg/Kg), por lo que son aptos para el consumo sin toxicidad aguda en seres humanos (Emmanuel *et al.*, 2012).

En el estudio “Evaluación y selección de clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del Plan Nacional de Semilla del INIA – Venezuela” se evaluó el rendimiento de materia seca (%) y almidón (%) por el método gravimétrico. Los valores encontrados en los distintos clones estudiados oscilan entre: 26 a 37 % para materia seca y 24 a 35 % para almidón en la zona de Anzoátegui; 39 a 48 % para materia seca y 37 a 45 % para almidón en la zona de Barinas. En su mayoría los clones estudiados superaron el valor requerido de materia seca (30 %) para la agroindustria (Fuenmayor *et al.*, 2012).

En la investigación “Propuesta metodológica para la evaluación de las características fisicoquímicas de dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), utilizadas como materia prima para la preparación de hojuelas fritas” se estudiaron las variedades Chiroso e ICA, cultivadas y cosechadas en el eje cafetero (Colombia), con el fin de determinar cuál de estas variedades era la mejor opción para el procesamiento de chips de yuca. Los valores medios reportados en las variedades estudiadas fueron: 45,2 a 47,3 % de materia seca, 84,6 a 88,6 mg/Kg de ácido cianhídrico, el contenido de amilosa y amilopectina en el almidón fue de 19,2 a 20,5 % y de 73,0 a 73,7 % respectivamente. Las variedades analizadas presentaron niveles altos de materia seca, siendo aptas para el procesamiento (Durán y Rojas, 2013).

En la investigación “Caracterización de las raíces y almidones de tres cultivares de yuca”, se analizaron las características fisicoquímicas de las raíces de yuca de los cultivares Jurará, Santarém SI y Maranhense II, producidas en el estado de Pará, Brasil. Las raíces frescas de yuca estudiadas mostraron los siguientes valores: pH de 6,60 a 6,96, sólidos solubles de 4,3 a 7,4 °Brix, humedad de 63,1 a 75,6 %, contenido de almidón de 12,3 a 21,8 %. El resto de los componentes proximales se expresaron en base seca, siendo las cenizas de 0,3 a 1,2 %, lípidos de 0,7 a 0,9 %, proteínas de 0,9 a 2,9 %.

El alto contenido de almidón y bajo contenido de constituyentes no amiláceos confirmó la calidad de los productos (Ladeira *et al.*, 2013).

En la investigación “Obtención y caracterización física y química del almidón de yuca (*Manihot esculenta*) variedad guayape” desarrollada en la región Lambayeque, se estudiaron las características fisicoquímicas de las raíces de yuca de la variedad antes mencionada, así como del almidón obtenido a partir de ella. De la caracterización fisicoquímica de la yuca se obtuvieron los siguientes valores promedio: 68,2 % de humedad, 31,8 % de materia seca, 5,0 % de proteínas, 0,6 % de lípidos, 4,4 % de cenizas, 90,0 % de carbohidratos totales, 2,2 % de fibra cruda, resultados expresados en base seca; el rendimiento de almidón fue de 14 %, la acidez fue de 0,069 % y el pH de 6,0, resultados expresados en base a la raíz fresca. De la caracterización fisicoquímica del almidón se determinó que el contenido de amilosa y amilopectina fue de 21,5 % y 78,5 %. El almidón de yuca variedad guayape puede ser utilizado en la producción de jarabes, caramelos, mermeladas, gelatinas, y como agente espesante y estabilizante en alimentos refrigerados (Jiménez y Martínez, 2016).

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

- Si se analizan las características fisicoquímicas y sensoriales de los veinte cultivares de yuca, se podrán rescatar y valorizar a aquellos con mejores aptitudes para la agroindustria.

2.3.2. Hipótesis específicas

- Si se determinan las características fisicoquímicas de los cultivares de yuca seleccionados, se podrán elegir a aquellos de mejor calidad industrial.
- Si se evalúan las características sensoriales de los cultivares de yuca seleccionados, se podrán escoger a aquellos de mejor calidad culinaria.

2.4. Variables y operacionalización

2.4.1. Variables en estudio

- Variable independiente: los veinte cultivares de yuca.
- Variables dependientes: características fisicoquímicas y sensoriales de las raíces de yuca en cada uno de los cultivares seleccionados.

2.4.2. Operacionalización de las variables

En el Cuadro 2, se detallan las variables en estudio, así como las dimensiones e indicadores utilizados en la presente investigación.

Cuadro 2. Operacionalización de las variables en estudio

Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores
Veinte cultivares de yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz).	Cultivares seleccionados: 9, 12, 28, 38, 94, 120, 131, 154, 161, 171, 196, 233, 368, 399, 501, 509, 513, 596, 681 y 741.	Madurez comercial.
Variables independientes	Dimensiones	Indicadores
Características fisicoquímicas de los cultivares.	Características fisicoquímicos.	Peso de raíz, rendimiento de pulpa y cáscara, composición proximal y energía, pH, ATT, SST, almidón (amilosa y amilopectina), ácido cianhídrico.
Características sensoriales de los cultivares.	Características sensoriales.	Color, textura, sabor y aspecto general.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo descriptiva, ya que se describieron y especificaron las características biométricas, fisicoquímicas y sensoriales de los veinte cultivares de yuca estudiados.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue experimental, ya que cada cultivar fue sometido a una serie de análisis fisicoquímicos y evaluaciones sensoriales para evaluar estadísticamente las características encontradas.

3.2. Lugar de ejecución

La presente investigación comprendió dos etapas, la primera fue desarrollada en la Estación Experimental Agraria Donoso, distrito y provincia de Huaral, región Lima Provincias, en donde se cultivaron y recolectaron las raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) a 180 m.s.n.m., 11° 28' 00" latitud sur y 77° 14' 00" longitud oeste, temperatura media anual de 19°C, precipitación media anual de 1,2 mm y humedad relativa de 86 %; así mismo, se determinaron las medidas biométricas, el pH, la acidez total titulable, los sólidos solubles totales, el rendimiento de almidón, el contenido de humedad y materia seca, también se evaluó sensorialmente cada uno de los veinte cultivares de yuca. La segunda etapa se realizó en el laboratorio de Biología Molecular y Genómica de la sede central del Instituto Nacional de Innovación Agraria en La Molina, allí se llevaron a cabo los análisis de los componentes proximales (proteína, grasa, cenizas, fibra cruda), se determinó el contenido de amilosa y amilopectina de cada muestra de almidón, y se cuantificó el ácido cianhídrico en cada cultivar estudiado.

3.3. Población, muestra y unidad de análisis

3.3.1. Población

La población estuvo constituida por 15 plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) por cada uno de los veinte cultivares, obteniéndose un total de 300 plantas.

3.3.2. Muestra

La muestra fue constituida por 3 plantas en cada uno de los veinte tratamientos, obteniéndose un total de 60 plantas. De cada planta se recolectaron 3 raíces, obteniendo como muestra un total de 9 raíces por cada uno de los cultivares. En su totalidad fueron cosechadas, seleccionadas y recolectadas 180 raíces de yuca.

3.3.3. Unidad de análisis

De cada muestra se tomaron aleatoriamente cantidades suficientes para la realización de los diferentes análisis, evaluando así cada una las características de la yuca, de acuerdo a los objetivos planteados.

3.4. Cultivares en estudio

En el Instituto Nacional de Innovación Agraria, se identificaron 20 cultivares promisorios de yuca, para esta selección se tomaron como criterios: el porte erecto de la planta que permite sembrar un mayor número de plantas por hectárea, la forma cónica de la raíz, el tamaño mediano de la raíz, ambas características preferidas en el mercado, la facilidad de desprendimiento de la raíz en el momento de la cosecha, el buen sabor, la cocción rápida, el rendimiento en peso de las raíces por planta, entre otros. Por ello fueron elegidos para el desarrollo de la presente investigación, y estos se enumeran a continuación: 9, 12, 28, 38, 94, 120, 131, 154, 161, 171, 196, 233, 368, 399, 501, 509, 513, 596, 681 y 741.

3.5. Prueba de hipótesis

Caracterización fisicoquímica:

Hipótesis nula: Los cultivares de yuca estudiados presentan medias iguales dentro de sus características fisicoquímicas.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{20}$$

Hipótesis alternativa: Por lo menos uno de los cultivares de yuca difiere de los demás en cuanto a los valores medios de sus características fisicoquímicas.

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j$$

Análisis sensorial:

Hipótesis nula: Todos los cultivares de yuca estudiados tienen las mismas puntuaciones en sus características sensoriales, por consiguiente el mismo grado de aceptación entre los jueces.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{20}$$

Hipótesis alternativa: Al menos uno de los cultivares de yuca posee mejores puntuaciones en sus características sensoriales, obteniendo un mayor grado de aceptación entre los jueces.

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j$$

3.5.1. Diseño de la investigación

- Caracterización fisicoquímica: se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), para evaluar las características de cada uno de los 20 cultivares. El modelo lineal estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Observación del cultivar i en la repetición j .

T_i : Efecto del cultivar i .

ϵ_{ij} : Término de error aleatorio asociado a la observación Y_{ij} .

- Análisis sensorial: se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman, para conocer el grado de aceptación de los jueces por cada uno de los 20 cultivares de yuca, con respecto a sus atributos sensoriales. El modelo estadístico de Friedman modificado para el caso de empates entre tratamientos, es el siguiente:

$$T_1 = \frac{(k - 1)(\sum_{j=1}^k R_j^2 - nC_1)}{A_1 - C_1}$$

$$A_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k R_{ij}^2; C_1 = \frac{nk(k + 1)^2}{4}$$

Donde:

T_1 : Valor estadístico de Friedman.

k: Número de cultivares.

n: Número de jueces.

$\sum_{j=1}^k R_j^2$: Suma de cuadrados de los rangos totales obtenidos de cada cultivar.

$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k R_{ij}^2$: Suma de cuadrados de los rangos individuales obtenidos de cada juez para cada uno de los cultivares.

$$T_2 = \frac{(n - 1)T_1}{n(k - 1) - T_1}$$

Donde:

T_2 : Estadístico del test clásico de análisis de varianza calculado sobre los rangos.

3.5.2. Datos a registrar

- Caracterización fisicoquímica: se registraron los pesos de raíz entera y cáscara, para determinar el rendimiento de cáscara y pulpa en cada uno de los cultivares. Así mismo, se registró el porcentaje de humedad, materia seca, proteína, grasa, cenizas, carbohidratos totales, energía disponible, sólidos solubles totales, acidez total titulable, índice de madurez, rendimiento de almidón, los contenidos de amilosa y

amilopectina, y el contenido de ácido cianhídrico en cada uno de los cultivares.

- Análisis sensorial: se registraron las puntuaciones brindadas por cada juez a cada uno de los cultivares, con respecto a las características sensoriales de color, textura, sabor y aspecto general.

3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información

- Las técnicas de investigación utilizadas para recoger información de fuentes de primarias fueron: la observación, experimento y encuesta. Entre los instrumentos utilizados están: el cuaderno de campo y cuestionario.
- Las técnicas de investigación bibliográficas, utilizadas para recolectar información de fuentes secundarias fueron: la ficha y el análisis de documentos. Las fuentes de información secundarias consultadas fueron: libros, revistas y tesis electrónicas, también se consultaron algunas tesis y libros impresos.
- El procesamiento estadístico de los datos y resultados se realizó con los programas: InfoStat (versión 2016) y Excel (versión 2013), en sus versiones para Windows.

3.6. Materiales y equipos

3.6.1. Material en estudio

El material vegetal estuvo conformado por veinte cultivares de yuca de la colección nacional de Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), proporcionados por el proyecto CIAT – INIA “Descubriendo el potencial de la yuca peruana mediante la utilización de la diversidad genética superior y de tecnologías de producción y procesamiento industrial para su puesta en valor”,

provenientes de la Estación Experimental Agraria Donoso ubicada en Huaral. Las plantas fueron cosechadas a los 12 meses, en el mes de octubre del 2015. Las muestras fueron tomadas en horas de la mañana, almacenadas a condiciones ambientales en el laboratorio, donde fueron evaluadas el mismo día.

Para cada cultivar fueron recolectadas, al azar, 3 plantas de un área homogénea. De cada planta sólo fueron utilizadas tres raíces de tamaño representativo, cuya longitud media estaba comprendida entre 25 y 30 centímetros. Para cada cultivar se recolectaron un total de 9 raíces.

3.6.2. Equipos de laboratorio

Los equipos e instrumentos utilizados, con algunas marcas y/o modelos se describen a continuación: balanza mecánica, balanza digital, sellador de bolsas, congelador (Oster), licuadora de tres velocidades (Oster, 4655), balanza analítica (Sartorius), estufa de aire forzado (Mettler), digestor (Büchi, K-439), destilador (Büchi, K-355), aparato Soxhlet, mufla (Thermo Scientific), brixómetro (rango 0 – 32%), pHmetro (HANNA instruments, HI 221), agitador magnético con calentamiento (Thermo Scientific, CIMAREC), espectrómetro UV/Visible (Thermo Scientific), micropipetas (1 mL, 5 mL y 10 mL), cocina industrial.

3.6.3. Materiales y utensilios

Los materiales de laboratorio y utensilios requeridos en los análisis fisicoquímicos y evaluación sensorial se detallan a continuación: cucharillas, pinzas para placas y/o crisoles, placas Petri, desecador, tubos Kjeldahl de 300 mL, pipetas de 10 mL, matraces Erlenmeyer de 200 mL, beakers de 10, 50, 100 mL y 1 L, buretas de 25 y 50 mL, papel filtro, matraz de ebullición de fondo plano de 250 mL, crisoles de porcelana, embudo de vidrio, probetas de 100, 200 mL y 1 L, varillas de vidrio, mortero con pilón, vasos de picado en licuadora, jarra de 1 L, colador, malla fina, tamiz de malla metálica, vasos de plástico, bolsas de polietileno, fioles de 5, 10, 25, 50 y 100 mL, cubetas de

cuarzo para espectrofotómetro, ollas, cuchillos, tablas de picado, bandejas, platos, vasos y cubiertos de plástico, y agua mineral.

3.6.4. Reactivos

Todos los reactivos y solventes utilizados fueron de grado analítico de las marcas Sigma Chemical Co. y Merck, los cuales se detallan a continuación: agua destilada, ácido sulfúrico concentrado, sulfato de potasio, sulfato cúprico, solución de hidróxido de sodio al 40 %, solución de ácido bórico al 2 %, indicador verde de bromocresol, solución de ácido clorhídrico 0,05 N, éter de petróleo, solución de ácido sulfúrico al 1,25 %, solución de hidróxido de sodio al 1,25 %, fenolftaleína al 1 %, etanol al 96 %, solución de hidróxido de sodio 0,01 N, dimetilsulfóxido al 90 %, solución yodo – yoduro de potasio (0,0025 M, 0,0065M), amilosa y amilopectina puras de patata, cianuro de potasio, hidróxido de potasio, solución de hidróxido de sodio 1 N, solución de hidróxido de sodio 1,25 N, solución de fosfato de sodio 1 M, solución de cloramina - T al 0,44%, solución de ácido piridina – barbitúrico, solución de cloruro de magnesio 2,5 M, solución de ácido sulfúrico 18 N.

3.6.5. Equipos y útiles de oficina

Los equipos y útiles de oficina utilizados permitieron identificar los materiales en estudio, reunir información e imágenes valiosas del experimento, así como llevar a cabo la evaluación sensorial, estos se detallan a continuación: computadoras, impresora, papel bond, papel periódico, cuaderno de campo, cámara fotográfica, lapiceros, lápices, marcadores, tijeras, engrapador.

3.7. Conducción de la Investigación

3.7.1. Acondicionamiento del material a ser analizado

En la Figura 4 se muestra el esquema experimental con la secuencia de etapas llevadas a cabo en la preparación del material para la caracterización fisicoquímica y sensorial de cada cultivar.

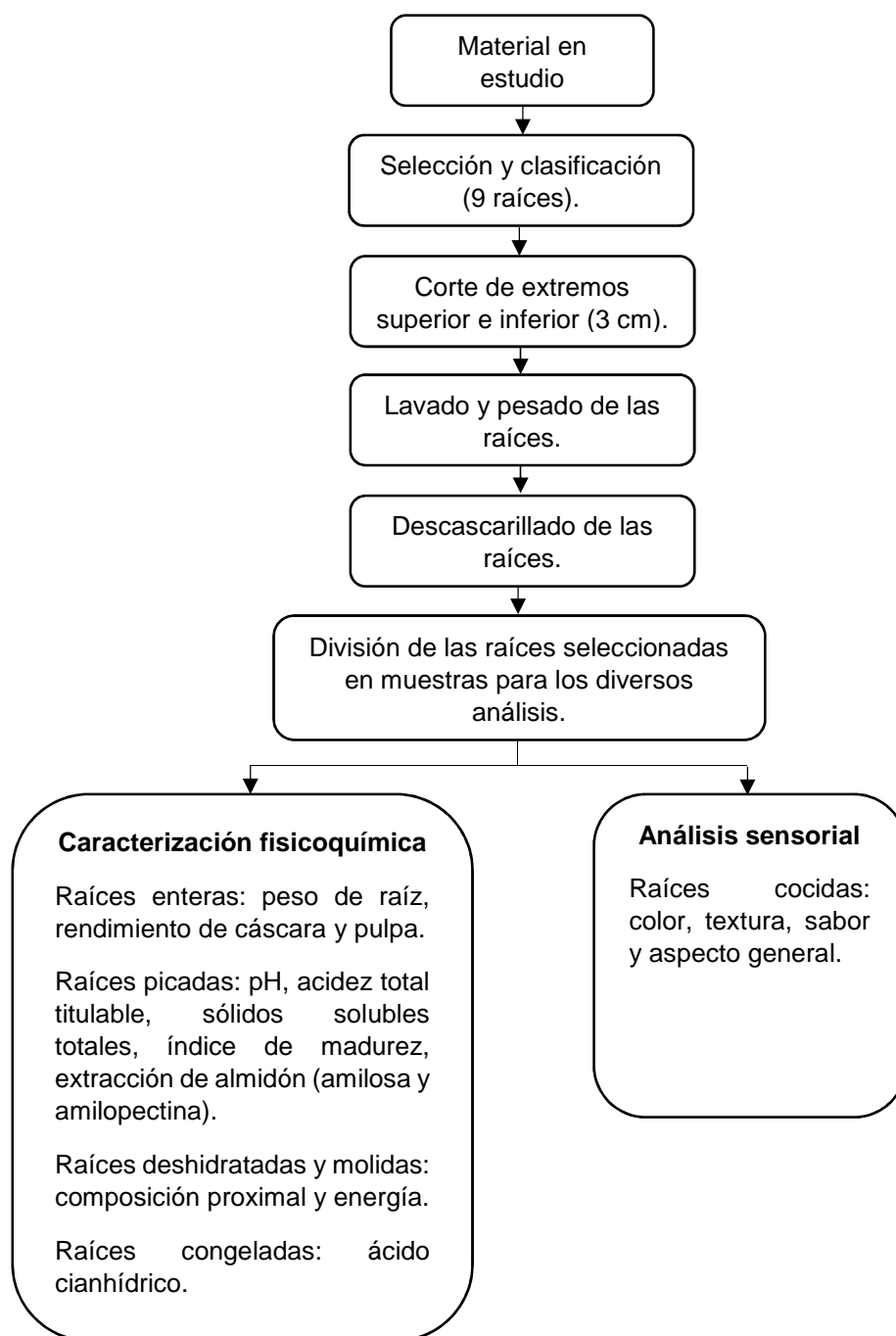


Figura 4. Esquema experimental utilizado en el experimento.

Las yucas fueron lavadas, escurridas y peladas con un cuchillo de acero inoxidable, para llevar a cabo la medición del peso de la raíz, rendimiento de pulpa y cáscara (caracterización biométrica). La porción comestible se dividió en 3 partes. Una parte fue cortada en secciones transversales y picada en pequeños cubos, para ser utilizada en los análisis de pH, acidez total titulable,

sólidos solubles totales, índice de madurez y extracción de almidón. Otra parte fue cortada en rodajas delgadas, una mitad se esparció en bandejas y se secó en una estufa a 60 °C durante 48 horas, para luego ser molidas y utilizadas como harina en el análisis de la composición proximal y energía disponible, mientras que la otra mitad se conservó en bolsas de polietileno en congelación a -18 °C para el análisis posterior de ácido cianhídrico. El material destinado a la evaluación sensorial fue lavado y cocinado en 2,5 litros de agua dentro de ollas y sin sal, se mantuvo a ebullición por un tiempo de 20 a 25 minutos, se repitió el mismo procedimiento en cada uno de los cultivares.

3.7.2. Caracterización de la yuca

3.7.2.1. Caracterización fisicoquímica

Para caracterizar sus medidas biométricas se siguió el procedimiento descrito por Jiménez y Martínez (2016), donde las raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) fueron evaluadas de la siguiente manera:

- Peso de la raíz entera, de la cáscara y pulpa (g).
- Rendimiento de la cáscara (%).
- Rendimiento de la pulpa (%).

Las raíces recién lavadas se pesaron en una balanza de precisión 0,1 g, también registró el peso de la cáscara. El peso de la porción comestible (pulpa) fue estimado por diferencia. Los rendimientos de cáscara y pulpa fueron calculados de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento de cáscara (\%)} = \frac{\text{Cáscara}}{\text{Raíz entera}} \cdot 100$$

$$\text{Rendimiento de pulpa (\%)} = \frac{\text{Pulpa}}{\text{Raíz entera}} \cdot 100$$

Los métodos utilizados para realizar el análisis de laboratorio de los cultivares de yuca, se resumen a continuación:

- Análisis proximal.-Se determinó siguiendo las recomendaciones de la AOAC (2005).
- Energía disponible (Kcal/100g).- Calculada mediante los factores de conversión específicos recomendados por la FAO (2003).
- Potencial de hidrogeniones.- De acuerdo a la metodología de la AOAC (2005).
- Acidez total titulable (%).- Según metodología de la AOAC (2005).
- Sólidos solubles totales (°Brix).- Por el método de la AOAC (2005).
- Índice de madurez.- Calculado mediante la división del contenido de sólidos solubles totales y acidez total titulable.
- Extracción de almidón (%).- Por el método de Oyewole y Obieze (1995).
- Amilosa (%).- De acuerdo a las recomendaciones de Hoover y Ratnayake (2001).
- Amilopectina (%).- Calculado por diferencia de 100 menos contenido de amilosa.
- Ácido cianhídrico (mg/Kg).- Siguió las recomendaciones de EPA (1983), Büchi Labortechnik AG (2007).

3.7.2.2. Análisis sensorial

El análisis sensorial fue realizado utilizando la metodología de pruebas sensoriales orientadas al consumidor para medir el grado de preferencia o aceptabilidad, por medio de escalas hedónicas (Watts *et al.*, 1989). Para ello se trabajó con una ficha de evaluación sensorial presentada en el Anexo 4, considerando las características sensoriales destacadas de éste alimento: color, textura, sabor y aspecto general.

La escala hedónica utilizada para medir los distintos atributos fue de 5 puntos, en el cual cada panelista eligió entre las opciones: me disgusta mucho, me disgusta, ni me disgusta ni me gusta, me gusta y me gusta mucho. Para lo cual las muestras fueron cocidas e inmediatamente servidas en platos de

plástico, previamente codificados con números aleatorios, así mismo, cada juez contaba con agua mineral para el enjuague bucal después de la evaluación de cada muestra. Se presentó un trozo de yuca por juez y por cultivar. Las evaluaciones fueron realizadas en horas previas al mediodía, presentándose, por día, cinco cultivares distintos, para evitar que el juez no discrimine adecuadamente las muestras evaluadas.

Evaluación que se realizó mediante un panel de 15 jueces familiarizados con el consumo de yuca, para su elección no hubo discriminación en cuanto a sexo ni edad. Las pruebas fueron desarrolladas dentro del aula de capacitación del personal de la Estación Experimental Agraria Donoso.

3.7.3. Análisis estadístico de datos

Para evaluar el efecto del cultivar sobre las diferentes propiedades estudiadas se utilizó un diseño completamente al azar con 20 tratamientos, donde cada cultivar se tomó como un tratamiento. Para la caracterización fisicoquímica se procesaron al menos 3 muestras por cultivar, se realizó un análisis de varianza y en los casos en que se presentaba un efecto significativo del cultivar, ($p < 0,05$), se realizó la comparación entre medias mediante la prueba de Tukey. En el caso de la evaluación sensorial, se realizó un análisis de varianza no paramétrico y se determinaron las diferencias estadísticamente significativas entre las medias en base a la prueba de Friedman. Para lo anterior se utilizó el programa InfoStat (versión 2016).

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización fisicoquímica de la yuca

4.1.1. Biométrica

El peso de las raíces de enteras, así como el rendimiento de cáscara y pulpa en cada uno de los cultivares, se presentan en el cuadro 3, en donde el peso de las raíces fluctúa entre 512,70 y 1183,33 g, el rendimiento de cáscara varía de 14,42 a 26,66 %, mientras que el rendimiento de pulpa oscila entre 73,34 y 85,58 %. Estos valores no pueden ser comparados entre cultivares, debido a que estos tienen raíces de formas y tamaños distintos.

Cuadro 3. Características biométricas de la yuca

Cultivares	Peso de raíz CV = 25,7	Cáscara CV = 15,7	Pulpa CV = 3,5
	(g)	(%)	(%)
9	586,07 ± 263,46	20,45 ± 1,95	79,55 ± 1,95
12	1100,00 ± 168,23	17,52 ± 0,76	82,48 ± 0,76
28	512,70 ± 465,32	26,66 ± 7,05	73,34 ± 7,05
38	529,37 ± 55,40	20,70 ± 0,47	79,30 ± 0,47
94	888,27 ± 521,12	16,81 ± 2,31	83,19 ± 2,31
120	782,97 ± 312,75	20,99 ± 3,36	79,01 ± 3,36
131	830,00 ± 166,43	16,99 ± 1,92	83,01 ± 1,92
154	933,33 ± 317,54	15,89 ± 1,96	84,11 ± 1,96
161	764,47 ± 360,79	15,49 ± 1,29	84,51 ± 1,29
171	1150,00 ± 567,89	16,53 ± 0,75	83,47 ± 0,75
196	1179,17 ± 625,70	15,19 ± 3,45	84,81 ± 3,45
233	1183,33 ± 361,71	14,42 ± 0,49	85,58 ± 0,49
368	742,47 ± 261,38	19,31 ± 3,45	80,69 ± 3,45
399	660,70 ± 207,60	15,32 ± 2,34	84,68 ± 2,34
501	725,00 ± 55,00	18,75 ± 2,15	81,25 ± 2,15
509	893,33 ± 122,20	18,40 ± 0,20	81,60 ± 0,20
513	893,33 ± 155,03	17,11 ± 1,04	82,89 ± 1,04
596	535,83 ± 204,50	20,97 ± 3,58	79,03 ± 3,58
681	778,67 ± 286,96	16,96 ± 1,32	83,04 ± 1,32
741	1013,33 ± 231,80	17,85 ± 0,10	82,15 ± 0,10

CV: Coeficiente de variación (%).

4.1.2. Proximal

Los resultados obtenidos en el análisis de la composición proximal y valor energético de la yuca, se muestran en el cuadro 4. Estos valores se determinaron del promedio de tres repeticiones y se expresan en base seca, para cada uno de los cultivares en estudio.

La humedad de la yuca presenta valores promedios que van de 54,46 a 72,77 %, mientras que la materia seca fluctúa entre 27,23 y 45,54 %. El contenido proteico presente en los cultivares de yuca fue mínimo, estos valores se encuentran entre 1,46 y 3,28 %, la grasa se encuentra en el rango de 0,17 a 0,63 %, las cenizas oscilan entre 2,23 y 4,23 %, la fibra cruda varía de 1,33 a 3,59 %. Los cultivares de yuca analizados presentaron alto contenido de carbohidratos, los cuales se encuentran en el rango de 93,27 a 95,45 %. El aporte energético de la yuca está entre 368,19 y 374,79 kilocalorías.

4.1.3. Resultados de pH, acidez total titulable, sólidos solubles totales e índice de madurez

El cuadro 5, presenta los resultados determinados del valor de pH, acidez total titulable, sólidos solubles totales e índice de madurez, en cada uno de los cultivares de yuca. Estos valores se calcularon del promedio de tres replicas, las mediciones se realizaron en el material vegetal fresco.

El pH reportado en los diferentes cultivares de yuca varía de 6,32 a 6,87, la acidez total titulable en base al ácido láctico se encuentra entre 0,11 y 0,27 %, los sólidos solubles totales oscilan de 3,8 a 7,6 °Brix, mientras que el índice de madurez reporta valores promedios entre 20,33 y 56,38.

Cuadro 4. Composición proximal de los cultivares de yuca

Cult.	Humedad (%)	Mat. Seca (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Carb. Totales (%)	Fibra cruda (%)	Energía (Kcal/100g)
9	65,18±0,73 ^f	34,82±0,73 ^d	2,15±0,01 ^d	0,34±0,01 ^{gh}	2,23±0,04 ^f	95,28±0,02 ^{ab}	1,59±0,08 ^{ghij}	374,70±0,20 ^a
12	70,30±0,06 ^b	29,70±0,06 ^h	1,95±0,03 ^e	0,55±0,00 ^{bc}	4,23±0,17 ^a	93,27±0,14 ^k	2,66±0,21 ^b	368,19±0,63 ^f
28	66,90±0,78 ^f	33,10±0,78 ^{def}	1,54±0,02 ^h	0,42±0,01 ^{ef}	3,41±0,14 ^b	94,63±0,13 ^{efg}	1,57±0,03 ^{ghij}	371,17±0,49 ^e
38	57,63±0,48 ^h	42,37±0,48 ^b	2,01±0,02 ^e	0,49±0,01 ^{cd}	2,69±0,21 ^{de}	94,82±0,20 ^{cdef}	1,33±0,09 ^j	373,78±0,86 ^{abc}
94	67,78±1,00 ^{cde}	32,22±1,00 ^{efg}	1,99±0,02 ^e	0,47±0,02 ^{de}	2,50±0,07 ^{def}	95,05±0,11 ^{abcde}	1,36±0,07 ^{ij}	374,43±0,26 ^{ab}
120	54,46±0,24 ⁱ	45,54±0,24 ^a	1,99±0,01 ^e	0,17±0,02 ⁱ	2,62±0,08 ^{def}	95,21±0,07 ^{abc}	2,21±0,08 ^{cd}	372,60±0,37 ^{bcde}
131	67,90±0,95 ^{cde}	32,10±0,95 ^{efg}	1,55±0,01 ^h	0,36±0,01 ^{fgh}	2,64±0,21 ^{def}	95,45±0,22 ^a	1,72±0,14 ^{efghi}	373,85±0,85 ^{abc}
154	65,31±0,35 ^f	34,69±0,35 ^d	1,79±0,01 ^f	0,34±0,00 ^{gh}	2,72±0,20 ^{de}	95,15±0,20 ^{abcd}	2,04±0,18 ^{de}	373,16±0,78 ^{abcd}
161	69,36±0,44 ^{bc}	30,64±0,44 ^{gh}	1,97±0,01 ^e	0,56±0,02 ^{ab}	3,37±0,20 ^b	94,10±0,20 ^{hi}	1,59±0,02 ^{ghij}	371,55±0,86 ^{de}
171	70,60±0,41 ^b	29,40±0,41 ^h	1,65±0,01 ^g	0,52±0,02 ^{bcd}	2,84±0,21 ^{cd}	94,99±0,23 ^{bcde}	2,50±0,22 ^{bc}	373,72±0,72 ^{abc}
196	66,76±0,87 ^{ef}	33,24±0,87 ^{de}	2,16±0,02 ^d	0,42±0,01 ^{ef}	2,30±0,01 ^{ef}	95,12±0,02 ^{abcd}	1,62±0,05 ^{ghij}	374,79±0,09 ^a
233	58,39±0,34 ^h	41,61±0,34 ^b	1,56±0,03 ^h	0,36±0,03 ^{fgh}	3,97±0,17 ^a	94,10±0,17 ^{hi}	1,38±0,13 ^{hij}	368,72±0,83 ^f
368	68,76±0,15 ^{bcd}	31,24±0,15 ^{fgh}	3,28±0,04 ^a	0,31±0,03 ^{gh}	2,80±0,07 ^{cd}	93,62±0,08 ^{jk}	3,59±0,17 ^a	371,17±0,42 ^e
399	61,59±0,87 ^g	38,41±0,87 ^c	1,85±0,01 ^f	0,43±0,03 ^{ef}	2,77±0,19 ^{cd}	94,96±0,20 ^{bcde}	2,46±0,21 ^{bc}	373,35±0,73 ^{abcd}
501	61,30±0,24 ^g	38,70±0,24 ^c	2,00±0,02 ^e	0,63±0,04 ^a	3,19±0,17 ^{bc}	94,18±0,13 ^{ghi}	2,04±0,10 ^{def}	372,52±0,75 ^{cde}
509	66,61±0,37 ^{ef}	33,39±0,37 ^{de}	3,22±0,04 ^a	0,52±0,04 ^{bcd}	2,47±0,09 ^{def}	93,78±0,05 ^{ij}	1,79±0,06 ^{efg}	373,46±0,48 ^{abc}
513	65,30±0,26 ^f	34,70±0,26 ^d	2,65±0,02 ^b	0,37±0,03 ^{fg}	2,52±0,03 ^{def}	94,46±0,03 ^{fgh}	1,67±0,01 ^{fghij}	373,17±0,20 ^{abcd}
596	66,20±0,45 ^{ef}	33,80±0,45 ^{de}	2,33±0,03 ^c	0,36±0,02 ^{fgh}	2,61±0,20 ^{def}	94,70±0,22 ^{def}	1,54±0,06 ^{ghij}	373,14±0,80 ^{abcd}
681	61,06±0,73 ^g	38,94±0,73 ^c	1,99±0,04 ^e	0,30±0,01 ^h	2,40±0,13 ^{def}	95,32±0,14 ^{ab}	1,74±0,03 ^{efgh}	374,02±0,59 ^{abc}
741	72,77±1,06 ^a	27,23±1,06 ⁱ	1,46±0,01 ⁱ	0,57±0,03 ^{ab}	2,77±0,03 ^{cd}	95,20±0,04 ^{abc}	1,65±0,03 ^{ghij}	374,42±0,22 ^{ab}

Valores promedios ± la desviación estándar seguidos por letras diferentes, difieren estadísticamente según prueba de Tukey (P<0,05).

Cuadro 5. Características químicas de los cultivares de yuca

Cultivares	pH	Acidez total titulable (%)	Sólidos solubles totales (°Brix)	Índice de madurez SST/ATT
9	6,65 ± 0,01 ^{cd}	0,11 ± 0,00 ^{ijk}	5,00 ± 0,00 ^h	43,56 ± 0,89 ^c
12	6,42 ± 0,03 ^{fgh}	0,13 ± 0,01 ^{ghijk}	3,80 ± 0,00 ^k	30,31 ± 1,23 ^{jk}
28	6,58 ± 0,03 ^{de}	0,13 ± 0,01 ^{ghijk}	5,00 ± 0,00 ^h	39,49 ± 1,94 ^{def}
38	6,81 ± 0,04 ^{ab}	0,15 ± 0,00 ^d	5,20 ± 0,00 ^g	34,18 ± 0,77 ^{hi}
94	6,34 ± 0,04 ^{hi}	0,20 ± 0,00 ^b	6,20 ± 0,00 ^c	30,56 ± 0,69 ^j
120	6,87 ± 0,02 ^a	0,12 ± 0,00 ^{jk}	4,00 ± 0,00 ^j	34,46 ± 1,01 ^{hi}
131	6,69 ± 0,01 ^c	0,13 ± 0,00 ^{fghij}	5,00 ± 0,00 ^h	38,84 ± 1,37 ^{efg}
154	6,47 ± 0,03 ^f	0,14 ± 0,00 ^{defgh}	7,40 ± 0,00 ^b	53,83 ± 1,21 ^a
161	6,37 ± 0,05 ^{ghi}	0,17 ± 0,00 ^c	5,40 ± 0,00 ^f	31,25 ± 0,82 ^{ij}
171	6,77 ± 0,02 ^b	0,13 ± 0,00 ^{ghijk}	4,60 ± 0,00 ⁱ	35,91 ± 0,99 ^{gh}
196	6,32 ± 0,04 ⁱ	0,15 ± 0,00 ^{def}	6,20 ± 0,00 ^c	42,64 ± 1,38 ^{cd}
233	6,77 ± 0,03 ^b	0,11 ± 0,00 ^k	5,40 ± 0,00 ^f	49,95 ± 0,93 ^b
368	6,43 ± 0,01 ^{fg}	0,27 ± 0,00 ^a	5,40 ± 0,00 ^f	20,33 ± 0,36 ^m
399	6,58 ± 0,00 ^{de}	0,13 ± 0,00 ^{efghi}	7,60 ± 0,00 ^a	56,38 ± 1,27 ^a
501	6,57 ± 0,01 ^e	0,12 ± 0,01 ^{hijk}	5,23 ± 0,06 ^g	41,96 ± 1,28 ^{cde}
509	6,42 ± 0,02 ^{fg}	0,19 ± 0,00 ^b	4,60 ± 0,00 ⁱ	23,60 ± 0,37 ^{lm}
513	6,56 ± 0,01 ^e	0,15 ± 0,01 ^{de}	4,00 ± 0,00 ^j	26,91 ± 1,14 ^{kl}
596	6,57 ± 0,02 ^{de}	0,19 ± 0,01 ^{bc}	5,80 ± 0,00 ^e	31,07 ± 1,31 ^{ij}
681	6,61 ± 0,03 ^{cde}	0,14 ± 0,01 ^{defg}	5,20 ± 0,00 ^g	36,62 ± 1,55 ^{fgh}
741	6,33 ± 0,04 ⁱ	0,19 ± 0,00 ^{bc}	6,00 ± 0,00 ^d	31,44 ± 0,69 ^{ij}

Valores promedios ± la desviación estándar seguidos por letras diferentes, difieren estadísticamente según prueba de Tukey (P<0,05).

4.1.4. Almidón y polisacáridos

En el cuadro 6, se observan los datos obtenidos en la extracción del almidón de yuca por vía húmeda, el rendimiento de almidón en cada uno de los cultivares de yuca, así como el contenido de amilosa y amilopectina para cada tipo de almidón.

El almidón representa entre 16,24 y 28,18% del peso de la porción comestible de las raíces frescas de cada cultivar de yuca. El contenido de amilosa en el almidón de yuca fluctúa entre 15,96 y 23,71 %, mientras que, la amilopectina conforma entre 76,29 a 84,04 % del mismo.

Cuadro 6. Rendimiento, contenido de amilosa y amilopectina de los almidones en cada cultivar de yuca

Cultivares	Rendimiento (%)	Amilosa (%)	Amilopectina (%)
9	25,11 ± 2,45 ^{ab}	19,03 ± 0,43 ^{efghi}	80,98 ± 0,43 ^{bcdef}
12	18,13 ± 0,82 ^{fghi}	21,09 ± 1,23 ^{bcd}	78,91 ± 1,23 ^{ghi}
28	22,87 ± 1,56 ^{bcd}	17,84 ± 0,38 ⁱ	82,16 ± 0,38 ^b
38	21,54 ± 1,36 ^{bcdefg}	18,09 ± 0,85 ^{hi}	81,91 ± 0,85 ^{bc}
94	16,98 ± 1,53 ^{hi}	20,78 ± 0,14 ^{cde}	79,23 ± 0,14 ^{fgh}
120	28,18 ± 2,61 ^a	18,15 ± 1,46 ^{ghi}	81,85 ± 1,46 ^{bcd}
131	18,65 ± 0,97 ^{defghi}	21,46 ± 0,13 ^{bcd}	78,54 ± 0,13 ^{ghi}
154	18,42 ± 1,51 ^{efghi}	18,34 ± 1,23 ^{fghi}	81,66 ± 1,23 ^{bcde}
161	20,02 ± 1,91 ^{cdefghi}	20,65 ± 0,58 ^{cde}	79,35 ± 0,58 ^{fgh}
171	17,87 ± 0,61 ^{ghi}	15,96 ± 0,13 ^j	84,04 ± 0,13 ^a
196	20,05 ± 1,04 ^{cdefghi}	21,96 ± 0,38 ^{abc}	78,04 ± 0,38 ^{hij}
233	20,78 ± 1,35 ^{bcdefgh}	19,71 ± 0,24 ^{defgh}	80,29 ± 0,24 ^{cdefg}
368	18,36 ± 0,59 ^{ghi}	20,15 ± 0,00 ^{cdef}	79,85 ± 0,00 ^{efgh}
399	19,45 ± 0,18 ^{defghi}	19,96 ± 1,09 ^{defg}	80,04 ± 1,09 ^{defg}
501	22,26 ± 0,48 ^{bcdef}	23,71 ± 0,38 ^a	76,29 ± 0,38 ^j
509	22,71 ± 0,90 ^{bcde}	17,78 ± 1,01 ^{ij}	82,23 ± 1,01 ^{ab}
513	23,82 ± 1,78 ^{bc}	19,21 ± 0,24 ^{efghi}	80,79 ± 0,24 ^{bcdef}
596	19,81 ± 0,83 ^{cdefghi}	22,84 ± 0,94 ^{ab}	77,16 ± 0,94 ^{ij}
681	24,42 ± 1,13 ^{ab}	19,96 ± 0,24 ^{defg}	80,04 ± 0,24 ^{defg}
741	16,24 ± 1,56 ⁱ	18,21 ± 0,24 ^{ghi}	81,79 ± 0,24 ^{bcd}

Valores promedios ± la desviación estándar seguidos por letras diferentes, difieren estadísticamente según prueba de Tukey (P<0,05).

4.1.5. Ácido cianhídrico

El cuadro 7, presenta los resultados obtenidos en el análisis de ácido cianhídrico de los diferentes cultivares de yuca analizados, estos valores son expresados en base seca.

Los cultivares de yuca presentan contenidos bajos de ácido cianhídrico, los mismos que varían de 3,89 a 101,18 miligramos por cada kilogramo de materia seca de la porción comestible de las raíces.

Cuadro 7. Contenido de ácido cianhídrico de los cultivares de yuca

Cultivares	Ácido cianhídrico
	(mg/Kg)
9	14,04 ± 0,54 ^f
12	22,48 ± 0,09 ^h
28	11,32 ± 0,41 ^{de}
38	8,49 ± 0,19 ^{bc}
94	25,21 ± 0,25 ⁱ
120	6,02 ± 0,83 ^{ab}
131	8,89 ± 0,17 ^{cd}
154	25,33 ± 0,62 ⁱ
161	34,71 ± 0,61 ^j
171	17,08 ± 0,91 ^g
196	101,18 ± 1,94 ^l
233	3,89 ± 0,06 ^a
368	47,74 ± 0,17 ^k
399	11,74 ± 0,25 ^{ef}
501	11,21 ± 0,42 ^{de}
509	9,34 ± 0,48 ^{cde}
513	9,54 ± 0,00 ^{cde}
596	11,09 ± 0,08 ^{cde}
681	18,37 ± 0,41 ^g
741	19,00 ± 0,99 ^g

Valores promedios ± la desviación estándar seguidos por letras diferentes, difieren estadísticamente según prueba de Tukey (P<0,05).

4.2. Evaluación sensorial de la yuca

En la prueba sensorial mediante escalas hedónicas se evaluaron los atributos de los trozos de yuca cocida como color, textura, sabor y aspecto general. En el cuadro 8, se presentan los resultados resumidos del análisis sensorial de cada cultivar de yuca. A continuación se presentan los resultados en cada característica evaluada.

Cuadro 8. Promedio de evaluaciones sensoriales, medición organoléptica del grado de aceptación de los atributos de yucas cocidas

Cultivares	Atributos			
	Color	Textura	Sabor	Aspecto general
9	12,90 ^{abcd}	13,17 ^{abc}	14,40 ^{ab}	13,43 ^{ab}
12	9,80 ^{defg}	7,60 ^{efgh}	6,90 ^{ghi}	6,27 ^{de}
28	7,83 ^{fg}	10,63 ^{bcdef}	10,10 ^{ef}	8,77 ^{cd}
38	6,70 ^{gh}	8,93 ^{def}	7,13 ^{gh}	6,73 ^{de}
94	12,70 ^{abcd}	12,10 ^{abcd}	11,53 ^{bcdef}	12,70 ^{ab}
120	12,00 ^{abcd}	12,67 ^{abc}	13,40 ^{abcd}	12,40 ^{ab}
131	13,13 ^{abc}	11,00 ^{bcde}	11,00 ^{cdef}	12,10 ^{ab}
154	8,27 ^{efg}	4,23 ^h	4,03 ⁱ	5,17 ^e
161	12,37 ^{abcd}	12,03 ^{abcd}	11,43 ^{cdef}	11,53 ^{abc}
171	10,40 ^{cdef}	7,57 ^{efgh}	11,03 ^{cdef}	10,67 ^{bc}
196	4,40 ^{hi}	5,30 ^{gh}	3,97 ⁱ	4,60 ^e
233	7,10 ^{gh}	7,17 ^{fgh}	6,67 ^{ghi}	8,47 ^{cd}
368	3,40 ⁱ	9,87 ^{cdef}	6,00 ^{hi}	5,03 ^e
399	14,93 ^a	14,80 ^a	15,63 ^a	14,57 ^a
501	12,33 ^{abcd}	13,23 ^{abc}	12,87 ^{abcde}	13,10 ^{ab}
509	12,63 ^{abcd}	15,47 ^a	13,90 ^{abc}	13,13 ^{ab}
513	11,67 ^{bcd}	12,10 ^{abcd}	15,33 ^a	13,37 ^{ab}
596	13,63 ^{ab}	13,50 ^{ab}	14,80 ^a	14,67 ^a
681	11,10 ^{bcde}	10,27 ^{bcdef}	10,87 ^{def}	12,13 ^{ab}
741	12,70 ^{abcd}	8,37 ^{efg}	9,00 ^{fg}	11,17 ^{bc}

Valores promedios seguidos por letras diferentes, difieren estadísticamente según prueba de Friedman ($P < 0,05$).

V. DISCUSIÓN

5.1. De la caracterización biométrica de la yuca

Los rendimientos de cáscara y pulpa de los diferentes cultivares de yuca analizados en la presente investigación, en su mayoría fueron semejantes a los reportados en otras investigaciones, tales como la realizada por Buitrago (1990), quién menciona que la cáscara conforma entre 15 y 20 % de la raíz de yuca, y por consiguiente la pulpa representa el 80 a 85 %. Otro estudio, realizado por Reina *et al.* (1996), reporta que el rendimiento de cáscara en las raíces de yuca varía de 18 a 22 %, y el rendimiento de porción comestible varía de 78 a 82 %, mientras que Alvarado (2009) señala que el rendimiento de cáscara y pulpa, varía de 14 a 15 % y de 85 a 86 %, respectivamente. Sin embargo, el cultivar 28 presenta rendimientos de cáscara (26,66 %) y pulpa (73,34 %) que no concuerdan con los rangos mencionados anteriormente, estas diferencias se deben a las condiciones del cultivo, edad de la planta o la época de cosecha, entre otros.

5.2. De la composición proximal

La humedad de las raíces frescas de yuca, presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre los distintos cultivares estudiados, los valores hallados concuerdan con lo encontrado por Emmanuel *et al.* (2012) y por Ladeira *et al.* (2013). El contenido de humedad es un factor determinante en la conservación poscosecha de las raíces frescas de yuca, las cuales por su elevado contenido de humedad son susceptibles al deterioro microbiológico, entre los cultivares con mayores contenidos de humedad se tienen al 741 (72,77 %), 171 (70,60 %), 12 (70,30 %), 161 (69,36 %) y 368 (68,76).

El contenido de materia seca de las raíces de yuca, presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre cultivares, los valores observados guardan relación con lo mencionado por Ceballos y De la Cruz (2002) y Fuenmayor *et al.* (2012). El contenido de materia seca es una de las características más importantes para el procesamiento agroindustrial, debido a que en la mayoría de procesos que involucran deshidratación, contenidos elevados significan

rendimientos más altos; entre los cultivares con mejores rendimientos de materia seca están el 120 (45,54 %), 38 (42,37%) y 233 (41,61 %).

El contenido de proteína cruda de los cultivares de yuca estudiados presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), los valores hallados concuerdan con lo descrito por Emmanuel *et al.* (2012) y Ladeira *et al.* (2013). Los cultivares con el mayor contenido de proteínas son el 368 (3,28 %) y 509 (3,22 %).

El contenido de grasa presente en los cultivares de yuca analizados, demostró la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), los valores encontrados guardan relación con lo mencionado por Emmanuel *et al.* (2012), Ladeira *et al.* (2013) y por Jiménez y Martínez (2016). Entre los cultivares con mayores contenidos de grasa están el 501 (0,63 %), 741 (0,57 %) y 161 (0,56 %).

El contenido de cenizas demostró diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre los cultivares de yuca analizados, los valores encontrados guardan relación con lo que menciona Jiménez y Martínez (2016), sin embargo, estos valores son elevados en comparación a lo que menciona Emmanuel *et al.* (2012) y por Ladeira *et al.* (2013). La variabilidad de los resultados obtenidos, es debida a factores edafoclimáticos, la edad de la planta o la época de cosecha. Entre los cultivares de mayor contenido de cenizas están el 12 (4,23 %) y 233 (3,97 %).

Los carbohidratos presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los cultivares de yuca estudiados, los datos encontrados concuerdan con lo que mencionan Ceballos y De la Cruz (2002) y Jiménez y Martínez (2016). Los carbohidratos constituyen el mayor componente de las raíces de yuca, lo que hace de ellos la principal fuente de aporte energético, entre los cultivares con mayor contenido de carbohidratos están el 131 (95,45 %), 681 (95,32 %), 9 (95,28 %), 120 (95,21 %), 741 (95,20 %), 154 (95,15 %), 196 (95,12 %) y 94 (95,05 %).

La fibra cruda presenta diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre los cultivares de yuca estudiados, los valores reportados guardan relación con

lo mencionado por Emmanuel *et al.* (2012) y por Jiménez y Martínez (2016). La fibra contenida en el parénquima de las raíces de yuca está relacionada con la textura fibrosa de la misma, entre los cultivares con mayor contenido de fibra están el 368 (3,59 %), 12 (2,66 %), 171 (2,50 %) y 399 (2,46 %).

El aporte energético de los cultivares de yuca estudiados presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), los valores hallados concuerdan con lo encontrado por Emmanuel *et al.* (2012). Los altos valores de energía y carbohidratos obtenidos en el presente estudio sugieren que los cultivares de yuca pueden ser considerados como alimentos de alto valor nutricional; entre los cultivares de mayor aporte de energía están 196 (374,79 Kcal), 9 (374,70 Kcal), 94 (374,43 Kcal), 741 (374,42 Kcal), 681 (374,02 Kcal), 131 (373,85 Kcal), 38 (373,78 Kcal), 171 (373,72 Kcal), 509 (373,46 Kcal), 399 (373,35 Kcal), 513 (373,17 Kcal), 154 (373,16 Kcal) y 596 (373,14 Kcal).

5.3. De los resultados de pH, acidez total titulable, sólidos solubles totales e índice de madurez

El valor de pH presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los cultivares de yuca estudiados, los valores reportados guardan relación con lo reportado por Reina *et al.* (1996) y por Ladeira *et al.* (2013).

La acidez total titulable presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los cultivares de yuca en estudio, los valores hallados concuerdan con lo mencionado por Reina *et al.* (1996), sin embargo, superan a lo descrito por Jiménez y Martínez (2016), la variabilidad se debe al tipo de suelo, condiciones edafoclimáticas, la edad de la planta, entre otros.

El contenido de sólidos solubles totales presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los cultivares de yuca en estudio, sus valores concuerdan con lo reportado por Ladeira *et al.* (2013).

El índice de madurez de los cultivares de yuca en estudio, presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), los valores encontrados oscilan en el rango de 20,33 a 56,38, estos índices no se pueden comparar con otros, ya

que no se encontraron estudios previos que indiquen los valores óptimos para el índice de madurez de la yuca.

5.4. Del almidón y sus polisacáridos

El contenido de almidón de las raíces frescas de yuca presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), los valores encontrados guardan relación con lo que describe Emmanuel *et al.* (2012) y Fuenmayor *et al.* (2012). Entre los cultivares con mayor contenido de almidón están el 120 (28,18 %), 9 (25,11 %) y 681 (24,42 %).

Respecto al contenido de amilosa en el almidón de los cultivares de yuca estudiados, se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), los almidones con valores más altos de amilosa proceden de los cultivares 501 (23,71 %), 596 (22,84 %) y 196 (21,96 %). Con relación al contenido de amilopectina, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los almidones de los cultivares estudiados, los mayores contenidos de amilopectina proceden de los almidones extraídos de los cultivares 171 (84,04 %) y 509 (82,23 %). Los valores de amilosa y amilopectina, concuerdan con lo mencionado por Aristizábal y Sánchez (2007) y por Durán y Rojas (2013).

5.5. Del ácido cianhídrico

En relación al contenido de ácido cianhídrico en los cultivares de yuca analizados, estos presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), los valores hallados guardan relación con lo mencionado por Marín *et al.* (2008), además es inferior en comparación a lo descrito Burgos *et al.* (2005). Todos los cultivares de yuca analizados en el presente estudio, se encuentran por debajo de los 180 mg de ácido cianhídrico por kilogramo de materia seca, lo cual los clasifica como “dulces” (Sánchez, 2004), los valores mínimos de ácido cianhídrico hallados pueden ser fácilmente eliminados mediante procesos de cocción o deshidratación, lo que los convierte en potencialmente aprovechables tanto para el consumo fresco o para el procesamiento industrial.

5.6. Del análisis sensorial de la yuca

El color es considerado la característica visual más importante en la percepción de calidad de un alimento, puesto que es el primer parámetro de calidad evaluado por el consumidor (Pedreschi *et al.*, 2006; Gökmen y S gut, 2007). Los cultivares de yuca estudiados, presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en el grado de aceptación del color por parte de los jueces, los cultivares de mayor aceptación fueron el 9, 94, 120, 131, 161, 399, 501, 509, 596 y 741; mientras que, los cultivares de menor aceptación fueron el 196 y 368, por los cuáles los jueces mostraron menor preferencia que el resto de cultivares.

La textura de los cultivares de yuca, presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre los diferentes jueces. Según Gray (2012), la yuca cocida debe ser firme, sin porciones duras, y no contener fibras ni tejidos lignificados, los cultivares que reúnen estas condiciones son el 9, 94, 120, 161, 399, 501, 509, 513 y 596, motivo por el cual obtuvieron las mayores puntuaciones; mientras que, los cultivares 12, 154, 171, 196 y 233 recibieron las puntuaciones más bajas, debido a que su textura es muy dura, por lo que estos cultivares no son adecuados para consumirse frescos.

El sabor de los cultivares de yuca, presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre jueces, entre los cultivares de mayor aceptación están el 9, 120, 399, 501, 509, 513 y 596; mientras que, los cultivares 12, 154, 196, 233 y 368 son los que obtuvieron la menor aceptabilidad en este atributo, lo cual está asociado a un sabor amargo, característica propia de yucas con un contenido mayor de ácido cianhídrico (Gray, 2012).

El aspecto general de un alimento agrupa una serie de atributos visuales, entre los cuales están el color, la forma y el tamaño (Zamora, 2007). Los cultivares de yuca analizados presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en su aspecto; los jueces determinaron que los cultivares de mayor aceptación son el 9, 94, 120, 131, 399, 501, 509, 513, 596 y 681; mientras que, los cultivares 12, 38, 154, 196 y 368 son los que obtuvieron las puntuaciones más bajas, por consiguiente menor aceptación.

VI. CONCLUSIONES

- Del análisis proximal se encontró que los carbohidratos son los de mayor relevancia, debido a su elevado contenido en las raíces de yuca en comparación del resto de componentes proximales, grupo dentro del cual se encuentra el almidón en mayor proporción. De acuerdo al contenido de materia seca superior a 30 % y rendimientos de almidón por encima de 20%, se recomiendan los cultivares 9, 28, 38, 120, 161, 196, 233, 501, 509, 513 y 681, los cuales pueden ser aprovechados como materia prima en la obtención de harina, almidón industrial, hojuelas fritas, entre otros.
- Del análisis de ácido cianhídrico realizado se pueden clasificar a los cultivares de yuca estudiados como “dulces”. El contenido mínimo de ácido cianhídrico, permite que las raíces de yuca puedan ser consideradas como aptas para su consumo en fresco o como materia prima en los procesos de transformación.
- De acuerdo al análisis sensorial realizado se recomiendan los cultivares 9, 120, 399, 501, 509 y 596, los cuales reunieron las mejores calificaciones otorgadas por los jueces, con respecto a los atributos color, textura, sabor y aspecto general; por consiguiente, la mejor calidad culinaria; por ello pueden ser empleados en fresco como acompañamiento en gran variedad de platos de nuestra gastronomía peruana.

VII. RECOMENDACIONES

- Evaluar los métodos de extracción enzimáticos y por vía seca, en la obtención del almidón de yuca, con la finalidad de comparar los rendimientos que se obtienen por el método de vía húmeda.
- Realizar el análisis proximal y reológico de los almidones de yuca, complementando así el contenido de amilosa y amilopectina hallados, con el fin de comprender mejor sus propiedades fisicoquímicas y funcionales, y proponer usos industriales y alimentarios más específicos para el almidón de yuca.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Alarcón, F. 1994. Diagnóstico de la producción de yuca en Manabí, Ecuador. En: Producción, procesamiento, utilización y comercialización de la yuca. Memorias de un seminario celebrado en el INIAP, Ecuador, 26 – 28 de octubre, 1994. Portoviejo, Ecuador. p. 10 – 12.
2. Alarcón, F. y Dufour, D. 1998. Almidón Agrícola de Yuca en Colombia. Tomo 1: Producción y recomendaciones (en línea). Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Consultado 1 ago. 2016. Disponible en: http://www.clayuca.org/sitio/images/publicaciones/almidon_agrico_tomo_1.pdf
3. AOAC (Association of Analytical Communities, US). 2005. Official Methods of Analysis. 18 ed. Gaythersburg, MD. USA. 2 v.
4. Arias, A; Barrio, E; Quillama, E. y Querol, A. 2009. Identificación molecular de levaduras aisladas del masato, bebida fermentada tradicional de Perú (en línea). En: XIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería, VII Simposio Internacional de Producción de Alcoholes y Levaduras. Acapulco, México. Consultado 13 ago. 2016. Disponible en: http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJOS/A_REA_X/CX-06.pdf
5. Aristizábal, J. y Sánchez, T. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 134 p. (Boletín de servicios agrícolas de la FAO n. 163).
6. Arrabal, M. y Ciappini, M. 2000. Prueba de aceptabilidad en miel. Invenio. 3 (4/5): 141 - 147.

7. Bello, J. 2000. Ciencia Bromatológica: principios generales de los alimentos (en línea). Consultado 20 ago. 2016. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=94BiLLKBJ6UC&pg=PA177&lpg=PA177&dq=el+sabor+como+propiedad+sensorial&source=bl&ots=pOmOJSaymL&sig=TmlaR77frB31LRB3_WqeJax32P0&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwidx8iKo-3OAhXCQyYKHX11BNQ4ChDoAQgfMAE#v=onepage&q&f=false
8. Buitrago, J. 1990. La yuca en la alimentación animal. Cali, CO, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 450 p.
9. Burgos, A; Cenóz, P; López, A. y Rodríguez, S. 2005. Efecto de podas y del sistema de almacenamiento sobre factores de calidad de raíces de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Revista Agrotecnia. 15 (1): 17 – 21.
10. Cadavid, L. 2008. Fertilización del cultivo de la yuca (en línea). Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Consorcio Latinoamericano y del Caribe de apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (CLAYUCA). Consultado 14 ago. 2016. Disponible en: http://www.clayuca.org/clayucanet/edicion12/fertilizacion_yuca.pdf
11. Ceballos, H. y De la Cruz, G. 2002. La yuca en el Tercer Milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Cali, CO, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 16 - 32.
12. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1996. Cassava: The latest facts about an ancient crop. Cali, CO. 1 plegable.
13. Collazos, C; Alvistur, E; Vásquez, J; Quiroz, A; Herrera, N; Robles, N; Arias, M; Viñas, E; Urquieta, R; Días, C; Roca, A; Faching, A; Hernández, E; White, P; Bradfield, R; White, H. y Hegsted, M. 1996. Tablas peruanas de composición de alimentos. Eds. A Zavaleta; C Cabezas; OJ Chang; N

Baiochi. 7 ed. Lima, Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. 72 p.

14. Domínguez, C. 1983. Yuca: Investigación, producción y utilización. Cali, CO, Centro Internacional de Agricultura Tropical y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 660 p.
15. Durán, N. y Rojas, M. 2013. Propuesta metodológica para la evaluación de las características fisicoquímicas de dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), utilizadas como materia prima para la preparación de hojuelas fritas. *Scientia et Technica*. 18 (3): 553 – 560.
16. EMBRAPA (Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria, BR). 2011. Mandioca no Cerrado: orientações técnicas. Eds. J de Freitas y E Alano. Planaltina, DF, Embrapa cerrados. 208 p.
17. Emmanuel, O; Clement, A; Agnes, S; Chiwona-Karlton, L. y Drinah, B. 2012. Chemical composition and cyanogenic potential of traditional and high yielding CMD resistant cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties *International Food Research Journal*. 19 (1): 175 – 181.
18. EPA (Environmental Protection Agency, US). 1983. Methods for the Chemical Analysis of Water and Wastes. Office of Research and Development. Environmental Monitoring and Support Laboratory. ORD Publication Offices of Center for Environmental Research Information. Cincinnati, OH. (EPA/600/4-79/020).
19. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2003. Food energy: methods of analysis and conversion factors (en línea). Roma. 87 p. (Food and nutrition paper n. 77). Consultado 15 jun. 2016. Disponible en: http://www.fao.org/uploads/media/FAO_2003_Food_Energy_02.pdf

20. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2016. Raíces y tubérculos (en línea). Roma, IT. Consultado 2 ago. 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/ags/gestion-poscosecha/raices-y-tuberculos/es/>
21. FAO y OMS. 1991. Normas alimentarias. Comisión del Codex Alimentarius XII, Suplemento 4. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Organización Mundial de la Salud.
22. Fretes, F. 2010. Mandioca una opción industrial. Asunción, Agencia del Gobierno de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). 51 p.
23. Fuenmayor, F; Montilla, J; Albarrán, J; Pérez, M; Vaccarino, L. y Segovia, V. 2012. Evaluación y selección de clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del Plan Nacional de Semilla del INIA – Venezuela. Revista Científica UDO Agrícola. 12 (1): 17 – 24.
24. Girón, O; Ureña, M. y Arrigo, M. 1999. Evaluación sensorial de los alimentos: aplicación didáctica. Lima, Editorial Universitaria, Universidad Nacional Agraria La Molina. 197 p.
25. Gökmen, V. y S gut, I. 2007. A non – contact computer vision based analysis of color in foods. Int. J. Food Eng. 3 (5): 1 – 13.
26. Gómez, G. 1982. Cassava, cyanide and animal nutrition. In: Workshop on Cassava Toxicity and Thyroid: Research and Public Health Issues. May 31 - June 2. Ottawa, International Development Research Center.
27. Gómez, G; Santos, J. y Valdivieso, M. 1983. Utilización de raíces y productos de yuca en alimentación animal. En: Domínguez, C. Yuca: investigación, producción y utilización, pp. 48, 542, 543. Cali, CO,

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Centro Internacional de Agricultura Tropical.

28. Grández, G. 2008. Evaluación sensorial y físico-química de néctares mixtos de frutas a diferentes proporciones. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. 89 p.
29. Gray, C. 2012. Estudio de prefactibilidad para instalar una parafinadora de yuca (en línea). Consultado 25 ago. 2016. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/111576103/ESTUDIO-DE-PREFACTIBILIDAD-YUCA>
30. Hoover, R. and Ratnayake, WS. 2001. Determination of Total Amylose Content of Starch. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. E2.3.1 - E2.3.5.
31. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR). 2004. Cadena Agroindustrial: Yuca (en línea). Consultado 3 ago. 2016. Disponible en: <http://www.renida.net.ni/renida/iica/e14-j60-yc.pdf>
32. Jiménez, E. y Martínez, S. 2016. Obtención y caracterización física y química del almidón de yuca (*Manihot esculenta*) variedad guayape. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lambayeque, Perú. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias. 116 p.
33. Ladeira, T; Souza, H. y Pena R. 2013. Characterization of the roots and starches of three cassava cultivars. International Journal of Agricultural Science Research. 2 (1): 12 – 20.
34. Lawless, H. y Heymann, H. 2010. Sensory evaluation of food: principles and practices. 2 ed. New York, Springer. 596 p.

35. Marín, A; Perdomo, D; Albarrán, J; Fuenmayor, F. y Zambrano, C. 2008. Evaluación agronómica, morfológica y bioquímica de clones élites de yuca a partir de vitroplantas. *Interciencia*. 33 (4): 365 – 371.
36. Oke, O. 1982. Tratamiento y Detoxificación de la Yuca. En: Toxicidad de la Yuca y Tiroides: Aspectos de Investigación y Salud. p. 131 – 135. May 31 – June 2. Ottawa, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.
37. Oyewole, OB. and Obieze N. 1995. Processing and characteristics of tapioca meal from cassava. *Tropical Science*. 35 (4): 401 – 404.
38. Pedreschi, F; Aguilera, J. y Pyle, L.2006. Acrylamide content and color development in fried potato strips. *Food Res. Int.* 39 (1): 40 – 46.
39. Petrozzi, S; Ziolk, T. and Diezi, S. 2007. Determination of Free Cyanide and Weak Acid Dissociable Cyanide in Waste Water and Sludge using classical Kjeldahl instrumentation for steam distillation (en línea). Büchi Labortechnik AG. Flawil, CH. Consultado 15 mayo de 2016. Disponible en:
http://www.buchi.com/sites/default/files/downloads/Poster_Cyanide_in_Water_and_Sludge.pdf
40. Pittier, H. 1926. Manual de las plantas comunes de Venezuela. Caracas, Litografía del Comercio. 458 p.
41. Ramírez, J. 2012. Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *ReCiTeIA*.12 (1): 83 – 102.
42. Reina, C; Barrero, C. y Lopez, D. 1996. Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para la yuca (*Manihot esculenta*) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola. Neiva, Colombia. Universidad Surcolombiana, Facultad de Ingeniería. 113 p.

43. Ríos, LL; Arévalo, G. y Guillén, W. 2009. Yuca (*Manihot esculenta*). En: Banco de Germoplasma de la SUDIRGEB – INIA. p. 81 – 96. Lima, Instituto Nacional de Investigación Agraria, Subdirección de Recursos Genéticos y Biotecnología.
44. Sahin, S. y Sumnu, S. 2009. Advances in deep – fat frying of foods. USA: CRC Press Taylor & Francis Group.
45. Sánchez, T. 2004. Evaluación de 6000 variedades de yuca. Cali, CO, Programa Mejoramiento de yuca – Centro Internacional de Agricultura Tropical.
46. Schnee, L. 1973. Plantas comunes de Venezuela. 2 ed. Caracas, Maracay: Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 806 p.
47. Vega, M. 2010. Desarrollo tecnológico de la mandioca en Brasil (en línea). Asunción, PY. Consultado 13 ago. 2016. Disponible en: <http://www.abc.com.py/articulos/desarrollo-tecnologico-de-la-mandioca-en-brasil-168618.html>
48. Velarde, D. 2007. Catálogo de las colecciones nacionales: Banco de Germoplasma de la SUDIRGEB – INIEA. Eds. LL Ríos; F Carrillo y R Estrada. Lima, Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria, Subdirección de Recursos Genéticos y Biotecnología.
49. Watts, B; Ylimaki, G; Jeffery, L. y Elias, L. 1989. Basic sensory methods for food evaluation. Ottawa, CAN, International Development Research Centre.170 p.
50. Wheatley, C. 1983. Almacenamiento de raíces frescas de yuca. Guía de estudio. Cali, CO, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 35 p.

51. Wheatley, C. 1991. Calidad de las raíces de yuca y factores que intervienen en ella. Mejoramiento genético de la yuca en América Latina. Cali, CO, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 267 – 291.

52. Zamora, E. 2007. Evaluación Objetiva de la Calidad Sensorial de Alimentos procesados. Ed. R Torricella. La Habana, Editorial Universitaria. 270 p.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Diseño de la investigación
<p>Problema general ¿Cuáles serán los cultivares de yuca con mejores aptitudes para la agroindustria, según el análisis de sus características fisicoquímicas y sensoriales?</p>	<p>Objetivo general Analizar las características fisicoquímicas y sensoriales de los veinte cultivares de yuca, con la finalidad de rescatar y valorizar a aquellos con mejores aptitudes para la agroindustria.</p>	<p>Hipótesis general Si se analizan las características fisicoquímicas y sensoriales de los veinte cultivares de yuca, se podrán rescatar y valorizar a aquellos con mejores aptitudes para la agroindustria.</p>	<p>Variable independiente Veinte cultivares de yuca (Manihot esculenta Crantz).</p> <p>Indicadores Madurez comercial.</p> <p>Variables dependientes Características fisicoquímicas y sensoriales de los cultivares de yuca (Manihot esculenta Crantz).</p>	<p>Tipo de investigación Descriptiva.</p> <p>Nivel de investigación Experimental.</p> <p>Diseño de la investigación Experimental.</p>
<p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles serán los cultivares de yuca de mejor calidad industrial, según sus características fisicoquímicas? ¿Cuáles serán los cultivares de yuca de mejor calidad culinaria, según sus características sensoriales? 	<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar las características fisicoquímicas de los cultivares de yuca seleccionados, para elegir a aquellos de mejor calidad industrial. Evaluar las características sensoriales de los cultivares de yuca seleccionados, para escoger a aquellos de mejor calidad culinaria. 	<p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> Si se determinan las características fisicoquímicas de los cultivares de yuca seleccionados, se podrán elegir a aquellos de mejor calidad industrial. Si se evalúan las características sensoriales de los cultivares de yuca seleccionados, se podrán escoger a aquellos de mejor calidad culinaria. 	<p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> Análisis proximal. pH. ATT, SST e Índ. Madurez. Rendimiento de almidón, contenidos de amilosa y amilopectina. Contenido de ácido cianhídrico. Color. Textura. Sabor. Aspecto general. 	

Anexo 2. Procedencia de los cultivares promisorios de yuca

Código Nacional	País	Región	Provincia	Distrito
		9		
PER011682	Perú	Ancash	Santa	Santa
		12		
PER011685	Perú	Apurímac	Abancay	Abancay
		28		
PER011701	Perú	Huánuco	Huacaybamba	Cochabamba
		38		
PER011711	Perú	Huánuco	Huacaybamba	Cochabamba
		94		
PER011767	Perú	Lima	Cañete	San Antonio
		120		
PER011793	Perú	Lima	Lima	La Molina
		131		
PER011804	Perú	Loreto	Maynas	Iquitos
		154		
PER011827	Perú	San Martín	San Martín	Tarapoto
		161		
PER011834	Perú	San Martín	San Martín	Tarapoto
		171		
PER011844	Perú	Tumbes	Tumbes	Tumbes
		196		
PER011869	Bolivia	Santa Cruz	Santa Cruz	-
		233		
PER011906	Colombia	-	-	-
		368		
PER012041	Perú	Ucayali	Padre Abad	Irázola
		399		
PER012072	Perú	Ucayali	Padre Abad	Irázola
		501		
PER012174	Perú	Ucayali	Coronel Portillo	Callería
		509		
PER012182	Perú	Ucayali	Coronel Portillo	Callería
		513		
PER012186	Perú	Ucayali	Coronel Portillo	Callería
		596		
PER012269	Perú	Ucayali	Coronel Portillo	Callería
		681		
PER012354	Perú	San Martín	Rioja	Awajun
		741		
-	-	-	-	-

Fuente: Velarde (2007).

Anexo 3. Métodos empleados en la caracterización fisicoquímica

Análisis proximal: La composición proximal de los cultivares de yuca se determinó de acuerdo a los métodos oficiales de la AOAC.

- **Contenido de humedad:** fue determinado por el método estándar oficial, mediante el secado de 5 g de yuca fresca como muestra colocados en placas Petri, dentro de un horno de aire forzado a 105 °C durante 6 horas, hasta peso constante. Las placas se enfriaron en un desecador y se pesaron. El contenido de humedad se expresó como porcentaje de la diferencia de peso de la muestra inicial. Se repitió el mismo procedimiento para la harina de yuca con el fin de realizar la corrección de los demás componentes proximales en base seca.

El cálculo del porcentaje de humedad se realizó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{(Wp_2 - Wp_1)}{m} \cdot 100$$

Donde:

- Wp_1 : peso de la placa (g).
- Wp_2 : peso de la placa más la muestra seca (g).
- m : peso de la muestra antes del secado (g).

El cálculo de lo materia seca, se realizó por diferencia.

$$\% \text{ de Materia Seca} = 100 - \% \text{ de Humedad}$$

- Ñ **Contenido de proteína cruda:** se determinó utilizando el método de Kjeldahl. Se tomaron 0,25 g de harina de yuca como muestra, se depositaron en un tubo Kjeldahl y se añadieron 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, además de 1 g de catalizador Kjeldahl (sulfato de potasio y sulfato cúprico). La mezcla se procesó en un digestor Büchi K-439 durante 165 minutos a 480°C. La muestra digerida se enfrió y se añadieron 75 mL

de agua destilada seguidos de 50 mL de solución de hidróxido de sodio al 40%. El amoníaco formado en la mezcla fue destilado posteriormente al vapor en la unidad de destilación Büchi K-355, el destilado se recibió en 25 mL de solución de ácido bórico al 2% que contenía 0,5 mL de indicador (verde de bromocresol). A continuación, el destilado recogido se valoró con HCl 0,05 N. La valoración del blanco se llevó a cabo en el reactivo y se calculó el nitrógeno en la muestra. El contenido de nitrógeno se multiplicó por 6,25 para obtener el contenido de proteína cruda.

El cálculo del porcentaje de proteínas se realizó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Nitrógeno total} = N \text{ HCl} \cdot \frac{(V_2 - V_1)}{m} \cdot 0,014 \cdot 100$$

$$\% \text{ de Proteína} = \% \text{ de Nitrógeno} \cdot 6,25$$

Donde:

- N HCl: normalidad del ácido clorhídrico (mEq / mL).
- V_1 : volumen de ácido clorhídrico consumido en la valoración del blanco (mL).
- V_2 : volumen de ácido clorhídrico consumido en la valoración de la muestra (mL).
- 0,014: miliequivalente del nitrógeno (g / mEq).
- m: peso de la muestra (g).
- 6,25: factor de conversión de nitrógeno a proteína cruda. La mayoría de proteínas contienen 16 % de nitrógeno ($100/16 = 6,25$).

Ñ **Contenido de grasa bruta:** se determinó por el método estándar oficial, utilizando un aparato de Soxhlet. Se colocaron 3 g de harina de yuca como muestra en un cartucho de papel filtro y se extrajo con éter de petróleo aproximadamente por 6 horas. El aceite se secó adicionalmente en un horno de aire caliente a 100 °C durante 30 minutos para eliminar el disolvente residual y la humedad. El matraz que contenía el aceite

extraído se enfrió en un desecador y se pesó. La cantidad de aceite obtenido se expresó como porcentaje del peso inicial de la muestra.

El cálculo del porcentaje de grasa cruda se realizó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Grasa} = \frac{(Wb_2 - Wb_1)}{m} \cdot 100$$

Donde:

- Wb_1 : peso del balón (g).
- Wb_2 : peso del balón más el aceite luego del secado (g).
- m : peso de la muestra (g).

Ñ **Contenido de cenizas:** se determinó por el método estándar oficial, utilizando una mufla. Se pesaron 2 g de harina de yuca como muestra en crisoles de peso conocido y se colocaron en las cámaras de la mufla a 600 °C hasta que las muestras se convirtieran en cenizas. Los crisoles se retiraron, se enfriaron en un desecador y se pesaron. El contenido de cenizas se expresó como porcentaje del peso de la muestra inicial.

El cálculo del porcentaje de cenizas se realizó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Cenizas} = \frac{(Wc_2 - Wc_1)}{m} \cdot 100$$

Donde:

- Wc_1 : peso del crisol (g).
- Wc_2 : peso del crisol más cenizas (g).
- m : peso de la muestra (g).

Ñ **Contenido de fibra cruda:** se utilizaron 2 gramos de muestra de harina de yuca desengrasada con éter de petróleo. Esto se transfirió a un beaker de 1 L. Se añadieron alrededor de 200 mL de solución al 1,25 % de ácido sulfúrico en ebullición y el matraz se colocó en una placa caliente y se hirvieron durante 30 minutos. El contenido se filtró y el residuo se lavó con 50 - 70 mL de agua destilada. El residuo fue removido y se añadieron 200

ml de solución al 1,25 % de hidróxido de sodio hirviendo y se mantuvo en ebullición durante 30 minutos. El contenido se filtró y el residuo se lavó con agua destilada. Después, el residuo fue transferido a un crisol de calcinación y se secó a 130 °C durante 2 horas, se enfrió en un desecador y se pesó. Después, esto se incineró en una mufla a 600 °C, se enfrió y se volvió a pesar. La diferencia de peso fue tomada como fibra cruda.

El cálculo del porcentaje de fibra cruda se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Fibra cruda} = \frac{(W_{C_2} - W_{C_1})}{m} \cdot 100$$

Donde:

- W_{C_1} : peso del crisol más cenizas (g).
- W_{C_2} : peso del crisol más residuo seco (g).
- m : peso de la muestra (g).

Ñ **Carbohidratos totales:** Los carbohidratos fueron calculados por diferencia de 100 menos los componentes proximales, sin incluir fibra dietaria, según lo descrito por Collazos (1996), como se muestra a continuación:

$$\% \text{ de Carbohidratos totales} = 100 - (H + P + G + C)$$

Donde: el porcentaje de Humedad (H), proteína cruda (P), grasa cruda (G) y cenizas (C).

Los componentes proximales como el porcentaje de proteína, grasa, cenizas, carbohidratos totales, además de la fibra cruda pertenecientes a la harina de yuca (parcialmente seca), fueron corregidos para ser expresados en base húmeda y base seca, empleando las siguientes fórmulas:

$$\text{Componente en base húmeda (\%)} = \frac{MS_1}{MS_2} \cdot CP$$

Donde:

- CP: componente proximal o fibra cruda en la harina de yuca (%).
- MS₁: materia seca de la yuca fresca (%).
- MS₂: materia seca de la harina de yuca (%).

$$\text{Componente en base seca (\%)} = \frac{CBH}{MS_1} \cdot 100$$

Donde:

- CBH: componente de la yuca fresca, es decir, en base húmeda (%).
- MS₁: materia seca de la yuca fresca (%).

Contenido energético: fue expresado en kilocalorías (Kcal/100g). Los valores energéticos fueron calculados empleando los factores Atwater específicos recomendados por la FAO (2003), utilizando el contenido de proteína, grasa y carbohidratos totales en la yuca fresca (base húmeda) y la yuca como alimento seco (base seca), el procedimiento se muestra a continuación:

$$\text{Energía disponible (Kcal/100 g)} = P \cdot (2,78) + G \cdot (8,37) + CT \cdot (3,84)$$

Donde: el porcentaje de proteínas (P), grasa cruda (G) y carbohidratos totales (CT).

Determinación del potencial de hidrogeniones (pH): se determinó utilizando un potenciómetro como lo describe el método oficial de la AOAC. Se tomaron 10 g de yuca fresca picada como muestra, se adicionaron 90 mL de agua destilada. Se licuó hasta homogenizar, formándose una mezcla

uniforme. Se tomó una porción de la mezcla en la cual se sumergió el electrodo (previa calibración a pH 4 y 7) y se realizó la lectura del pH. Finalmente se retiró el electrodo y se enjuagó con agua destilada.

Determinación de la acidez total titulable: se determinó la acidez total por titulación potenciométrica como lo describe el método oficial de la AOAC. En un vaso de precipitado se tomaron 40 mL de la mezcla licuada para la medición del pH y se agregaron 3 gotas de fenolftaleína al 1%. Se neutralizó con una solución estandarizada de hidróxido de sodio 0,01 N hasta un pH de 8,1 en agitación constante. Se registró el gasto de NaOH y se enjuagó el electrodo con agua destilada.

El cálculo de la acidez total titulable se hizo en base al porcentaje de ácido láctico (g de ácido láctico por cada 100 g de yuca fresca), tal como se muestra a continuación:

$$\% \text{ de ácido láctico (g / 100 g)} = \frac{V \cdot N \cdot F}{m} \cdot 100$$

Donde:

- V: volumen del NaOH (mL).
- N: normalidad de NaOH (mEq / mL).
- F: factor del ácido láctico (0,09 g / mEq).
- m: peso de muestra (g).

Determinación de sólidos solubles totales: se determinó por refractometría por el método oficial de la AOAC. Se tomaron 10 g de yuca picada como muestra, se trituró y recolectó el jugo dejando en reposo por 5 minutos para facilitar la sedimentación del almidón. Se colocaron unas gotas de jugo sobre el prisma de un brixómetro (previamente calibrado con agua destilada). Se realizó la lectura de los °Brix. Se enjuagó el prisma con agua destilada.

Índice de madurez: se calculó por división de los sólidos solubles totales y la acidez total titulable, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{°Brix}}{\% \text{ de ácido láctico}}$$

Rendimiento de almidón: el método utilizado para la extracción del almidón por vía húmeda fue el descrito por Oyewole y Obieze (1995). Se tomaron 100 g de yuca fresca picada como muestra y se añadieron 200 mL de agua destilada, ésta mezcla se licuó con el objetivo de liberar los gránulos de almidón de las células de las raíces de yuca. Utilizando una malla fina se filtró la mezcla, separando así el material fibroso contenido en la pulpa, el cual se lavó con agua destilada para asegurar la extracción completa del almidón. El líquido lechoso se filtró nuevamente en un tamiz de malla metálica para separar las partículas de fibra restantes, luego se trasvasó a un recipiente plástico donde el almidón fue sedimentado de 4 o 6 horas antes de decantar. Finalmente el sobrenadante se decantó, el almidón extraído se trasvasó en placas Petri previamente pesadas y se secaron en la estufa a 60 °C durante 18 horas. Una vez que el almidón fue secado completamente se retiraron las placas y se enfriaron en un desecador, luego de 15 a 20 minutos se procedió con el pesado. La humedad del almidón estuvo en el rango de 11 a 13 %, el cual se trituró y se envasó en bolsas de polietileno para permitir su conservación y posterior análisis.

El cálculo del porcentaje de almidón se realizó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento de almidón (\%)} = \frac{(Wp_2 - Wp_1)}{m} \cdot 100$$

Donde:

- Wp_1 : peso de la placa.
- Wp_2 : peso de la placa más el almidón seco.
- m : peso de la muestra de yuca fresca.

Contenido de amilosa y amilopectina en almidón de yuca: el contenido de amilosa se determinó utilizando el método empleado por Hoover y Ratnayake (2001). Se disolvieron 20 mg de muestra de almidón en 8 mL de dimetilsulfóxido al 90 % (preparado un día antes), se agitó vigorosamente por 20 minutos, y posteriormente se calentó a 85 °C durante 15 minutos. Después se dejó enfriar y se aforó con agua destilada a un volumen de 25 mL. Se transfirió 1 mL de esta solución a un matraz aforado de 50 mL, se agregaron 40 mL de agua destilada y 5 mL de una solución de I₂/KI (I₂ a 0,0025 M y KI a 0,0065 M), se aforó con agua destilada y se dejó reposar por 15 minutos a una temperatura de 18 a 22 °C. Finalmente, se midió la absorbancia a 600 nm contra un blanco de reactivo como referencia. Adicionalmente se prepararon una serie de mezclas de amilosa y amilopectina puras de patata (0, 10, 20, 40, 50, 60, 80, 90, 100 %), se siguió el mismo procedimiento utilizado en la muestra de almidón. Se construyó una curva estándar (figura 5) con las absorbancias reportadas por las mezclas, donde x = % de amilosa e y = absorbancia a 600 nm, se encontró la ecuación de regresión y se cuantificó el contenido total de amilosa de cada muestra de almidón.

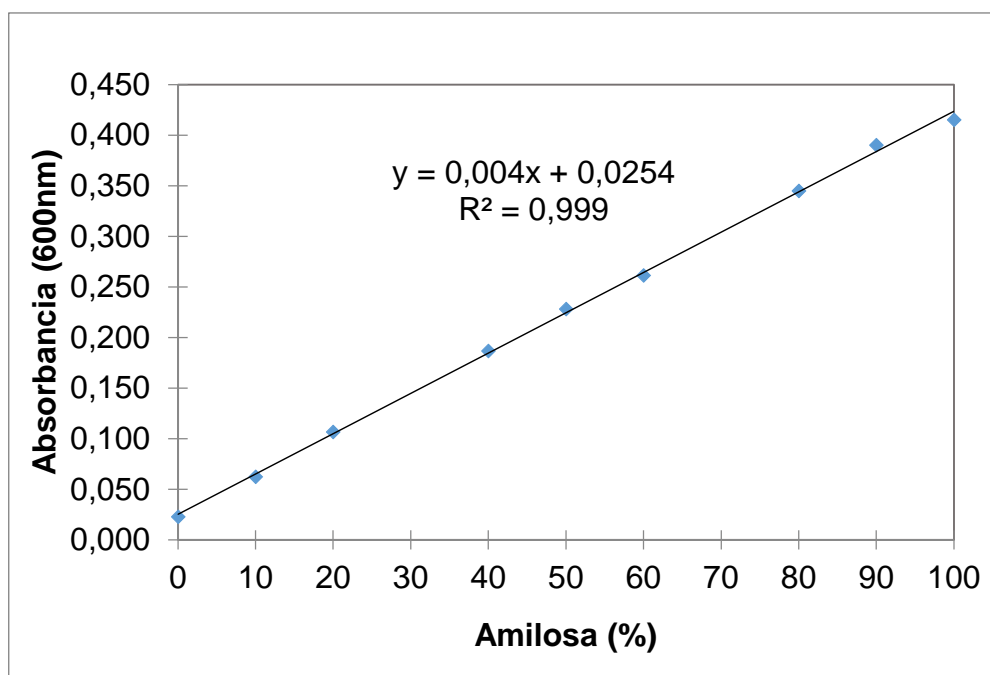


Figura 5. Curva estándar de Amilosa Vs. Absorbancia.

Para el cálculo del porcentaje de amilosa se utilizó la ecuación de la curva estándar, la cual se muestra a continuación:

$$y = 0,004x + 0,0254$$

$$x = \frac{y - 0,0254}{0,004}$$

Donde:

- x: contenido de amilosa (%).
- y: absorbancia a 600 nm.

El cálculo del porcentaje de amilopectina se realizó por diferencia.

$$\text{Contenido de amilopectina (\%)} = 100 \% - \text{Contenido de amilosa (\%)}$$

Contenido de ácido cianhídrico: se determinó utilizando los métodos EPA 9010C y 9014, para la destilación de las muestras y medición colorimétrica por espectrofotometría respectivamente.

Ñ **Curva de estándar de cianuro:** se preparó una solución stock de cianuro de potasio (1000 000 $\mu\text{g CN}^-/\text{L}$), para lo cual se disolvieron 0,125 g de KCN y 0,1 g de KOH con agua destilada en una fiola de 50 mL. Luego se preparó una solución intermedia de KCN (100 000 $\mu\text{g CN}^-/\text{L}$), diluyendo 2,5 mL de solución stock de KCN con agua destilada en una fiola de 25 mL. Después se preparó una solución de trabajo de KCN (10 000 $\mu\text{g CN}^-/\text{L}$), donde se diluyeron 2,5 mL de solución intermedia de KCN y 0,25 mL de solución de NaOH 1N, con agua destilada en una fiola de 25 mL. Se prepararon una serie de estándares (Cuadro 9) tomando los volúmenes adecuados de la solución de trabajo de KCN en fiolas de 5 mL, se añadió 1 mL de solución de NaOH 1,25 N, se enrazaron con agua destilada y se agitaron.

Cuadro 9. Estándares de la solución de trabajo de KCN

Solución de trabajo (mL)	Concentración de CN ⁻ (µg/L)
0	Blanco
0,02	40
0,04	80
0,1	200
0,2	400
0,3	600
0,4	800

Se tomaron los 5 mL de cada estándar en una fiola de 10 mL, se adicionaron 1,5 mL de solución de fosfato de sodio 1M y se mezclaron, luego se agregaron 0,2 mL de solución de cloramina - T (0,44%). Después de 2 minutos, se adicionaron 0,5 mL de solución de ácido piridina – barbitúrico, enrazando finalmente con agua destilada y se mezcló nuevamente. Se reposó 8 minutos para permitir el desarrollo del color, luego se procedió a realizar la lectura de absorbancia a 578 nm (antes de 15 minutos). Las concentraciones finales de CN⁻ en los estándares se convirtieron a la mitad que las utilizadas inicialmente, dejando estos valores entre 20 y 400 µg/L, con fines prácticos estos fueron expresados en mg/L. Finalmente se preparó una curva estándar (figura 6), trazando las concentraciones de cianuro (mg/L) frente a sus correspondientes valores de absorbancia.

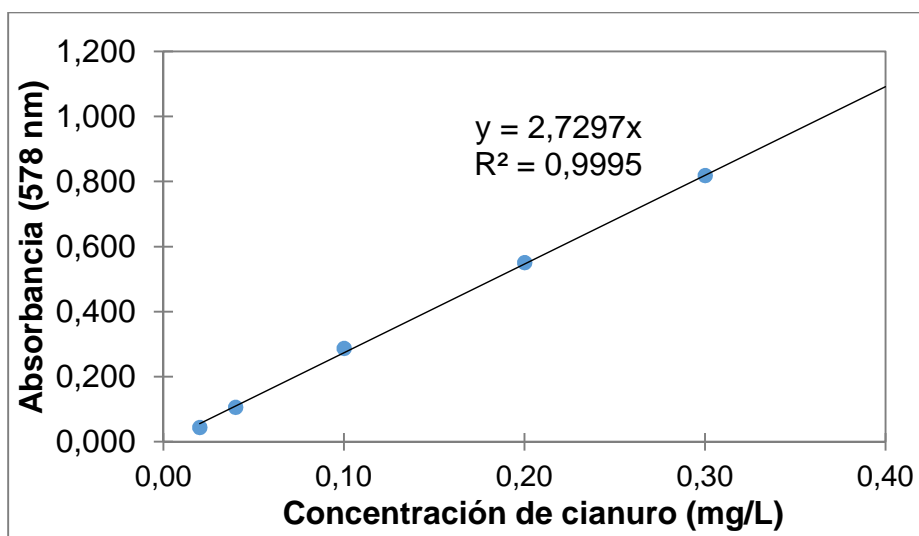


Figura 6. Curva estándar de Cianuro Vs. Absorbancia.

Ñ **Destilación de la muestra:** se pesaron 10 g de yuca (descongelada) como muestra y se añadieron 90 mL de agua destilada, el total fue licuado hasta su completa homogenización. La mezcla se dejó en reposo durante 2 horas, luego se trasvasó a un tubo de destilación Kjeldahl, donde se añadieron 0,4 mL de solución de cloruro de magnesio 2,5 M (catalizador) y 1 mL de solución de ácido sulfúrico 18 N, y se ajustó el tubo a la unidad de destilación Büchi K-355, el tiempo de destilación fue de 3.1 minutos y energía de vapor de 90 %. El destilado se recolectó en una fiola de 100 mL, la cual contenía 10 mL de NaOH 1,25 N.

Ñ **Lectura de absorbancia en las muestras:** Para medir la absorbancia de las muestras destiladas, se tomó una alícuota de 0,5 mL en una fiola de 5 mL, donde se adicionaron las soluciones de fosfato de sodio, cloramina - T y ácido piridina – barbitúrico utilizadas anteriormente, utilizando sólo la mitad de los volúmenes utilizados en los estándares, y se enrazó con agua destilada. La lectura se realizó a 578 nm contra un blanco de reactivo como referencia.

El contenido de cianuro (CN^-) se calculó con la ecuación de la curva estándar:

$$y = 2,7297x$$

$$x = \frac{y}{2,7297}$$

Donde:

- x: contenido de cianuro (mg/L).
- y: absorbancia a 578 nm.

El contenido de ácido cianhídrico expresado en base húmeda se calculó utilizando la siguiente formula:

$$\text{Ácido cianhídrico (mg/Kg)} = \frac{x \cdot V_3 \cdot F \cdot V_1 \cdot 27}{V_2 \cdot m \cdot 26}$$

Donde:

- x: contenido de cianuro (mg / 1000 mL).
- F: factor para convertir CN⁻ a mg/Kg (1000 g).
- V₁: volumen del destilado (mL).
- V₂: volumen de la alícuota (mL).
- V₃: volumen a diluir (mL).
- m: muestra de yuca descongelada (g).
- 26 y 27: masa molar del CN⁻ y HCN, respectivamente (g/mol).

El contenido de ácido cianhídrico (HCN) en base húmeda fue convertido a base seca, utilizando los siguientes datos:

$$\text{Ácido cianhídrico en B.S. (mg/Kg)} = \frac{\text{HCN}}{\text{MS}} \cdot 100 \%$$

Donde:

- HCN: contenido de ácido cianhídrico en base húmeda (mg/Kg).
- MS: materia seca de la yuca fresca (%).

Anexo 4. Ficha de evaluación sensorial para yucas cocidas

Producto :

Hora :

Fecha :

Lugar :

Por favor marque con el símbolo “X” el puntaje correspondiente a cada atributo indicado, de acuerdo a la escala que presentan las muestras.

ATRIBUTOS	ESCALA		MUESTRAS				
Color	5	Me gusta mucho					
	4	Me gusta					
	3	Ni gusta ni disgusta					
	2	Me disgusta					
	1	Me disgusta mucho					
Textura	5	Me gusta mucho					
	4	Me gusta					
	3	Ni gusta ni disgusta					
	2	Me disgusta					
	1	Me disgusta mucho					
Sabor	5	Me gusta mucho					
	4	Me gusta					
	3	Ni gusta ni disgusta					
	2	Me disgusta					
	1	Me disgusta mucho					
Aspecto general	5	Me gusta mucho					
	4	Me gusta					
	3	Ni gusta ni disgusta					
	2	Me disgusta					
	1	Me disgusta mucho					

Comentarios:

.....

Anexo 5. Resultados del análisis de varianza

Característica	Valor calculado	Valor teórico	Valor p	Conclusión
Humedad	$F_{cal} = 178,55$	$F_{crít} = 1,856$	$p < 0,0001$	$F_{cal} > F_{crít}$
Materia seca	$F_{cal} = 178,55$	$F_{crít} = 1,856$	$p < 0,0001$	$F_{cal} > F_{crít}$
Proteínas	$F_{cal} = 1502,54$	$F_{crít} = 1,856$	$p < 0,0001$	$F_{cal} > F_{crít}$
Grasa	$F_{cal} = 82,91$	$F_{crít} = 1,856$	$p < 0,0001$	$F_{cal} > F_{crít}$
Cenizas	$F_{cal} = 38,15$	$F_{crít} = 1,856$	$p < 0,0001$	$F_{cal} > F_{crít}$
Carbohidratos totales	$F_{cal} = 54,57$	$F_{crít} = 1,856$	$p < 0,0001$	$F_{cal} > F_{crít}$
Fibra cruda	$F_{cal} = 64,72$	$F_{crít} = 1,856$	$p < 0,0001$	$F_{cal} > F_{crít}$
Energía	$F_{cal} = 26,63$	$F_{crít} = 1,856$	$p < 0,0001$	$F_{cal} > F_{crít}$
pH	$F_{cal} = 118,00$	$F_{crít} = 1,856$	$p < 0,0001$	$F_{cal} > F_{crít}$
Acidez	$F_{cal} = 124,96$	$F_{crít} = 1,856$	$p < 0,0001$	$F_{cal} > F_{crít}$
Sólidos solubles totales	$F_{cal} = 17944,16$	$F_{crít} = 1,856$	$p < 0,0001$	$F_{cal} > F_{crít}$
Índice de madurez	$F_{cal} = 211,56$	$F_{crít} = 1,856$	$p < 0,0001$	$F_{cal} > F_{crít}$
Almidón	$F_{cal} = 14,24$	$F_{crít} = 1,856$	$p < 0,0001$	$F_{cal} > F_{crít}$
Amilosa y amilopectina	$F_{cal} = 28,64$	$F_{crít} = 1,856$	$p < 0,0001$	$F_{cal} > F_{crít}$
Ácido cianhídrico	$F_{cal} = 2249,00$	$F_{crít} = 2,136$	$p < 0,0001$	$F_{cal} > F_{crít}$
Color	$T_2 = 8,04$	$F_{crít} = 1,626$	$p < 0,0001$	$T_2 > F_{crít}$
Textura	$T_2 = 6,13$	$F_{crít} = 1,626$	$p < 0,0001$	$T_2 > F_{crít}$
Sabor	$T_2 = 11,98$	$F_{crít} = 1,626$	$p < 0,0001$	$T_2 > F_{crít}$
Aspecto general	$T_2 = 7,57$	$F_{crít} = 1,626$	$p < 0,0001$	$T_2 > F_{crít}$

Anexo 6. Puntajes de los 20 cultivares de yuca, ordenados según atributo sensorial

Atributo: COLOR

Cult.	Jueces														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
9	4	4	4	4	4	4	5	5	3	2	3	4	4	4	5
12	3	3	2	4	5	3	3	3	4	3	3	4	4	4	4
28	4	4	4	3	2	3	3	2	2	1	3	4	4	3	5
38	3	2	4	3	3	3	5	3	2	1	4	3	3	2	4
94	3	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
120	4	4	4	4	3	2	4	4	4	3	4	3	5	4	5
131	5	3	2	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4
154	3	2	2	3	4	3	4	3	4	3	2	3	2	4	5
161	4	5	2	4	4	4	4	5	2	3	4	4	4	3	5
171	2	4	4	4	3	3	2	4	4	3	4	4	4	4	4
196	2	2	2	3	3	3	2	2	3	2	1	2	4	2	4
233	3	3	4	3	4	2	2	4	3	2	3	3	4	3	4
368	3	2	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
399	4	5	4	4	4	4	4	5	4	3	4	4	5	4	5
501	4	4	2	3	3	4	5	5	4	3	5	4	4	4	4
509	5	4	4	4	3	3	4	2	4	3	5	4	4	4	5
513	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4
596	4	5	4	3	4	3	5	4	4	3	4	5	4	4	5
681	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4
741	5	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	5	5	3	4

Atributo: TEXTURA

Cult.	Jueces														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
9	5	4	4	4	4	4	3	4	3	3	2	4	4	4	2
12	2	1	3	3	4	3	2	1	2	2	3	3	5	3	3
28	4	5	3	3	2	3	4	2	3	2	4	4	2	3	5
38	3	3	1	3	2	2	5	3	3	1	5	3	5	2	4
94	2	4	3	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	5
120	4	4	4	3	4	1	4	2	3	3	4	4	4	4	5
131	5	4	3	4	2	4	4	2	2	3	3	3	5	3	4
154	1	2	3	2	3	2	1	1	1	1	2	1	2	2	5
161	3	5	3	4	3	3	3	4	3	3	4	1	5	3	5
171	1	4	3	2	2	3	2	3	3	2	4	3	3	3	2
196	2	1	3	2	4	3	1	1	2	2	1	2	3	1	4
233	2	3	3	2	4	3	2	4	2	2	2	3	4	1	2
368	2	2	4	4	4	4	5	4	3	1	2	2	2	3	3
399	4	4	4	3	4	4	4	4	4	2	4	4	5	4	5
501	4	3	4	3	2	3	5	4	4	4	4	3	4	4	5
509	5	5	4	5	4	2	5	1	5	4	4	4	5	4	5
513	4	5	3	3	4	4	3	3	3	2	2	4	5	4	4
596	5	4	1	3	3	5	4	2	4	4	4	5	2	5	5
681	3	3	3	3	3	4	3	3	3	2	3	5	2	4	4
741	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	4

Atributo: SABOR

Cult.	Jueces														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
9	4	5	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4
12	3	2	3	2	4	3	2	3	2	3	4	3	3	3	3
28	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	5
38	3	4	1	3	3	3	5	3	2	1	4	3	3	3	3
94	3	5	3	4	4	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3
120	4	4	4	4	4	3	4	3	3	3	4	4	4	4	5
131	5	3	3	4	4	4	3	3	2	3	3	3	4	4	4
154	2	2	1	3	3	3	2	2	1	2	2	2	1	3	5
161	5	4	2	4	4	4	4	4	2	3	3	3	3	3	5
171	2	4	3	3	4	3	3	3	4	3	4	4	4	4	4
196	2	1	1	3	3	3	2	1	2	2	2	2	3	3	4
233	3	3	3	3	4	3	2	3	2	2	3	3	3	1	4
368	3	2	3	4	3	4	3	3	2	2	2	2	2	3	3
399	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4
501	4	3	4	3	3	3	5	4	4	3	5	4	3	4	5
509	5	4	4	5	4	3	5	3	3	3	4	3	4	4	5
513	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
596	5	5	4	3	4	5	5	4	3	3	3	4	4	5	4
681	4	4	3	3	4	4	3	3	3	2	4	4	3	4	4
741	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	3	4

Atributo: ASPECTO GENERAL

Cult.	Jueces														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
9	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4
12	3	2	1	2	4	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3
28	4	3	4	3	3	3	5	2	2	1	3	3	4	3	5
38	3	3	3	3	3	3	5	3	2	1	4	3	3	2	3
94	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4
120	4	4	4	4	4	2	5	4	3	3	4	4	2	4	5
131	5	4	2	4	4	4	4	4	2	3	4	3	4	4	4
154	3	3	2	3	3	3	2	2	1	2	2	2	2	3	5
161	4	5	2	4	3	4	4	5	2	3	4	3	3	3	5
171	3	4	4	3	3	3	2	4	4	3	4	4	4	4	4
196	3	3	3	3	4	3	1	1	1	2	1	2	2	1	4
233	3	3	4	3	4	2	3	5	2	2	4	3	4	1	4
368	3	2	4	4	3	3	2	2	2	1	2	2	2	2	3
399	4	4	4	3	4	4	4	5	5	3	4	4	5	4	5
501	4	4	4	3	3	3	5	5	4	4	5	4	3	4	4
509	5	3	4	5	4	3	5	3	4	3	4	3	4	4	5
513	4	4	4	3	5	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
596	4	4	4	3	4	4	5	4	4	4	4	5	3	5	5
681	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	2	4	4
741	5	3	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	3	2	4

Anexo 7. Fotografías de los cultivares de yuca



Figura 7. Raíces del cultivar 9.

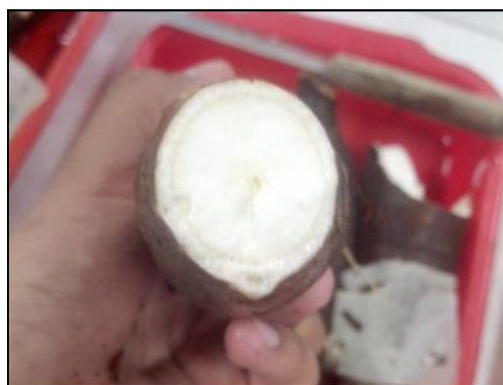


Figura 8. Corte transversal de la raíz del cultivar 9.



Figura 9. Raíces del cultivar 12.



Figura 10. Corte transversal de la raíz del cultivar 12.



Figura 11. Raíces del cultivar 28.



Figura 12. Raíz del cultivar 38.



Figura 13. Corte transversal de la raíz del cultivar 38.



Figura 14. Raíz del cultivar 94.

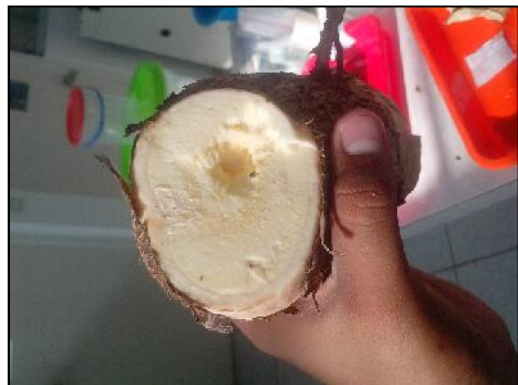


Figura 15. Corte transversal de la raíz del cultivar 94.



Figura 16. Raíces del cultivar 120.



Figura 17. Corte transversal de la raíz del cultivar 120.



**Figura 18. Raíces del cultivar
131.**



**Figura 19. Raíces del cultivar
154.**



**Figura 20. Raíces del cultivar
161.**



**Figura 21. Raíces del cultivar
171.**



**Figura 22. Corte transversal
de la raíz del cultivar 171.**



**Figura 23. Raíces del cultivar
196.**



Figura 24. Corte transversal de la raíz del cultivar 196.



Figura 25. Raíz del cultivar 233.



Figura 26. Corte transversal de la raíz del cultivar 233.



Figura 27. Raíces del cultivar 368.



Figura 28. Corte transversal de la raíz del cultivar 368.



Figura 29. Raíces del cultivar 399.



Figura 30. Corte transversal de la raíz del cultivar 399.



Figura 31. Raíces del cultivar 501.



Figura 32. Corte transversal de la raíz del cultivar 501.



Figura 33. Raíces del cultivar 509.



Figura 34. Raíces del cultivar 513.

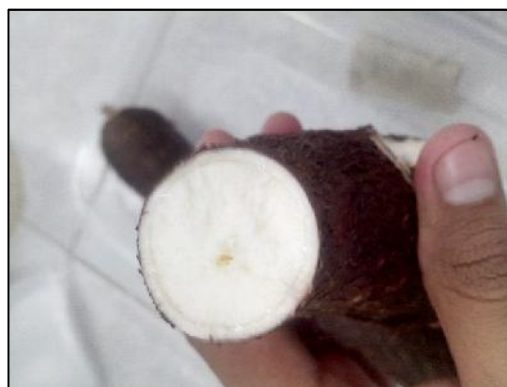


Figura 35. Corte transversal de la raíz del cultivar 513.



Figura 36. Raíces del cultivar 596.



Figura 37. Corte transversal de la raíz del cultivar 596.



Figura 38. Raíz del cultivar 681.



Figura 39. Corte transversal de la raíz del cultivar 596.



Figura 40. Raíces del cultivar 741.

Anexos 8. Fotografías del trabajo experimental



Figura 41. Campo de cultivo de yuca.



Figura 42. Cosecha de los cultivares promisorios de yuca.



Figura 43. Selección de las raíces de yuca.



Figura 44. Transporte de las raíces de yuca.



Figura 45. Caracterización biométrica de los cultivares de yuca.



Figura 46. Acondicionamiento de las muestras.



Figura 47. Medición del pH de las muestras.



Figura 48. Extracción del jugo de las muestras



Figura 49. Medición de los °Brix en el jugo de yuca



Figura 50. Determinación de la acidez total titulable.



Figura 51. Pesado de muestras para medición de humedad.



Figura 52. Estufa para el secado de muestras y placas.



Figura 53. Pesado de muestras para determinación de cenizas.



Figura 54. Calcinación de muestras de yuca.



Figura 55. Pesado de muestras para extracción de almidón.



Figura 56. Licuado previo a la extracción de almidón.



Figura 57. Primer filtrado: separación de materia fibrosa.



**Figura 58. Segundo filtrado:
separación de residuos de fibra.**



**Figura 59. Sedimentación del
almidón.**



Figura 60. Lavado del almidón.



**Figura 61. Trasvasado del almidón
en placas para el secado.**



**Figura 62. Conservación de
muestras de almidón seco.**



Figura 63. Trituración del almidón de yuca.



Figura 64. Amilopectina y amilosa utilizados en la curva estándar.



Figura 65. Dispersión de los gránulos de almidón



Figura 66. Muestras de almidón coloreadas para lectura de absorbancia.



Figura 67. Lectura de absorbancia en el almidón de yuca por medio del espectrofotómetro.



Figura 68. Pesado de muestras para el análisis de HCN.



Figura 69. Licuado de las muestras de yuca.



Figura 70. Reposo de las muestras antes de ser



Figura 71. Destilador Büchi K - 355



Figura 72. Destilación del HCN contenido en las muestras.



Figura 73. Determinación colorimétrica de HCN en muestras



Figura 74. Cocción de la yuca para el análisis sensorial.



Figura 75. Yucas cocidas enfriándose antes de ser servidas.



Figura 76. Preparación del aula para llevar a cabo el análisis sensorial.



Figura 77. Repartición de muestras codificadas.



Figura 78. Panel de jueces degustando las muestras de yuca.



Figura 79. Llenado de fichas de evaluación sensorial de yuca.