

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Profesional De Agronomía



TESIS

“RENDIMIENTO Y SÓLIDOS SOLUBLES DE TRES CULTIVARES DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) (Poepp. & Endl.) H. Robinson CON TRES NIVELES DE ABONO Y DOS DENSIDADES DE SIEMBRA”

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller:

LUIS RICARDO TERÁN ROMERO

Asesor:

DR. ING. JUAN FRANCISCO SEMINARIO CUNYA

CAJAMARCA – PERÚ

2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Luis Ricardo Terán Romero
DNI: 70611121
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
2. **Asesor:** Dr. Juan Francisco Seminario Cunya
Facultad/Unidad UNC: Ciencias Agrarias
3. **Grado académico o título profesional:**
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. **Tipo de Investigación:**
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. **Título de Trabajo de Investigación:** "RENDIMIENTO Y SÓLIDOS SOLUBLES DE TRES CULTIVARES DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) (Poepp. & Endl.) H. Robinson CON TRES NIVELES DE ABONO Y DOS DENSIDADES DE SIEMBRA"
6. **Fecha de evaluación:** 23/02/2026
7. **Software antiplagio:** ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 12%
9. **Código Documento:** oid: 3117:559828751
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 12%
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 25/02/2026

Firma y/o Sello Emisor Constancia
 Dr. Juan Francisco Seminario Cunya DNI: 26717651



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los nueve días del mes de febrero del año dos mil veintiséis, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 052-2026-FCA-UNC, de fecha 12 de enero del 2026**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"RENDIMIENTO Y SÓLIDOS SOLUBLES DE TRES CULTIVARES DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) (Poepp. & Endl.) H. Robinson CON TRES NIVELES DE ABONO Y DOS DENSIDADES DE SIEMBRA"**, realizada por el Bachiller **LUIS RICARDO TERÁN ROMERO** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las quince horas y cero minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las dieciséis horas y cinco minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Wilfredo Poma Rojas
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego
VOCAL

Dr. Juan Francisco Seminario Cunya
ASESOR

DEDICATORIA

Con mucha satisfacción y emoción dedico este proyecto, a mis padres Luis Ricardo Terán Chuquilín y María Ana Romero Romero y a mis hermanos, quienes formaron y guiaron mis pasos para convertirme en un buen ser humano. Y de manera particular a mi esposa e hija, quienes fueron fuente de motivación diaria para conseguir cada uno mis anhelos más deseados.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y permitir llevar con sabiduría el desarrollo de mi tesis.

De manera especial al Dr. Juan F. Seminario Cunya por su vasta experiencia y conocimientos que aportaron a mi desarrollo académico, brindándome su apoyo y motivación para encaminarme durante este proceso de titulación.

Finalmente expreso mi agradecimiento a mis estimados amigos del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad Nacional de Cajamarca quienes me apoyaron en la conducción de mi parcela experimental.

RESUMEN

El yacón es un cultivo andino promisorio debido a su alto valor nutricional y propiedades benéficas para la salud humana, sin embargo, su manejo agronómico presenta ciertas limitaciones, lo que conlleva a bajos rendimientos. Esta investigación evaluó la interacción de tres cultivares (C1, C2, C3), que corresponden a tres morfotipos (I, II y IX), tres niveles de abono (0, 0.75 y 1.5 t ha⁻¹) y dos densidades de siembra (1.10 y 0.90 m x 0.40 m) sobre el rendimiento y el contenido de sólidos solubles en las raíces frescas de yacón. El estudio se realizó en una parcela experimental del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad Nacional de Cajamarca, utilizando un diseño de Parcelas Sub-subdivididas en arreglo factorial 3 x 3 x 2 con 18 tratamientos y tres repeticiones. Los resultados mostraron que no existe interacción significativa entre los factores evaluados; sin embargo, el factor cultivar fue determinante en la respuesta del cultivo. El cultivar IX alcanzó los niveles más altos de rendimiento total y comercial de raíces con 104.1 y 85.4 t ha⁻¹, mientras que el cultivar I presentó el mayor contenido de sólidos solubles con 13.13 °Brix. Se concluye en que los cultivares de yacón en estudio presentan diferencias estadísticas significativas en el rendimiento y en el contenido de sólidos solubles, recomendándose el uso del cultivar C3 para consumo en fresco y el cultivar C1 para producción de raíces con alto contenido de °Brix.

Palabras clave: Yacón, rendimiento, sólidos solubles, morfotipo, densidad de siembra.

ABSTRACT

Yacon is a promising Andean crop due to its high nutritional value and beneficial properties for human health. However, its agronomic management presents certain limitations, leading to low yields. This research evaluated the interaction of three cultivars (C1, C2, C3), corresponding to three morphotypes (I, II, and IX), three fertilizer levels (0, 0.75, and 1.5 t ha⁻¹), and two planting densities (1.10 and 0.90 m x 0.40 m) on the yield and soluble solids content of fresh yacon roots. The study was conducted on an experimental plot of the Andean Roots and Tubers Program of the National University of Cajamarca, using a sub-subdivided plot design in a 3 x 3 x 2 factorial arrangement with 18 treatments and three replicates. The results showed that there was no significant interaction between the factors evaluated; however, the cultivar factor was decisive in the crop response. Cultivar IX achieved the highest total and commercial root yields with 104.1 and 85.4 t ha⁻¹, while cultivar I had the highest soluble solids content with 13.13 °Brix. It is concluded that the yacon cultivars under study show statistically significant differences in yield and soluble solids content, recommending the use of cultivar C3 for fresh consumption and cultivar C1 for the production of roots with high °Brix content.

Keywords: Yacon, yield, soluble solids, morphotype, planting density.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	v
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema de investigación	2
1.2. Formulación del problema de investigación	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Antecedentes de la investigación.....	5
1.2. Bases teóricas.....	12
1.2.1. Clasificación taxonómica	12
1.2.2. Nombres vulgares.....	13
1.2.3. Distribución.....	13
1.2.4. Zonas de producción	13
1.2.5. Ecología del yacón	14
1.2.6. Características morfológicas	14
1.2.7. Métodos de propagación	16
1.2.8. Composición química.....	17
1.2.9. Fructooligosacáridos (FOS)	18
1.2.10. Sólidos solubles.....	19
1.2.11. Refractómetro.....	19
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación	20
3.2. Materiales.....	22

3.2.1.	Material biológico	22
3.2.2.	Equipos	22
3.2.3.	Insumos.....	22
3.2.4.	Herramientas	23
3.2.5.	Otros materiales	23
3.3.	Condiciones climáticas.....	23
3.4.	Análisis físico químico del suelo.....	24
3.5.	Metodología	25
3.5.1.	Tratamientos en estudio.....	25
3.5.2.	Diseño experimental.....	26
3.5.3.	Características del área experimental	26
3.5.4.	Conducción del experimento.....	29
3.5.5.	Evaluaciones realizadas.....	30
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		34
4.1.	Variables relacionadas al rendimiento.....	34
4.1.1.	Altura de planta	34
4.1.2.	Número de tallos	36
4.1.3.	Número de raíces tuberosas.....	37
4.1.4.	Peso de raíces tuberosas	39
4.1.5.	Número de raíces comerciales.....	42
4.1.6.	Peso de raíces comerciales	43
4.1.7.	Diámetro de raíces comerciales.....	45
4.1.8.	Longitud de raíces comerciales	47
4.1.9.	Peso de cepa	50
4.1.10.	Peso de follaje	52
4.1.11.	Rendimiento total de raíces por hectárea	53
4.1.12.	Rendimiento de raíces comerciales por hectárea	56
4.2.	Materia seca	62
4.2.1.	Porcentaje de materia seca en las raíces	62

4.2.2.	Porcentaje de materia seca en la corona	65
4.2.3.	Porcentaje de materia seca en el follaje	67
4.2.4.	Materia seca y su distribución en los órganos de la planta	70
4.2.5.	Índice de cosecha	73
4.2.6.	Materia seca total en t ha ⁻¹	76
4.3.	Sólidos solubles	78
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		81
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		83
ANEXOS.....		89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tabla nutricional del yacón (100 g de raíz fresca, sin cáscara)	18
Tabla 2	Variables meteorológicas durante el periodo de agosto 2023 – junio 2024	24
Tabla 3	Características físicas y químicas del suelo donde se desarrolló el experimento	24
Tabla 4	Factores y niveles estudiados, y el total de tratamientos de la investigación	25
Tabla 5	Análisis de varianza (ANOVA) para la variable altura de planta (cm) en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón.....	34
Tabla 6	Promedio de altura de yacón (cm) para los factores densidad y abonamiento	35
Tabla 7	Análisis de varianza (ANOVA) para la variable número de tallos en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón	36
Tabla 8	Promedio de número de tallos de yacón con los factores abonamiento y cultivar ...	37
Tabla 9	Análisis de varianza (ANOVA) para la variable número raíces tuberosas en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón	38
Tabla 10	Promedio de número de raíces de yacón con los factores densidad, abonamiento y cultivar	38
Tabla 11	Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso de raíces tuberosas en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón.....	40
Tabla 12	Promedio de peso de raíces tuberosas de yacón con los factores densidad y abonamiento.....	41
Tabla 13	Análisis de varianza (ANOVA) para la variable número de raíces comerciales en el ensayo tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón.....	42
Tabla 14	Promedio de número de raíces comerciales de yacón con los factores densidad y abonamiento.....	43
Tabla 15	Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso de raíces comerciales en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón	44

Tabla 16 Promedio de peso de raíces comerciales de yacón con los factores densidad y abonamiento.....	45
Tabla 17 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable diámetro de raíces comerciales (cm) en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón	46
Tabla 18 Promedio del diámetro de raíces comerciales de yacón para densidad y abonamiento	47
Tabla 19 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable largo de raíces comerciales en el ensayo tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón.....	48
Tabla 20 Promedio del largo de raíces comerciales de yacón para el factor densidad	50
Tabla 21 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso de cepa en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón	50
Tabla 22 Promedio del peso de cepa de yacón para los factores densidad, abonamiento y cultivar	51
Tabla 23 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso de follaje en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón	52
Tabla 24 Promedio del peso de follaje de yacón para los factores densidad y abonamiento	53
Tabla 25 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable rendimiento de raíces por hectárea en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón	54
Tabla 26 Promedio del rendimiento de raíces por hectárea de yacón para los factores densidad y abonamiento.....	56
Tabla 27 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable rendimiento de raíces comerciales ha ⁻¹ en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón	56
Tabla 28 Promedio del rendimiento de raíces comerciales por hectárea de yacón para los factores densidad y abonamiento	58

Tabla 29 Resumen de cuadrados medios del análisis de varianza (ANOVA) de las variables estudiadas en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón	61
Tabla 30 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de materia seca de las raíces en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón.....	62
Tabla 31 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de materia seca en la corona en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón.....	66
Tabla 32 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de materia seca del follaje en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón	68
Tabla 33 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable materia seca por planta (kg) en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón.....	70
Tabla 34 Promedio de materia seca total por planta (kg) para densidad, abonamiento y cultivar	71
Tabla 35 Materia seca total en gramos y su distribución en los órganos principales de la planta en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón	72
Tabla 36 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable índice de cosecha en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón.....	74
Tabla 37 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable materia seca total en t ha ⁻¹ en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón.....	77
Tabla 38 Promedio de la materia seca total t ha ⁻¹ de yacón para los factores abonamiento y cultivar	77
Tabla 39 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable sólidos solubles en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón	78

Tabla 40 Promedio de sólidos solubles en raíces de yacón para los factores densidad y abonamiento.....	80
Tabla 41 Resumen de cuadrados medios del análisis de varianza (ANOVA) de materia seca y sólidos solubles en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón.....	80
Tabla 42 Promedios de altura de plantas de yacón en cm. para la interacción entre factores	89
Tabla 43 Promedios de número de tallos de yacón para la interacción entre factores	89
Tabla 44 Promedios de número de raíces de yacón para la interacción entre factores.....	90
Tabla 45 Promedios de peso de raíces de yacón por planta (kg) para la interacción entre factores.....	90
Tabla 46 Promedios de número de raíces de yacón por planta para la interacción entre factores	91
Tabla 47 Promedios de peso de raíces comerciales por planta (kg) para la interacción entre factores.....	91
Tabla 48 Promedios de diámetros de raíces comerciales (cm) para la interacción entre factores	92
Tabla 49 Promedios de diámetros de raíces comerciales (cm) para la interacción entre factores	92
Tabla 50 Promedios de peso de cepa de yacón (kg) para la interacción entre factores	93
Tabla 51 Promedios de peso de follaje de yacón (kg) para la interacción entre factores	93
Tabla 52 Promedios de rendimiento de raíces de yacón (tn ha ⁻¹) para la interacción entre factores.....	94
Tabla 53 Promedios de rendimiento de raíces comerciales (tn ha ⁻¹) para la interacción entre factores.....	94

Tabla 54 Promedios de materia seca en las raíces de yacón para la interacción entre factores	95
Tabla 55 Promedios de materia seca en la cepa de yacón para la interacción entre factores .	95
Tabla 56 Promedios de materia seca en el follaje de yacón para la interacción entre factores	96
Tabla 57 Promedios del índice de cosecha (%) de yacón para la interacción entre factores..	96
Tabla 58 Promedios de materia seca total ($t\ ha^{-1}$) de yacón para la interacción entre factores	97
Tabla 59 Promedios de sólidos solubles en raíces de yacón para la interacción entre factores	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de ubicación del área experimental (Silvoagropecuario UNC).....	21
Figura 2	Cepas de los morfotipos de yacón utilizados en el experimento. A. Morfotipo I (Púrpura). B. Morfotipo II (Hualqui). C. Morfotipo IX (C3)	22
Figura 3	Representación de cada unidad experimental con la distribución de las plantas de yacón.....	27
Figura 4	Croquis de la distribución de los tratamientos en el campo experimental establecido en el silvoagropecuario de la UNC	28
Figura 5	Prueba de DLS (Diferencia Mínima Significativa) al 5% de probabilidad para altura de planta de yacón (cm) por cultivar.....	35
Figura 6	Prueba DLS al 5% de probabilidad para número de tallos en plantas de yacón según la interacción Densidad x Cultivar.....	37
Figura 7	Número promedio de raíces por planta de yacón según el cultivar.....	39
Figura 8	Prueba DLS al 5% de probabilidad para peso total de raíces (kg) por planta según el cultivar	41
Figura 9	Prueba DLS al 5% de probabilidades para número promedio de raíces comerciales por planta según el cultivar de yacón.....	43
Figura 10	Prueba de DLS al 5% de probabilidad para peso promedio de raíces comerciales (kg) por planta de yacón según el cultivar	45
Figura 11	Prueba de DLS al 5% de probabilidad para diámetro de raíces comerciales de yacón (cm) de acuerdo al cultivar	47
Figura 12	Prueba de DLS al 5% de probabilidad para longitud de raíces (cm) según el cultivar	49
Figura 13	Prueba DLS al 5% de probabilidad para longitud de raíces comerciales según el factor abonamiento.....	49

Figura 14 Peso promedio de la corona (kg) por planta según el cultivar	51
Figura 15 Prueba de DLS al 5% de probabilidad para peso promedio de follaje (kg) por planta según el cultivar	53
Figura 16 Prueba de DLS al 5% de probabilidad para rendimiento en t ha-1 de raíces de yacón según el cultivar	55
Figura 17 Prueba de DLS al 5% de probabilidad para rendimiento comercial en t ha-1 de raíces de yacón según el cultivar	57
Figura 18 Rendimiento total de raíces ha-1 de yacón, en la interacción de Densidad de plantación x Abonamiento x Cultivar	59
Figura 19 Rendimiento total de raíces comerciales ha-1 de yacón, en la interacción de Densidad de plantación x Abonamiento x Cultivar	60
Figura 20 Prueba de DLS al 5% de probabilidad para porcentaje de materia seca en las raíces de yacón según el nivel de abonamiento.....	63
Figura 21 Prueba de DLS al 5% de probabilidad para porcentaje de materia seca en las raíces según el cultivar	64
Figura 22 Prueba de DLS al 5% de probabilidad para porcentaje de materia seca en las raíces según la interacción Abonamiento x Cultivar.....	65
Figura 23 Prueba de DLS al 5% de probabilidad para porcentaje de materia seca en la corona de yacón según la densidad de siembra	66
Figura 24 Prueba de DLS al 5% de probabilidad para porcentaje de materia seca en la corona de yacón según el cultivar.....	67
Figura 25 Prueba de DLS al 5% para materia seca en follaje (%) de yacón según la interacción D*A.....	69
Figura 26 Prueba de DLS al 5% para materia seca en el follaje(%) de yacón según la interacción D*C	69

Figura 27	Distribución de la materia seca en los principales órganos de la planta	73
Figura 28	Prueba DLS al 5% de probabilidad para índice de cosecha según la densidad de siembra.....	74
Figura 29	Prueba de DLS al 5% de probabilidad para índice de cosecha según el cultivar..	75
Figura 30	Prueba de DLS al 5% de probabilidad para índice de cosecha según la interacción Abonamiento x Cultivar.....	76
Figura 31	Prueba de DLS al 5% de probabilidad para sólidos solubles (°Brix) en las raíces de yacón según el cultivar.....	79
Figura 32	Selección de la semilla vegetativa de yacón	98
Figura 33	Distribución y siembra de propágulos de yacón	98
Figura 34	Primer riego en el experimento de yacón.....	99
Figura 35	Abonamiento de las unidades experimentales.....	99
Figura 36	Deshierbo del campo experimental	100
Figura 37	Cultivo de yacón a los 3 meses después de la siembra	100
Figura 38	Campo experimental de yacón a los 6 meses, cierre de surco	101
Figura 39	Cultivo de yacón en plena floración.....	101
Figura 40	Vista aérea del campo experimental a los 7.5 meses	102
Figura 41	Vista aérea del campo experimental.....	102
Figura 42	Evaluación de altura y número de tallos de yacón	103
Figura 43	Peso de raíces comerciales de yacón, cultivar II	103
Figura 44	Planta representativa de yacón, del cultivar I (púrpura).....	104
Figura 45	Planta representativa de yacón, cultivar II (Hualqui).....	105
Figura 46	Planta representativa de yacón, cultivar IX (c3)	106
Figura 47	Muestras de yacón para evaluación de materia seca	107
Figura 48	Muestras de materia seca de yacón en la estufa	107

Figura 49	Raíces comerciales usadas para evaluación de °Brix	108
Figura 50	Sacabocado haciendo orificio para toma de muestra de °Brix.....	108
Figura 51	Refractómetro utilizado para la toma de datos de °Brix	109
Figura 52	Gotero conteniendo la muestra del zumo de yacón.....	109
Figura 53	Calibración del refractómetro para toma de medida de °Brix en yacón	110
Figura 54	Muestra de yacón en refractómetro para toma de medida.....	110
Figura 55	Lectura de medida de °Brix en el refractómetro	111
Figura 56	Captura del lente de refractómetro marcando una lectura de 15 %°Brix.....	111

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson) es una raíz andina cultivada y usada desde tiempos preincaicos, tradicionalmente se cultivaba para autoconsumo en los huertos familiares de la zona andina peruana. La importancia del yacón radica en las propiedades benéficas que tiene para la salud humana puesto que su raíz almacena fructooligosacáridos (FOS), los cuales son azúcares de bajo valor calórico, por lo que no elevan los niveles de glucosa en la sangre (Seminario et al. 2003).

En el Perú, las principales zonas de cultivo se ubican en las regiones de Amazonas, Ancash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Huánuco, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Piura y Puno, destacando Cajamarca, Puno y Huánuco por sus condiciones favorables de producción (Seminario et al. 2003). Históricamente, el yacón tuvo una difusión limitada fuera del ámbito andino; sin embargo, su introducción en Nueva Zelanda en la década de 1960 marcó un punto de partida para su expansión hacia Asia y otras regiones del mundo, donde actualmente se valora tanto por sus raíces frescas como por el uso medicinal de sus hojas (Grau et al. 2007).

El cultivo prospera en suelos fértiles y con buen contenido de materia orgánica, respondiendo positivamente al uso de abonos orgánicos. En la región de Cajamarca, se recomienda la aplicación de entre 5 y 10 t ha⁻¹ de humus de lombriz para obtener producciones satisfactorias (Seminario et al. 2003; Valderrama, 2005).

El contenido de sólidos solubles, medido en grados Brix, constituye un parámetro importante en la evaluación de la calidad de las raíces, pues se relaciona directamente con el dulzor y la concentración de azúcares. En yacón, se han reportado valores entre 8 y 12% °Brix (Gutiérrez y Ruidiaz, 2005; Manrique et al., 2005), aunque estos pueden variar en función del

cultivar, las condiciones de cultivo, la fertilización y la densidad de siembra (Peralta et al. 2015; Salazar et al. 2019).

A pesar del creciente interés por el cultivo de yacón debido a su potencial nutraceutico, la producción enfrenta limitaciones agronómicas relacionadas con el manejo de la fertilización, la densidad de siembra y la selección de cultivares adecuados a las condiciones edafoclimáticas locales. Por tal motivo, resulta fundamental desarrollar investigaciones que evalúen el rendimiento y la calidad del cultivo en función de factores agronómicos controlables.

Es por ello, que el presente estudio tiene como finalidad evaluar el rendimiento y el contenido de sólidos solubles de tres cultivares de yacón bajo tres niveles de abonamiento y dos densidades de siembra en condiciones agroecológicas de la región de Cajamarca, con el fin de generar información que contribuya al manejo técnico y sostenible de este cultivo andino de alto valor nutricional.

1.1. Planteamiento del problema de investigación

El yacón es una especie oriunda de los Andes que fue domesticada y cultivada principalmente en el Perú, además de Ecuador y Argentina. Su raíz comestible se caracteriza por su elevado contenido de agua (85–90%), textura crocante y sabor dulce (Grau y Rea, 1997). Es importante puesto que contiene carbohidratos del tipo oligofructanos o fructooligosacáridos (FOS), polímeros de fructosa no digeribles por el ser humano, los cuales poseen reconocidas propiedades prebióticas y beneficiosas para la salud (Oficina Comercial de Perú en Miami, 2012). Por ello, el yacón es considerado un alimento funcional o nutraceutico de alto potencial comercial.

En esta región, el cultivo se desarrolla de forma tradicional, con uso predominante de abonos orgánicos y variables densidades de siembra, que influyen directamente en el rendimiento y calidad de las raíces (Valderrama, 2005).

Diversos estudios reportan rendimientos variables según las condiciones de manejo y el cultivar empleado, registrándose valores de 27 a 52 t ha⁻¹ en distintas localidades de Cajamarca (Seminario et al., 2003). Sin embargo, a nivel nacional se observa una tendencia decreciente: según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2023), los rendimientos disminuyeron de 18.74 t ha⁻¹ en 2015 a 13.73 t ha⁻¹ en 2023, lo que refleja una pérdida de productividad y sostenibilidad del cultivo.

Esta reducción en el rendimiento puede atribuirse a múltiples factores agronómicos, entre ellos el morfotipo cultivado, las condiciones ambientales, el tipo de suelo, el manejo de la fertilización y la densidad de siembra (Amaya, 2002; Grau y Rea, 1997; Kamp et al. 2019a; Seminario et al. 2003; Valderrama, 2005). Además, la limitada investigación agronómica sobre el cultivo de yacón contrasta con su potencial económico y nutricional, lo cual restringe la generación de tecnologías apropiadas para su manejo y aprovechamiento sostenible.

En este contexto, surge la necesidad de evaluar cómo influyen factores agronómicos como el cultivar, el nivel de abonamiento y la densidad de siembra sobre el rendimiento de raíces frescas y el contenido de sólidos solubles expresados en grados Brix, los cuales son indicadores de calidad y dulzor en las raíces. Por tanto, la presente investigación se orienta a determinar la respuesta de tres cultivares de yacón a diferentes dosis de abono y densidades de siembra e identificar posibles interacciones entre estos factores que permitan optimizar la producción y calidad del cultivo en condiciones de la región Cajamarca.

1.2. Formulación del problema de investigación

¿Existe interacción respecto al rendimiento y los sólidos solubles, entre tres cultivares de yacón, tres dosis de abono y dos densidades de siembra?

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Evaluar la interacción de tres cultivares de yacón, tres niveles de abono y dos densidades de siembra, con respecto al rendimiento de raíces frescas y los sólidos solubles.

1.3.2. *Objetivos específicos*

1. Evaluar y determinar qué factores muestran los mejores resultados en cuanto al rendimientos de raíces frescas.
2. Determinar que factor presenta mejor respuesta en relación a la influencia del contenido de sólidos solubles en raíces de yacón.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

Antecedentes sobre rendimiento de yacón

Amaya (2002) evaluó la producción de yacón a partir de plantas originadas de rizóforos (porciones de corona o cepa) y yemas axilares en diferentes espaciamientos de plantas e hileras, acumulación de carbohidratos y rentabilidad de la producción de yacón. Utilizó yemas axilares y rizóforos de yacón obtenidos de plantas madre cultivadas en invernadero. El yacón se instaló en un campo experimental de parcelas divididas con cuatro repeticiones donde se probó tres distancias entre hileras (1.0, 1.2 y 1.4 m) y dos entre plantas (0.8 y 1.0 m). Los resultados demuestran que las plantas originadas de rizóforos presentaron mayor desarrollo en altura, área foliar y biomasa total; por otro lado, las plantas provenientes de yemas axilares produjeron raíces tuberosas uniformes y de mayor tamaño. El distanciamiento de 1.4 m x 0.8 m acompañado de rizóforos fue el tratamiento que produjo los mejores rendimientos y mayor rentabilidad en el cultivo de yacón. La producción media de raíces tuberosas fue de 53.8 t ha⁻¹ para las plantas originadas de rizóforos y de 44.8 t ha⁻¹, para las originadas a partir de yemas axilares.

Douglas et al. (2005) evaluó el efecto del peso del propágulo de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) sobre el rendimiento de la planta. La investigación fue realizada en Nueva Zelanda con plantas que se obtuvieron de Landsndt Nurscry, Oratia. La siembra se realizó a 50 mm de profundidad y 0.75 m de distancia entre plantas, aplicaron una dosis de fertilización de 14:12:12% N:P:K a razón de 1000 kg ha⁻¹. Los resultados demuestran que el rendimiento de la raíz aumentó a medida que se incrementaba el peso del propágulo, de ello que, trozos de corona de 50 gr dio una media de 2 kg de raíces tuberosas por planta, los trozos de 200 gr dieron 5 kg planta y los trozos de 500 gr 6 kg planta. En conclusión, el peso del propágulo influye significativamente sobre la productividad de raíces tuberosas de yacón.

Fernández et al. (2006) evaluaron el potencial de rendimiento del yacón cultivado bajo las condiciones climáticas de República Checa. En su experimento utilizaron 4 variedades o “landraces” de yacón (NZL, DEU, ECU Y BOL), que fueron sembradas cuando tenían una altura de 20 a 30 cm, con un distanciamiento de 0.70 m., tanto para hileras como entre plantas. Al momento de la cosecha el rendimiento en biomasa fue el siguiente: NZL con 29.18 t ha⁻¹, ECU 26.33 t ha⁻¹ seguido de BOL con 25.10 t ha⁻¹ y finalmente DEU con 21.43 t ha⁻¹, en cuanto a raíces tuberosas NZL fue la más productiva con 29.18 t ha⁻¹. Los resultados de rendimiento de 2002 al 2005, relacionados con los datos climáticos confirman que la precipitación es el factor clave que influye en la formación de raíces tuberosas en el cultivo de yacón.

Córdova y Galecio (2006) evaluaron agrónomicamente los biotipos de yacón que crecen en el ámbito de la Microcuenca La Gallega, Piura. Se utilizaron semilla de los biotipos yacón amarillo y blanco, los que fueron sembrados en los caseríos de Ñoma y Quinchado Chico, a una distancia de 0.90 m entre surcos y de 0.60 m entre plantas y abonados con humus de lombriz a razón de 4.0 t ha⁻¹; obteniendo en Ñoma un rendimiento para los biotipos amarillo y blanco de 26.71 y 22.44 t ha⁻¹ respectivamente, mientras que en Quinchado Chico se obtuvo rendimientos de 23.17 t ha⁻¹ para el biotipo amarillo y de 20.00 t ha⁻¹ para el biotipo blanco. El biotipo amarillo tuvo mayor rendimiento de raíces tuberosas con longitudes entre 10 y 20 cm, lo que confirma el mayor potencial de producción de este biotipo.

Douglas et al. (2007) compararon el rendimiento de las raíces tuberosas del yacón en ensayos de campo plantados en septiembre, octubre y noviembre, en diferentes localidades (Pukekohe, Hamilton, Lincoln, Mosgiel), en los que se estableció un diseño de Bloques Aleatorizados con tres tratamientos de época de siembra y cuatro repeticiones, con parcelas individuales de 3 m de ancho y 6 m de largo, el material vegetal se obtuvo de viveros Landsend, Oratia, este morfotipo se sembró a una distancia de 0.75 m entre hileras y plantas, se aplicaron distintos niveles de fertilizantes, esto en relación con la ubicación y el tipo de suelo

que presentaba, resultando que el rendimiento de raíces frescas fue mayor en los dos sitios de la North Island, con un rendimiento medio de 50 - 67 t ha⁻¹, lo que supone unas 4 - 6 veces más a los sitios de South Island. El rendimiento más alto en el mes de septiembre fue de 90 t ha⁻¹ en Hamilton mientras que el más bajo de 15.2 t ha⁻¹ en Mosgiel, el rendimiento de las raíces disminuyó progresivamente en todos los lugares de evaluación desde la primera plantación hasta la última.

Tacas (2010) determinó la cantidad de guano de islas que optimiza el rendimiento de raíces reservantes de yacón en el distrito de Huamanga, Ayacucho. En su investigación utilizó el morfotipo de yacón “rosado” proveniente de la colección de germoplasma del Programa de Investigación en Cultivos Alimenticios (PICAL). El diseño experimental implementado fue un Diseño de Bloque Completamente Randomizado (DBCR) con tres factores: tres distanciamientos entre surcos, tres distanciamientos entre plantas y cuatro niveles de abonamiento orgánico. Obteniendo como resultado que el efecto de los factores de distanciamiento entre surcos y entre plantas no ejercieron efectos significativos en la producción de raíces reservantes. En cambio, el nivel de abonamiento si tuvo una influencia significativa sobre el rendimiento de raíces de yacón, ya que con el nivel de 1500 kg ha⁻¹ de guano de islas se tuvo un promedio de 8.25 t ha⁻¹ a diferencia de las 4.9 t ha⁻¹ obtenidos por el testigo, por lo que hubo un incremento del rendimiento en un 40% respecto al testigo.

Cuadros (2012) determinó la época crítica de competencia de malezas y el efecto de estas sobre el rendimiento del cultivo de yacón. El experimento se instaló en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho y se condujo como un Diseño Experimental de Bloque Completo Randomizado (DBCR), con diez tratamientos y tres repeticiones; el material vegetal, ecotipo “Blanco” fue sembrado a una distancia de 1.0 m entre surcos y a 0.50 m entre plantas, abonado con 1 kg de guano de islas. El deshierbo continuo (T1) produjo 2.0 kg de raíces por planta, a diferencia del deshierbo a la semana 24 después de la siembra y sin

deshierbo en todo el periodo vegetativo que rindieron 0.28 y 0.15 kg por planta respectivamente. Por lo el autor concluye que los diferentes periodos de deshierbo influyen directamente en el peso de las raíces reservantes del yacón.

Ríos (2013) determinó el efecto de tres dosis de EM – Bokashi en el rendimiento y calidad de llacón. Utilizó como material vegetal semilla de Llacón clon anaranjado proveniente de la sierra Liberteña, el que fue sembrado a una distancia de 1.60 m. entre surcos y 1.0 m. entre plantas. Se condujo con un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con tres niveles de EM-Bokashi (T1, T2, T3), cuyas dosis fueron de 30-60-90 t ha⁻¹ y un testigo (T4), que establecen cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los resultados indican que a pesar de existir respuestas significativas a cada nivel de Em-Bokashi, los mejores resultados se dieron con el tratamiento T1, que genero promedios superiores de número de raíces con 14.7 por planta, un peso de raíces de 2.8 kg, longitud de raíces 13.5 cm, diámetro de raíces 5.4 cm y 23.7 t h⁻¹ de rendimiento de raíces de yacón superior a los 24.0 t ha⁻¹, 14.3 t ha⁻¹ y 6.8 t ha⁻¹ obtenidos por T2, T3 Y T4 respectivamente.

Muenala (2014) estudió la respuesta a la aplicación de tres fertilizantes químicos y un abono orgánico en la producción de Jícama (Yacón). La investigación tuvo lugar en Imbabura, Ecuador. Utilizo el ecotipo anaranjado de forma redondo, empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con cinco tratamientos y tres repeticiones; la semilla se sembró a 1.0 m de distancia entre surcos y 0.60 m entre plantas. El tratamiento T3 alcanzó el mayor número de raíces por planta con 15.03 de igual manera obtuvo el mayor rendimiento promedio con 15.04 t ha⁻¹ a diferencia del testigo que tuvo el menor valor de rendimiento con 14.26 t ha⁻¹ y el menor número de raíces por planta con 11.93.

Aguilar (2017) evaluó la productividad del germoplasma de yacón que mantiene el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad Nacional de Cajamarca con los datos correspondientes a cinco cosechas del germoplasma de yacón de los años 2004, 2009,

2013, 2014 y 2015, en todos los casos, la cosecha se realizó a los 11 meses después de la siembra. La mayor altura de planta fue registrada por el morfotipo I con 1.11 m, el número de raíces más alto se dio en los morfotipos I y IV (19 raíces por planta), en cuanto a productividad, los rendimientos más altos fueron alcanzados por el morfotipo IV (San Ignacio) con 2.15 kg.planta (59.8 t ha^{-1}), seguido por el morfotipo V (Cachachi) con 1.74 kg.planta (48.4 t ha^{-1}) y el morfotipo II (Hualqui) con 1.67 kg.planta (46.3 t ha^{-1}), para raíces comerciales, el morfotipo IV alcanzó mayor productividad con 1.45 kg.planta (40.39 t ha^{-1}).

Kamp et al. (2019a) evaluaron el efecto de tres niveles de fertilización nitrogenada (0, 40 y 80 kg N.ha⁻¹) en relación al rendimiento de tubérculos, composición de azúcares y absorción de nitrógeno en dos genotipos de yacón (cáscara marrón (B) y roja (R)). El experimento se desarrolló en Alemania durante los años 2016 y 2017, el diseño empleado fue Bloques Completos al Azar, con 6 tratamientos y 3 repeticiones. Resultando en el año 2016, que el nivel de 0 kg N ha⁻¹ produjo rendimiento de tubérculos significativamente más altos (22.05 t ha^{-1}) en comparación con el nivel de 80 kg N ha⁻¹ (16.44 t ha^{-1}). En cambio, en el año 2017 los rendimientos de tubérculos alcanzaron desde 42.81 t ha^{-1} (B40) hasta 67.32 t ha^{-1} (R80). El contenido total de azúcares y FOS disminuyó ligeramente a medida que aumentaba el nivel de fertilización nitrogenada. Los autores concluyen en que el nivel de fertilización con 40 kg N ha⁻¹ es el más adecuado porque optimiza la eficiencia de nitrógeno, genera mejores rendimientos de tubérculos y mantiene la calidad de los azúcares.

Kamp et al. (2019b) evaluaron en Alemania 3 métodos distintos de propagación: plántulas divididas tras brotación de plantas madre con precultivo en invernadero (DSAB), plántulas de trozos de rizoma precultivados en invernadero (RP1) y trozos de rizoma plantados directamente en el campo (RP2), en relación con el crecimiento de la planta, rendimiento de tubérculos y los costos de producción. Los rendimientos de tubérculos frescos fueron de 29.8, 21.3 y 17.8 t ha^{-1} para RP1, DSAB y RP2, respectivamente. El método de propagación RP1

tuvo el mayor rendimiento, así como también el mayor peso de tubérculos individuales por planta con 308.09 g y el mayor número de tubérculos por planta (8.2), siendo también considerado por los costos el método de propagación más recomendado para los agricultores.

Kamp et al. (2019c) analizaron el rendimiento de tubérculos y la composición de azúcares de nueve genotipos de yacón durante los años 2017 y 2018. Los ensayos se instalaron en la estación experimental Ihinger Hof de la Universidad de Hohenheim, Alemania. Se establecieron según un diseño alfa con tres repeticiones cada una con dos bloques incompletos de cinco parcelas, la medida de la parcela fue de 5 x 4 m. Las plantas se sembraron con un distanciamiento de 0.7 entre plantas y 1.14 m. entre hileras teniendo una densidad final de 12.531 plantas. En el año 2017 el rendimiento de tubérculos se encontró en rangos de 19.2 t ha⁻¹ para el genotipo Rojo tardío a 46.6 t ha⁻¹ para RG. En el 2018 los rendimientos de tubérculos oscilaron entre 6.5 t ha⁻¹ para Rojo tardío y 12.8 t ha⁻¹ para BG. En general los rendimientos de tubérculos para todos los genotipos en el año 2018 fueron inferiores a los obtenidos en el año 2017. Los genotipos BG (2.0 t ha⁻¹), RG (2.2 t ha⁻¹) y Morado (1.9 t ha⁻¹) alcanzaron los rendimientos de azúcar más altos en el año 2017. En el año 2018 el rendimiento de azúcar osciló entre 0.4 genotipo Rojo y 1.3 t ha⁻¹ genotipo RG.

Rodríguez et al. (2022) evaluaron el rendimiento de raíces frescas y materia seca de ocho cultivares de yacón del norte peruano. La investigación fue desarrollada en las parcelas experimentales del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad Nacional de Cajamarca. La investigación se condujo con un Diseño de Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones, con un distanciamiento de 0.5 x 1.0 m. Los cultivares I, II, III, IV, V, VI y VIII sobresalieron en peso total de raíces, en cambio, los cultivares I, II, IV, V y VIII resaltaron en peso de raíces comerciales. El cultivar IV destacó tanto en peso total y comercial de las raíces con 2.97 kg y 1.86 kg respectivamente. El rendimiento promedio para los ocho cultivares fue de 40.6 t ha⁻¹, siendo el nivel mínimo de 15.1 t ha⁻¹ y máximo de 59.4 t ha⁻¹. En cuanto al peso

de corona sobresalieron los cultivares I, IV y VIII. Para altura de planta destacaron los cultivares I, IV, V y VI con un rango de 138.7 cm a 143.7 cm. Finalmente para materia seca total sobresalieron los cultivares IV, I y V.

Antecedentes sobre sólidos solubles

Gutiérrez y Ruidiaz (2005) determinaron las propiedades físicas y químicas del yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en la localidad del Quindío, para tal fin recolectaron raíces de yacón en horas matutinas durante cinco semanas diferentes, lavaron y secaron al aire libre a las raíces de yacón. Las raíces fueron pesadas por separado y se prepararon las muestras para cada uno de los análisis, para determinar los grados Brix la muestra fue licuada. El porcentaje de sólidos solubles fue analizado por medio de los °Brix, aplicando una corrección a 25 °C, reportando 11.17% de azúcares solubles, entre ellos la glucosa, fructosa y otros de bajo grado de polimerización.

Mindani y Guevara (2008) determinaron los parámetros de procesamiento para deshidratar yacón por liofilización. El experimento tuvo lugar en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria la Molina y emplearon como materia prima yacón procedente de San Ignacio, Cajamarca. Para determinar los sólidos solubles emplearon el método de laboratorio A.O.A.C. (1996), obteniendo un resultado 12.0% de sólidos solubles (°Brix).

Coronado (2013) busco optimizar las condiciones de elaboración de la harina de yacón y el contenido de azúcares de la misma, para ello utilizó muestras de yacón provenientes de la localidad de Jaípe, Amazonas, estas muestras fueron almacenadas a 5 °C para sus respectivos análisis y elaboración de la harina. Los sólidos solubles se determinaron mediante el método de la AOAC (1997). Y como resultado de la caracterización físico-química que se realizó a las muestras de raíces de yacón estudiadas se obtuvo 8.6% de sólidos solubles.

Salvatierra (2015) determinó la composición química proximal, carbohidratos totales, azúcares libres y fructanos del tipo inulina – fructooligosacáridos del yacón variedad amarilla

en el laboratorio de Química de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Las raíces se obtuvieron de los cultivos ubicados en la provincia de San Miguel, región Cajamarca, estas se cosecharon a los 9 meses después de su siembra y fueron cultivadas de manera orgánica. Para realizar el análisis de sólidos solubles, se obtuvo un extracto fresco del que se tomó una alícuota y se procedió a la lectura en el refractómetro. El resultado del contenido de sólidos solubles en el extracto fresco de yacón de variedad amarilla fue de 15.3 °Brix.

Valdez et al. (2019) estudiaron la degradación de fructanos del yacón fresco almacenado a temperatura ambiente y temperatura de refrigeración. Trabajaron con raíces de yacón variedad blanca, cosechadas a los 8 meses, las raíces seleccionadas fueron sanas y con características sensoriales aceptables. Luego de la cosecha se separaron las raíces en dos grupos, el primer grupo se mantuvo por 35 días a temperatura ambiente (15 ± 2 °C), la evaluación de las variables estudiadas se realizó cada 5 días. El segundo grupo se almacenó por 40 días bajo refrigeración a 4.5 ± 0.5 °C, los estudios se condujeron en intervalos iguales, siendo un total de 9 mediciones. Las muestras de cada lote fueron sometidas a medición de sólidos solubles por triplicado. Los sólidos solubles en el extracto de yacón recién cosechado fueron de 17 °Brix, estos aumentaron gradualmente de manera lineal hasta 25° Brix al día 35 de almacenamiento a temperatura ambiente y 19 °Brix a los 30 días con temperatura de refrigeración.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Clasificación taxonómica

El yacón es una especie de la familia Asteraceae (también llamada Compositae) cuyo nombre científico es *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. Los nombres científicos aceptados anteriormente fueron *Polymnia sonchifolia* Peopp. & Endl. y *Polymnia edulis* Wedd. por lo que son considerados sinónimos (Seminario et al. 2003).

1.2.2. Nombres vulgares

Los nombres comunes que se usan en distintas zonas de los Andes son: yacón, llacón, aricama, jícama y algunos derivados como llaqon, llacum, llacuma, yacumpi, aricama, chicama, jiquima y jiquimilla (Manrique et al. 2004).

En el norte peruano se denomina yacón o llacón y lajuash, en la zona central del país se nombra como aricama o aricona. En Ecuador es conocido como jicama o jiquima; en Colombia y Venezuela es denominado jiquima y jiquimilla (López, 2005).

1.2.3. Distribución

De acuerdo a Tapia et al. (2007) al yacón se cultivaba desde Venezuela hasta el norte de Argentina cuya altura llega hasta los 3300 m. s.n.m. Las últimas informaciones señalan que países como Venezuela y Colombia ya no cultivan yacón, por lo que las áreas de producción se ven reducidas a Ecuador, Perú, Bolivia y el norte de Argentina.

Manrique et al. (2004) señala que en 1982 el yacón fue introducido a Nueva Zelanda y desde ahí a Japón en el año 1985. Actualmente se cultiva en Brasil, Corea, República Checa, Rusia, Taiwán y en algunos estados de EE.UU.

En el Perú, se han confirmado 18 regiones andinas donde se cultiva yacón. Las principales áreas de producción se encuentran en Cajamarca, Puno, Pasco, Huánuco, Ancash y Junín, en menor magnitud en Piura, Amazonas, Lambayeque, La Libertad, San Martín, Lima, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Arequipa y Cusco (Dostert et al. 2009).

1.2.4. Zonas de producción

Se siembra yacón en casi todas las regiones del Perú, siendo Amazonas, Cajamarca, Oxapampa, Huánuco y Puno las zonas con mayor área sembrada. En el Perú, el área estimada de siembra con fines comerciales en el 2002 fue de 600 ha. Bolivia y Ecuador poseen pequeñas áreas de cultivo destinadas especialmente para autoconsumo. En Argentina se siembra sólo en las provincias nortenas de Jujuy y Salta. Fuera de los Andes, Brasil (Sao Paulo) y Japón (con 100 ha) son los países con mayor área de cultivo (Manrique et al. 2004).

1.2.5. Ecología del yacón

El yacón es una planta rústica que crece desde la costa hasta la ceja de selva. Las comunidades donde generalmente se cultiva el yacón en el territorio peruano se encuentran ubicadas entre los pisos altitudinales Yunga alta y Quechua baja (2200 – 2700 m.s.n.m). En estas zonas el cultivo está limitado por la estacionalidad de las lluvias, realizándose las siembras en los meses de septiembre a noviembre con cepas ya brotadas, sin embargo, en áreas pequeñas se puede sembrar bajo riego de mayo a junio con las cepas recién cosechadas (Seminario, 2008b). En otras partes del mundo se adapta a diferentes altitudes siendo estas de 900 – 3500 m en Bolivia y Ecuador, 600 – 2500 m en el noroeste de Argentina, 600 m en Brasil y al nivel mar en Nueva Zelanda y Japón (Dostert et al. 2009).

De acuerdo a lo señalado por Valderrama (2005), el cultivo desarrolla normalmente en un rango de 550 a 1 000 mm de lluvia anuales. Sin embargo, es importante que tenga un riego uniforme y frecuente en los primeros cinco meses después de la siembra. Desde la floración, el suelo tiene que mantenerse húmedo constantemente, favoreciendo la tuberización y óptimo desarrollo de la planta.

El yacón soporta temperaturas que van desde los 10 a 25 °C, con un rango óptimo de 14 – 20 °C para garantizar su crecimiento. Temperaturas menores a 10 °C retrasan el desarrollo y reducen los rendimientos; temperaturas mayores a 26 °C sin la humedad adecuada en el suelo, estresan a la planta y detiene su desarrollo (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019).

Los mejores suelos para el cultivo de yacón son los francos arcillosos con buena profundidad y alto contenido de materia orgánica (Seminario, 2008b).

1.2.6. Características morfológicas

a) Planta

S. sonchifolius es una hierba perenne de 1.5 a 3 m de altura, con tallo cilíndrico a angular, surcado, hueco en la madurez y densamente pubescente en la parte superior (Dostert et al. 2009).

b) Tallo

Tallos de forma cilíndrica, algo huecos como cañas y con pilosidad. De color verde o en algunos casos matizados de púrpura. Varían de 4 a 12 tallos según el cultivar. La planta puede presentar ramas desde la base del tallo o sólo en la parte superior (Valderrama, 2005).

c) Hojas

Las hojas son opuestas, con lámina decurrente hacia el pecíolo; la lámina foliar es anchamente aovada con la base hastada, auriculada o connada; las hojas superiores son aovado-lanceoladas; la haz de la hoja es piloso y el envés pubescente (Dostert et al. 2009). Las hojas contienen compuestos con propiedades benéficas a la salud humana (Valderrama, 2005).

d) Cepa o corona

La corona es un órgano subyacente del cual se desarrollan distintas yemas vegetativas, estas se forman por el engrosamiento de la parte del tallo que está dentro de la tierra y que va unida a las raíces. Sus tejidos almacenan sustancias de reserva en forma de carbohidratos simples y FOS, las que sirven de alimento a las yemas cuando van a brotar (Seminario et al. 2003).

e) Raíces

Origina principalmente raíces reservantes, engruesadas, fusiformes u ovadas que almacenan azúcares en forma de fructooligosacáridos (FOS), que son azúcares con propiedades benéficas para la salud humana. La raíz es el órgano de utilidad económica, y externamente son de color crema, blancuzco o púrpura. Según el cultivar tienen diferente color de pulpa, pudiendo ser blanca, anaranjada, crema o pigmentada de púrpura (Valderrama, 2005).

f) Inflorescencia

El yacón presenta una inflorescencia que se llama capítulo, el cual está compuesto por dos tipos de flores: a) Las femeninas o liguladas que se ubican alrededor del capítulo, son de color amarillo intenso o anaranjado pálido y están en número de 12 a 16 y b) Las masculinas o

tubulares que están muy juntas, en mayor número y ocupan el centro del capítulo (Valderrama, 2005).

g) Fruto

Fruto ovoide que varía de coloración entre marrón a negro en la madurez, de cáscara lisa (Foy, 2007). Fruto de tipo aquenio que a la vez constituye la semilla. A pesar de que en cada capítulo existen muchos aquenios o semillas, la mayor parte son vanos y no son viables, de modo que el poder germinativo es muy bajo (15 – 25 %) (Valderrama, 2005).

1.2.7. Métodos de propagación

a) Propagación por cepa

Forma tradicional de sembrar el yacón, que consiste en que luego de ser cosechadas las plantas se procede a cortar la cepa en porciones, cuyo peso aproximado es de 75 a 80 g y debe contar con varias yemas vegetativas, en las zonas de corte se recomienda sumergir en una solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 10% para prevenir el ataque por patógenos (Seminario, 2008).

b) Propagación por esquejes de tallo

Técnica relativamente nueva surgida a partir de investigaciones, consiste en tomar tallos de 5 a 6 meses, antes de la floración, eliminando las hojas y se cortan en pedazos tales que contengan de dos a cuatro nudos, estos se colocan en una solución de hipoclorito de sodio al 10% entre 5 a 10 minutos para luego escurrir el excedente y proceder a la siembra en cajas de madera con arena de río lavada y desinfectada como sustrato (Seminario, 2008).

c) Propagación por nudos de tallo individuales

Es una técnica mediante la que se seleccionan tallos que cumplan con las condiciones definidas en la propagación por esquejes, después se les quita las hojas, asegurándose de no cortar la base del peciolo, ya que las nuevas yemas se originan de esta zona. Sobre una tabla, se coloca el tallo sin hojas y se troza a ambos lados del nudo, para obtener porciones de nudo que tengan entre 4 a 5 cm. Se desinfectan del mismo modo que para la propagación por estacas,

pero los nudos deben permanecer en la solución desinfectante sólo 2 minutos, para evitar “quemar” las yemas (Valderrama, 2005).

d) Propagación in vitro

Técnica relativamente nueva, en la que el yacón responde positivamente. Esta modalidad ha sido probada en diferentes zonas y oportunidades obteniéndose resultados positivos. No existe información sobre el uso de este método con fines de siembras comerciales. Mayormente se practica este método de propagación con fines de conservación de germoplasma, usando para ello yemas apicales o axilares en un medio de cultivo (Seminario, 2008).

1.2.8. Composición química

Las raíces frescas almacenan especialmente agua y carbohidratos. Entre el 40 a 70% del peso seco está en forma de oligofructosa (OF), que es un azúcar especial con efectos favorables en la salud humana y de 15 a 40% está en forma de azúcares simples como sacarosa, fructosa y glucosa. El contenido de otros nutrientes es bajo, sólo el potasio se encuentra en cantidades importantes (Manrique et al. 2004).

El yacón se constituye una de las raíces comestibles con el mayor contenido de agua. Entre el 83 y 90% del peso fresco de las raíces de yacón es agua. En términos generales, los carbohidratos representan alrededor de 90% del peso seco de las raíces recién cosechadas de los cuales entre 50 y 70 % son fructooligosacáridos (FOS) (Seminario et al. 2003).

Tabla 1

Tabla nutricional del yacón (100 g de raíz fresca, sin cáscara)

Compuesto	Rango
Agua	85 – 90 g
Oligofructosa (OF)	6 – 12 g
Azúcares simples	1.5 – 4 g
Proteínas	0.1 – 0.5 g
Potasio	185 – 295 mg
Calcio	6 – 13 mg
Calorías	14 – 22 kcal

Fuente: Tomado de Yacón – Ficha técnica. CIP. Manrique et al. 2004.

1.2.9. Fructooligosacáridos (FOS)

Compuestos también denominados oligofructanos u oligofructosa, pertenecen a una clase particular de azúcares conocidos como fructanos, estos se componen por fructosa fusionadas entre sí por enlaces glucosídicos β (2 $\rightarrow$ 1) y/o β (2 $\rightarrow$ 6). En la naturaleza persisten numerosos tipos de fructanos, pero vistos desde un punto de vista nutricional y de uso industrial, se reconocen a los FOS y la inulina como los más importantes. Ambos presentan una composición química determinada, debido a que, son una mezcla de fructanos de diferente tamaño, la diferencia entre ambos reside en el número de moléculas de fructosa que tienen estas cadenas, en la inulina varía de 2 a 60; mientras que, en los FOS cuyas cadenas son más pequeñas, van entre 2 y 10. La inulina y los FOS son reconocidos como un tipo de fibra dietética y se emplean como insumos para la elaboración de alimentos nutraceuticos (Seminario et al. 2003).

1.2.10. Sólidos solubles

Los sólidos solubles indican la cantidad de constituyentes solubles de zumo, almíbar o derivado de un vegetal, en relación con el peso del mismo, principalmente lo constituyen azúcares (Gutiérrez y Ruidiaz, 2005).

La escala Brix se usa en el sector alimenticio como estimador de la cantidad aproximada de azúcares en zumos de fruta, vino o líquidos procesados en la industria agroalimentaria ya que en realidad se determina el contenido de sólidos solubles, si nos centramos en la industria agrícola, los profesionales hacen referencia al contenido de azúcares y es empleado para realizar seguimiento *in situ* de la maduración de frutos y con ello determinar el momento oportuno de recolección (Salazar et al. 2019).

1.2.11. Refractómetro

El refractómetro es un instrumento de medición que trabaja a través del principio de la refracción, este es usado para determinar la concentración de sustancias, emulsiones, proporción de medios líquidos y azúcar en la leche, néctares, entre otros compuestos, debido a ello es utilizado en diferentes industrias ya que entrega una medición instantánea tanto en campo como en laboratorio (PCE Ibérica SL, 2006).

CAPÍTULO III

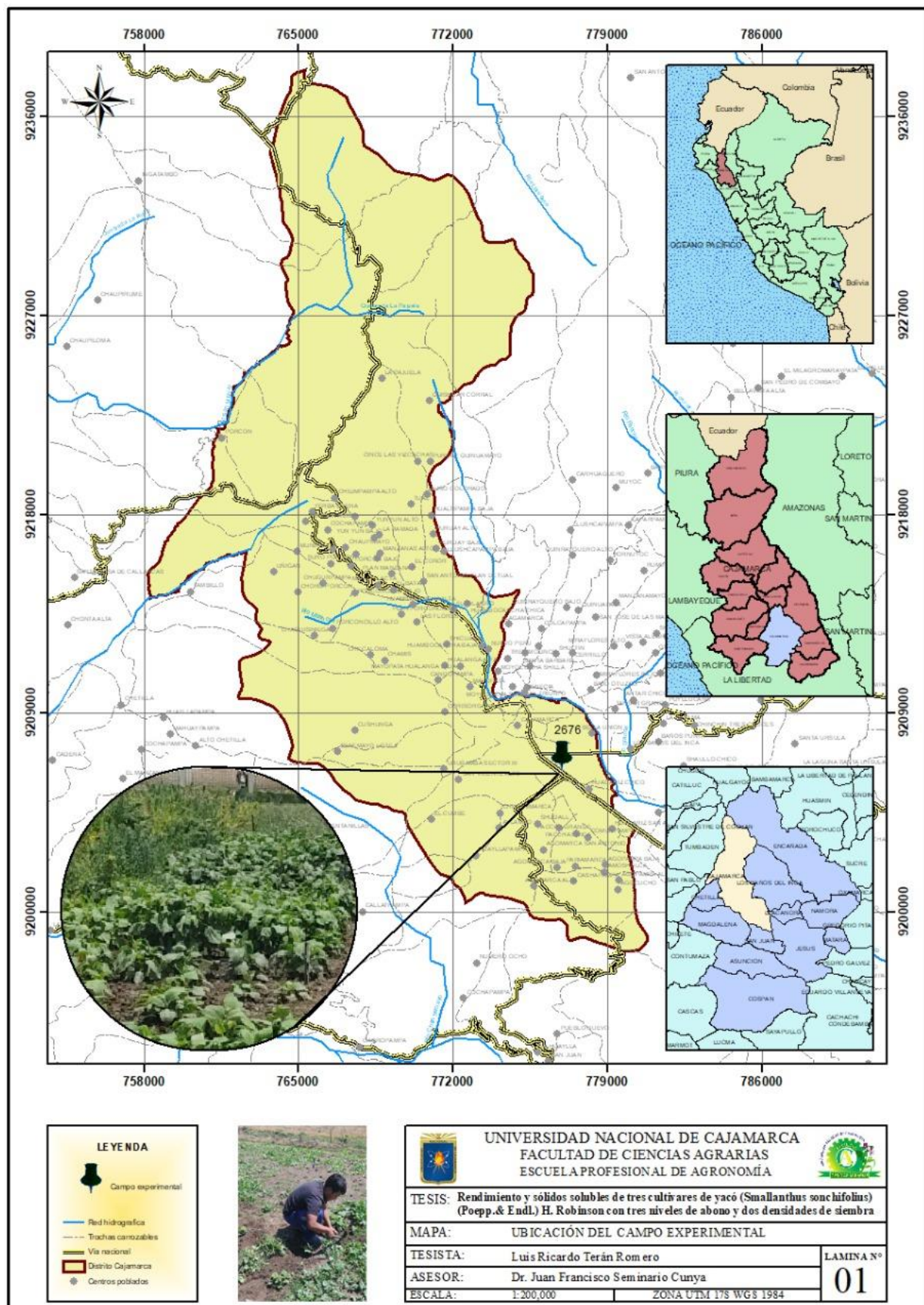
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación

La investigación se instaló y condujo por completo en el campo experimental perteneciente al Programa de Raíces y Tubérculos Andinos (PRTAs) en el Silvoagropecuario de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicado en el distrito, provincia y región Cajamarca, a una altitud de 2660 m.s.n.m. y cuyas coordenadas UTM son 776933.78 m Este y 9207025.87 m Norte.

Figura 1

Mapa de ubicación del área experimental (Silvoagropecuario UNC)



3.2. Materiales

3.2.1. Material biológico

- Semilla vegetativa de tres morfotipos de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (Poepp. & Endl.) H. Robinson; morfotipos (I, II, IX).

Figura 2

Cepas de los morfotipos de yacón utilizados en el experimento. A. Morfotipo I (Púrpura). B. Morfotipo II (Hualqui). C. Morfotipo IX (C3)



3.2.2. Equipos

- Balanza de plato
- Balanza gramera
- Refractómetro manual
- Sacabocados de metal
- Cámara fotográfica (celular)
- Vernier
- Estufa

3.2.3. Insumos

- Guano de islas.
- Cal agrícola.

- Agua destilada.

3.2.4. Herramientas

- Picos
- Lampas
- Barreta
- Machete
- Hoz
- Cúter
- Cuchillo

3.2.5. Otros materiales

- Etiquetas de identificación
- Estacas
- Wincha
- Cordel
- Manguera
- Libreta de apuntes
- Lápiz
- Franela
- Gotero

3.3. Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas fueron registradas en la Estación Meteorológica “Augusto Weberbauer” ubicada en el silvoagropecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada en latitud 7° 10' 03" S y la longitud 78° 29' 35" Oeste, en el distrito de Cajamarca a una altura de 2536 m.s.n.m. Los datos climatológicos del tiempo de duración del experimento se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2*Variables meteorológicas durante el periodo de agosto 2023 – junio 2024*

Descripción	2023					2024					
	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun
Temperatura máxima (°C)	23.4	20.3	19.7	21.0	22.1	22.9	23.0	23.0	22.8	23.6	23.1
Temperatura mínima (°C)	6.4	4.6	12.0	9.4	11.8	11.5	10.4	10.6	10.7	8.7	7.0
Temperatura media (°C)	14.9	14.6	15.9	15.6	17.0	17.2	16.7	16.8	16.8	16.1	15.0
Precipitación mensual (mm)	3.3	3.1	3.4	3.8	3.7	1.8	5.2	2.2	2.6	1.4	0.4
Humedad relativa (%)	51	61.0	63.0	64.0	72.0	67.0	62.0	62.0	68.0	62.0	57.0
Horas sol (h)	87.0	9.0	4.7	6.0	5.6	5.0	5.2	5.2	5.8	6.8	7.4

*Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2024).***3.4. Análisis físico químico del suelo**

Las características físico-químicas del suelo fueron determinadas en el Laboratorio de Agua y Suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Baños del Inca, para ello se tomaron submuestras de suelo recorriendo el terreno en forma de zigzag tratando de cubrir toda el área delimitada, posteriormente las submuestras fueron mezcladas y cuarteadas hasta obtener una muestra representativa de 1 kg. Los resultados de la muestra indican en la Tabla 3, que el suelo tiene un pH ligeramente alcalino (7.7), medio en fosforo (13.7 ppm), medio en potasio (182,2 ppm) y medio en el contenido de materia orgánica (3.1%). Los valores de arena, limo y arcilla corresponden a una clase textural franco arcillosa.

Tabla 3*Características físicas y químicas del suelo donde se desarrolló el experimento*

Código de laboratorio	P (ppm)	K (ppm)	pH	M.O	Al	Arena	Limo	Arcilla	Clase textural
SU 1665-BI-24	13.7	182.2	7.7	3.1	-	39	18	43	Fr. Ar.

Fuente: Laboratorio de Agua y Suelos – INIA, 2023.

3.5. Metodología

3.5.1. Tratamientos en estudio

En la Tabla 4 se muestra los tratamientos en estudio (18) resultado de la combinación de los factores estudiados (Densidad de siembra, Dosis de abonamiento y Cultivar).

A continuación, se detalla cada factor y su respectivo nivel en estudio:

- a) Parcelas: Dos densidades:
 - Primera densidad, 22 727 plantas ha⁻¹, a razón de una distancia de 1.10 m entre surcos y 0.40 m entre plantas.
 - Segunda densidad, 27 778 plantas ha⁻¹, cuyo distanciamiento fue de 0.90 m entre surcos y 0.40 m entre plantas.
- b) Subparcelas: Dosis de abonamiento con guano de islas:
 - Primera dosis: 0 t ha⁻¹ de guano de islas.
 - Segunda dosis: 0.75 t ha⁻¹ de guano de islas.
 - Tercera dosis: 1.5 t ha⁻¹ de guano de islas.
- c) Sub-subparcelas: Cultivares o morfotipos de yacón
 - Cultivar I (púrpura).
 - Cultivar II (Hualqui).
 - Cultivar IX (c3).

Tabla 4

Factores y niveles estudiados, y el total de tratamientos de la investigación

Factor densidad (D)	Factor abono (A)	Factor cultivar (C)	Notación	Tratamiento
D1 (plantas ha ⁻¹)	A0	C1 (I)	D1A0C1	T1
		C2 (II)	D1A0C2	T2
		C3 (IX)	D1A0C3	T3
	A1	C1 (I)	D1A1C1	T4

	A2	C2 (II)	D1A1C2	T5
		C3 (IX)	D1A1C3	T6
		C1 (I)	D1A2C1	T7
		C2 (II)	D1A2C2	T8
		C3 (IX)	D1A2C3	T9
D2 (plantas ha ⁻¹)	A0	C1 (I)	D2A0C1	T10
		C2 (II)	D2A0C2	T11
		C3 (IX)	D2A0C3	T12
	A1	C1 (I)	D2A1C1	T13
		C2 (II)	D2A1C2	T14
		C3 (IX)	D2A1C3	T15
	A2	C1 (I)	D2A2C1	T16
		C2 (II)	D2A2C2	T17
		C3 (IX)	D2A2C3	T18

3.5.2. *Diseño experimental*

El experimento fue conducido bajo el diseño de Parcelas Sub-subdivididas en arreglo factorial 3 x 3 x 2, con tres repeticiones; resultando 18 unidades experimentales por bloque, cada unidad experimental tuvo 21 plantas en total, repartidas en tres surcos de siete plantas cada uno.

3.5.3. *Características del área experimental*

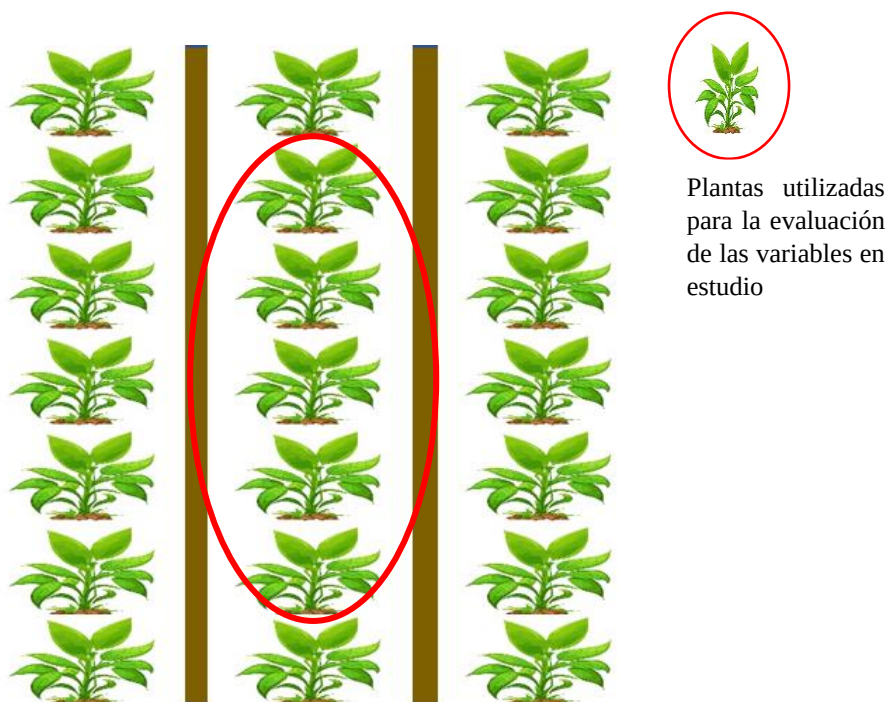
a. **Unidad experimental:**

- Ancho : 2.8 m.
- Largo : 3.3 m para D1 y 2.7 m para D2.
- Área : 9.24 y 7.56 m² para cada densidad estudiada.

- N° de surcos : 3 surcos por unidad experimental.

Figura 3

Representación de cada unidad experimental con la distribución de las plantas de yacón

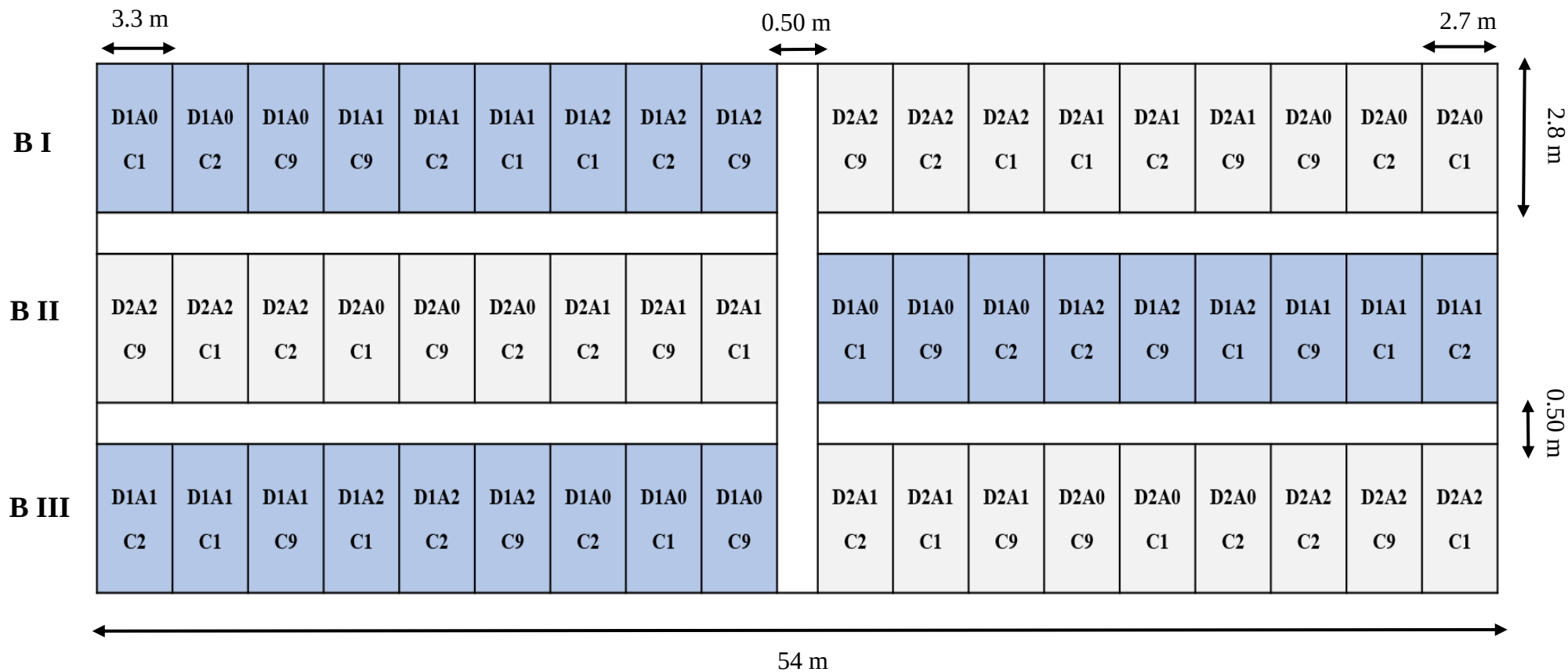


b. Campo experimental:

- Ancho del bloque : 8.4 m.
- Largo del bloque : 29.7 m con D1 y 24.3 m con D2, total 54 m.
- Área del bloque : 151.2 m² por bloque
- Área del campo experimental: 453.6 m².

Figura 4

Croquis de la distribución de los tratamientos en el campo experimental establecido en el silvoagropecuario de la UNC



D: densidad. A: abonamiento. C: cultivar. B: bloque

3.5.4. Conducción del experimento

Preparación del terreno. El terreno fue preparado con tracción mecánica (barbechado y cruza), luego se procedió con el desterronado y nivelación del terreno con el uso de pico y rastrillo para uniformizar el tamaño de las partículas.

Estacado y surcado. Esta actividad se realizó el día 04 de agosto del 2023, de acuerdo al croquis del experimento se delimitó el área con la ayuda de un cordel, estacas y cal, para luego ser dividida en 3 bloques, los que a su vez fueron fraccionados en unidades experimentales según el tratamiento correspondiente. El surcado del campo fue realizado con distanciamientos de 1.1 m y 0.90 m según la densidad.

Preparación de la semilla vegetativa. Para esta actividad, primero se seleccionó el material vegetal procedente de la cosecha del germoplasma de yacón perteneciente al Programa de Raíces y Tubérculos Andinos. Luego, mediante el uso cuters y cuchillos previamente desinfectados en una solución de agua más hipoclorito de sodio; se realizaron cortes uniformes en la corona, con el fin de obtener propágulos homogéneos en tamaño y número de yemas vegetativas. Las porciones de cepa fueron tratadas con cal agrícola para evitar el ataque de patógenos.

Siembra. Se realizó el día 11 de agosto del 2023, colocando los propágulos de yacón con una distancia de 0.40 m entre ellos y con un distanciamiento entre surcos de 1.10 m para la primera densidad y a 0.90 m para la segunda densidad. Cada unidad experimental tuvo un total de 3 surcos con 21 plantas.

Riego. El primer riego se efectuó a los 7 días de haber sido instalado el experimento, los siguientes, se ejecutaron con una frecuencia de dos veces por semana en época seca de acuerdo a los requerimientos del cultivo.

Deshierbos. El primer deshierbo se realizó al mes de haber instalado el cultivo, fue de forma manual con el uso de una picota para evitar maltratar los brotes pequeños. Luego

se realizaron dos deshierbos más, a los 3 meses y a los 5 meses de instalado el cultivo. El último deshierbo se produjo antes del denominado “cierre de surco”.

Abonamiento. Se realizó esta actividad al mes de instalado el cultivo, con guano de islas a razón de 33 y 66 gramos en la primera densidad y 27 y 54 gramos por planta para la segunda densidad, aplicándose de forma circular alrededor de la planta.

Cosecha. La cosecha se llevó a cabo el día 10 de junio del 2024, a los 10 meses de haber sido sembrado, cuando se notó la senectud de las plantas y las inflorescencias se percibían secas. Con el uso de una barreta se cosecharon 5 plantas del surco central desechando las 2 plantas ubicadas a los extremos del surco, para evitar el efecto de borde. En esta actividad se contaron y pesaron las raíces, así como también se pesó el follaje y la corona.

3.5.5. Evaluaciones realizadas

a) Variables relacionadas al rendimiento:

a.1. Altura de la planta. Este dato se tomó previo a la cosecha, cuando las plantas estaban en plena floración. La medida se obtuvo con el uso de una wincha, tomándose desde la base de la planta hasta la flor de la misma.

a.2. Número de tallos por planta. Dato obtenido antes de la cosecha, evaluándose 5 plantas del surco central por cada tratamiento. Se tomó el número de tallos que se encuentran sobre el suelo por cada planta evaluada.

a.3. Número total de raíces tuberosas. En la cosecha se contabilizaron todas las raíces (comerciales y no comerciales) de cada planta evaluada (5 plantas del surco central).

a.4. Número de raíces comerciales. Las raíces comerciales fueron clasificadas y separadas de acuerdo al peso requerido para el mercado, en esta investigación se tomó como peso promedio mayor a 150 gramos. Las raíces que superaron este peso fueron separadas para contabilizarlas y tomar este dato.

a.5. Largo de raíces comerciales. Se obtuvo de las raíces clasificadas como comerciales, las mismas que fueron medidas con el uso de una regla de 40 cm.

a.6. Diámetro de raíces comerciales. En esta variable se usó como herramienta un vernier mecánico, con el cuál se midió la parte más ancha de la raíz comercial.

a.7. Peso del follaje. Al momento de la cosecha, se cortó la parte aérea de la planta que incluía tallos y hojas los cuales fueron pesados en una balanza de plato de 15 kg.

a.8. Peso fresco de la corona. La corona fue separada de las raíces y con el fin de obtener medidas más homogéneas se retiró la mayor cantidad de tierra que tenía adherida. El peso se obtuvo con el uso de una balanza de tipo plato.

a.9. Peso total de raíces tuberosas frescas. Para obtener este dato, se pesaron el número total de raíces cosechadas por planta con la ayuda de una balanza de tipo plato.

a.10. Peso de raíces comerciales. Para esta evaluación, las raíces que cumplían con un peso mayor a 150 gramos fueron separadas y pesadas en una balanza de tipo plato.

a.11. Rendimiento total de raíces por hectárea. Con el uso de la fórmula de Hay y Walker (1989). Se estimó el rendimiento total de las raíces tuberosas por hectárea, según las densidades estudiadas ($d_1 = 22727$ y $d_2 = 27778$).

Fórmula: Rendimiento de raíces frescas por hectárea = densidad de plantación x número de raíces por planta x peso promedio de cada raíz.

a.12. Rendimiento de raíces comerciales por hectárea. Con el uso de la fórmula anterior, se estimará el rendimiento total de las raíces comerciales por hectárea, según las densidades previamente mencionadas.

b) Materia seca

b.1. Contenido de materia seca de la raíz, corona y follaje. Se tomaron dos plantas completas al azar de cada tratamiento por bloque, luego se separó cada órgano y se realizó el siguiente procedimiento:

Se separaron dos raíces, las que fueron cortadas en láminas finas. La corona fue cortada en trozos pequeños y de igual manera la parte aérea de cada planta.

Después se tomó una muestra de 200 gramos, que fue registrada como peso fresco. Seguidamente las muestras fueron colocadas en bolsas N° 5 de papel Kraft, con su respectivo código para ser llevadas a estufa en un rango de 70 – 80 °C hasta encontrar un peso constante.

Una vez que se encontró el peso constante de las muestras, fueron pesadas para registrar este dato como peso seco.

Para calcular el porcentaje de materia seca de cada órgano de la planta de yacón se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%MS = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} \times 100$$

b.2. Contenido de materia seca total y su asignación en cada órgano. Los porcentajes obtenidos anteriormente se aplicaron al peso fresco de cada órgano y con ello se utilizó la siguiente fórmula para calcular la materia seca total:

$$MS \text{ total} = MS \text{ de raíces} + MS \text{ de corona} + MS \text{ follaje}$$

La fórmula ya mencionada simboliza el 100% de materia seca por planta y para calcular la asignación de materia seca en cada órgano se calculó el porcentaje correspondiente.

b.3. Índice de cosecha. Los datos obtenidos en la asignación de materia seca en cada órgano nos ayudaron para calcular el índice de cosecha, que viene a ser el porcentaje de materia seca de la parte cosechable del yacón, en relación al rendimiento de la planta completa. Para ello se trabajó con la siguiente fórmula:

$$IC = \left(\frac{MS \text{ parte cosechable (raíces)}}{MS \text{ total}} \right) \times 100\%$$

c) Contenido de sólidos solubles (°Brix)

Al momento de la cosecha fueron seleccionadas 5 raíces comerciales de cada tratamiento por bloque, para realizar la toma sólidos solubles expresados en °Brix. El procedimiento fue el siguiente:

Las raíces seleccionadas en la cosecha fueron lavadas con abundante agua para eliminar la mayor cantidad de tierra adherida. Luego se realizó orificios en la parte inferior, media y superior de las raíces de yacón con un sacabocado de 9 mm.

En los orificios dejados por los trozos extraídos, se espera unos segundos hasta que libere líquido, del cual se tomó la medida. Una vez que tengamos el líquido en cada orificio, se extraerá con un gotero hacía un recipiente para ser mezclado. Después de ello, se realizará la lectura de sólidos solubles con el uso de un refractómetro manual de marca ATAGO, para tal fin, se siguió la siguiente pauta:

- Primero, se limpia con agua destilada la tapa y prisma del refractómetro, luego se seca cuidadosamente con la finalidad de quedar calibrado antes de comenzar cada lectura.
- Luego se coloca de 1 a 2 gotas de la muestra en el cuerpo prismático del refractómetro, al cerrarse la tapa esta se repartirá homogéneamente.
- Sostener el refractómetro bajo la luz solar u orientarlo hacia una fuente de luz, para ver la escala a través del ocular, el valor a leer se ubica entre el límite claro y oscuro.
- Finalmente se repite el proceso de limpieza con agua destilada en el prisma y la tapa del refractómetro después de cada lectura, para evitar restos de la muestra anterior, lo que podría alterar las siguientes mediciones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables relacionadas al rendimiento

4.1.1. Altura de planta

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la variable altura de planta se muestran en la Tabla 5, los que señalan que no existe significación estadística para la interacción Densidad x Abonamiento x Cultivar, en cambio, si existe alta significación estadística al 1% ($\alpha = 0.01$) para el factor cultivar (C), evidenciando que la altura de planta de yacón es estadísticamente diferente de acuerdo al potencial genético del cultivar o morfotipo.

Tabla 5

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable altura de planta (cm) en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	6419.2	2	3209.6	2.46	0.2893 NS
Densidad (D)	194.18	1	194.18	0.15	0.737 NS
Error (a)	2612.72	2	1306.36		
Abonamiento (A)	371.63	2	185.82	0.65	0.5472 NS
D*A	272.42	2	136.21	0.48	0.6372 NS
Error (b)	2284.3	8	285.54		
Cultivar (C)	2264.04	2	1132.02	17.47	0.0001 **
D*C	124.52	2	62.26	0.96	0.3969 NS
A*C	242.29	4	60.57	0.93	0.4607 NS
D*A*C	468.23	4	117.06	1.81	0.1606 NS
Error (c)	1555.4	24	64.81		
Total	16808.93	53			

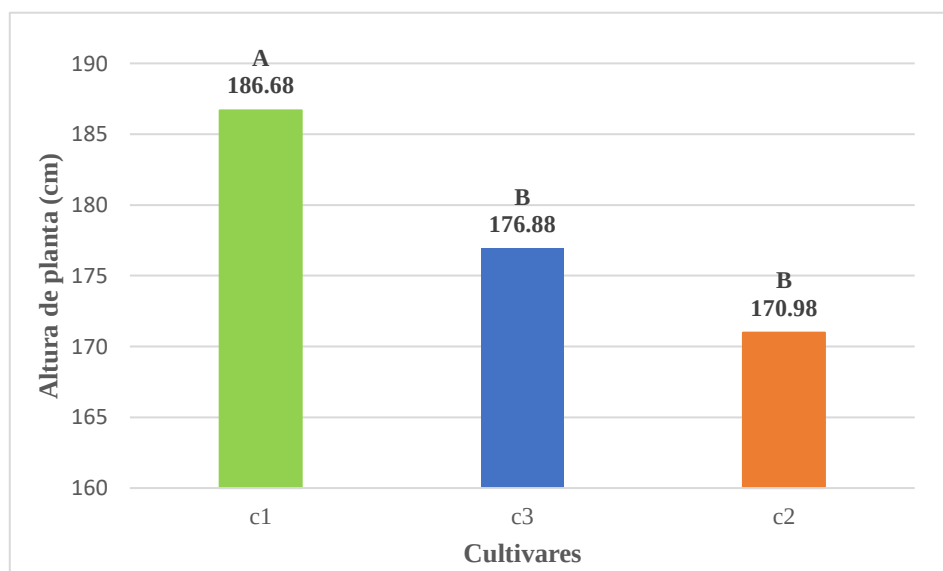
Nota. C.V= 4.52%, NS= No significativo, **= Alta significancia estadística al 99%.

La prueba de DLS al 5% ($\alpha = 0.05$) muestra en la Figura 5, que el cultivar I con una altura de 186.68 cm supera estadísticamente al cultivar IX y al cultivar II con 176.88 y 170.98 cm respectivamente, estos promedios son superiores a los encontrados por López et al. (2021) que menciona un rango de 103 a 157 cm. Por otro lado, Polanco y Augusto (2013) en su investigación reportan una altura promedio de 136.8 cm. Del mismo modo Rodríguez et al.

(2022) indican una altura promedio de 123.5 cm y Tacas (2010), registro en Ayacucho una altura de 160 cm en promedio.

Figura 5

Prueba de DLS (Diferencia Mínima Significativa) al 5% de probabilidad para altura de planta de yacón (cm) por cultivar



En la Tabla 6 se muestran los promedios en orden de mérito para la variable altura de planta (cm) de los cultivares estudiados, evidenciando que existe mejor respuesta para el factor densidad (D) con su segundo nivel y para el factor abonamiento (A) con el tercer nivel, resultando promedios de 180.07 y 174.71 cm respectivamente para cada factor antes mencionado.

Tabla 6

Promedio de altura de yacón (cm) para los factores densidad y abonamiento

Densidad	Medias	Abonamiento	Medias
d2	180.07	a2	181.06
d1	176.28	a1	178.77
		a0	174.71

4.1.2. Número de tallos

En la Tabla 7 se muestra el análisis de varianza del factorial 2D x 3A x 3C. Observando que no existe significación estadística para la interacción Densidad x Abonamiento x Cultivar y tampoco para los factores de manera individual. Del mismo modo, si se encontró significación estadística al 5% ($\alpha = 0.05$) de probabilidades para la interacción Densidad x Cultivar (D*C).

Tabla 7

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable número de tallos en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	6.44	2	3.22	3.35	0.2296 NS
Densidad (D)	4.86	1	4.86	5.06	0.1534 NS
Error (a)	1.92	2	0.96		
Abonamiento (A)	0.61	2	0.3	0.26	0.7751 NS
D*A	6.16	2	3.08	2.68	0.1288 NS
Error (b)	9.21	8	1.15		
Cultivar (C)	0.01	2	0.01	0.01	0.9874 NS
D*C	4.88	2	2.44	5.99	0.0078 *
A*C	0.55	4	0.14	0.34	0.8485 NS
D*A*C	1.16	4	0.29	0.71	0.5906 NS
Error (c)	9.79	24	0.41		
Total	45.6	53			

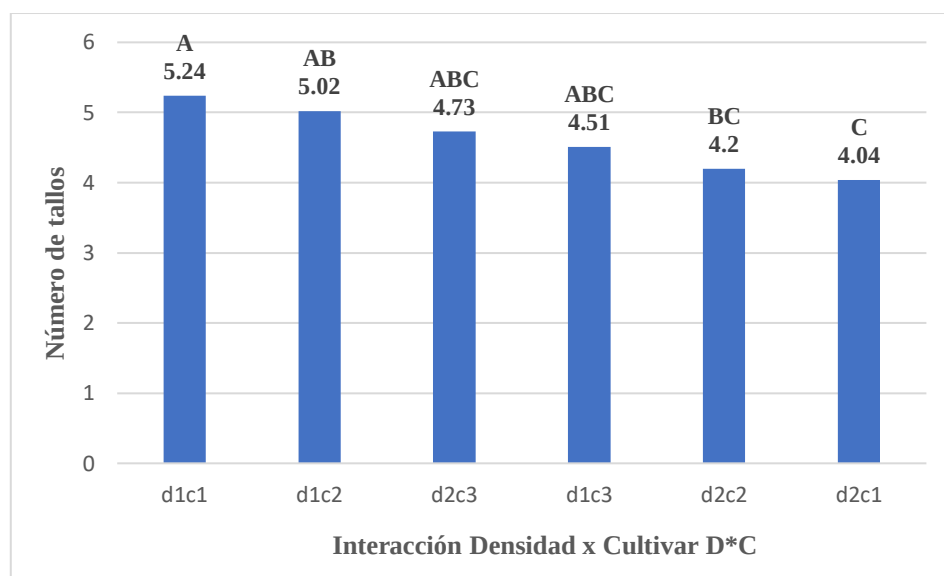
Nota. CV = 13.80%, NS = No significativo, * = Significancia al 95%

De acuerdo a la prueba de DLS al 5% de probabilidad para la interacción entre los factores Densidad x Cultivar (D*C) en el número de tallos (Figura 6), se evidencia que sobresale la interacción d1c1 con 5 tallos por planta siendo estadísticamente superior a la combinación d2c1 que obtuvo 4 tallos por planta. Estos promedios se encuentran dentro del rango obtenido por Rodríguez et al. (2022) con una media de 3 a 6 tallos por planta con una densidad de 20000 plantas por hectárea; Aguilar (2017) reporta un promedio de 5 a 6 tallos por planta. Por otro lado, los promedios obtenidos en la presente investigación son superiores a los

conseguidos por, López et al. (2021) que indica un rango de 2 a 3 tallos por planta y a los obtenidos por Tacas (2010) con 2 tallos por planta en promedio.

Figura 6

Prueba DLS al 5% de probabilidad para número de tallos en plantas de yacón según la interacción Densidad x Cultivar



En la Tabla 8 se muestran los promedios por orden de mérito de número de tallos para los factores en estudio, señalando que la primera densidad (d1), el segundo nivel de abonamiento (a1) y el cultivar I (c1) son los niveles que mejores resultados evidenciaron.

Tabla 8

Promedio de número de tallos de yacón con los factores abonamiento y cultivar

Densidad	Medias	Abonamiento	Medias	Cultivar	Medias
d1	4.93	a1	4.77	c1	4.64
d2	4.33	a0	4.6	c3	4.62
		a2	4.51	c2	4.61

4.1.3. Número de raíces tuberosas

Los resultados del análisis de varianza para número de raíces tuberosas (Tabla 9), señalan que no se encontró significancia estadística para las interacciones dobles ni triple entre

los factores en estudio. Tampoco hubo significación estadística para el factor densidad (D), abonamiento (A) y cultivar (C) de manera individual.

Tabla 9

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable número raíces tuberosas en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	41.85	2	20.93	0.41	0.7072 NS
Densidad (D)	16.67	1	16.67	0.33	0.6238 NS
Error (a)	101.08	2	50.54		
Abonamiento (A)	40.05	2	20.03	1.09	0.3828 NS
D*A	91.54	2	45.77	2.48	0.1451 NS
Error (b)	147.61	8	18.45		
Cultivar (C)	83.06	2	41.53	2.32	0.1197 NS
D*C	106.36	2	53.18	2.97	0.0702 NS
A*C	25.04	4	6.26	0.35	0.8415 NS
D*A*C	91.68	4	22.92	1.28	0.3049 NS
Error (c)	429.27	24	17.89		
Total	1174.21	53			

Nota. CV = 18.68%, NS = No significativo.

La Tabla 10 muestra los promedios en orden de mérito para los tres factores en estudio, siendo el primer nivel (d1) del factor densidad (D) el que mejor promedio obtuvo con 23 raíces tuberosas por planta. Para el factor abonamiento (A) obtuvo el primer lugar el primer nivel (a0) con 24 raíces tuberosas por planta y para el factor cultivar (C), el nivel que sobresalió fue el cultivar II con 24 raíces tuberosas por planta.

Tabla 10

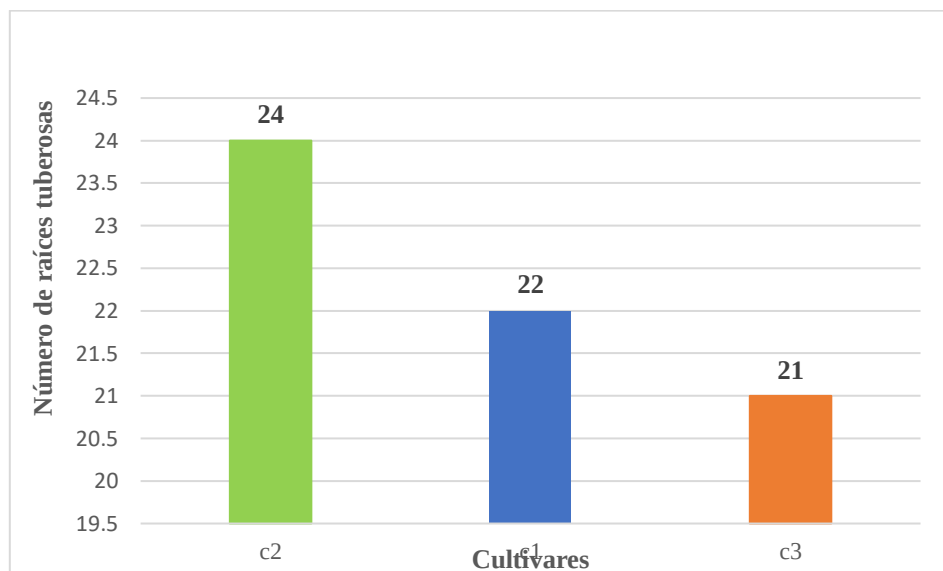
Promedio de número de raíces de yacón con los factores densidad, abonamiento y cultivar

Densidad	Medias	Abonamiento	Medias	Cultivar	Medias
d1	23	a0	23	c2	24
d2	22	a2	22	c1	22
		a1	21	c3	21

A pesar de no encontrar diferencias estadísticas en los factores en estudio, se observa en la Figura 7 que el cultivar II es el que mejor número de raíces tuberosas por planta obtuvo con un promedio de 24 raíces tuberosas, dato superior a lo mencionado por Aguilar (2017) con 18 raíces por planta en promedio para el cultivar II.

Figura 7

Número promedio de raíces por planta de yacón según el cultivar



4.1.4. Peso de raíces tuberosas

El análisis de varianza para la variable peso de raíces tuberosas se muestra en la Tabla 11 y determina que no existe significación estadística para la interacción entre los tres factores en estudio (Cultivar, Abonamiento y Densidad) y que solo se evidencia diferencia estadística al 1% ($\alpha = 0.01$) de probabilidades para el factor cultivar (C).

Tabla 11

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso de raíces tuberosas en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	0.7	2	0.35	0.91	0.5249 NS
Densidad (D)	1.6	1	1.6	4.17	0.1778 NS
Error (a)	0.77	2	0.38		
Abonamiento (A)	1.69	2	0.85	1.97	0.2014 NS
D*A	1.03	2	0.52	1.2	0.3494 NS
Error (b)	3.44	8	0.43		
Cultivar (C)	30.48	2	15.24	27.44	0.0001 **
D*C	0.15	2	0.08	0.14	0.8736 NS
A*C	2.88	4	0.72	1.3	0.2991 NS
D*A*C	0.23	4	0.06	0.1	0.9798 NS
Error (c)	13.33	24	0.56		
Total	56.3	53			

Nota. CV = 21.93%, NS = No significativo, ** = Significancia estadística al 99%.

La prueba DLS, señala en la Figura 8 que el cultivar IX ocupa el primer lugar con un peso de raíces tuberosas promedio de 4.13 kg por planta, pero no existe diferencia significativa con el cultivar II que obtuvo un promedio de 3.69 kg, el último lugar fue ocupado por cultivar I con 2.37 kg por planta.

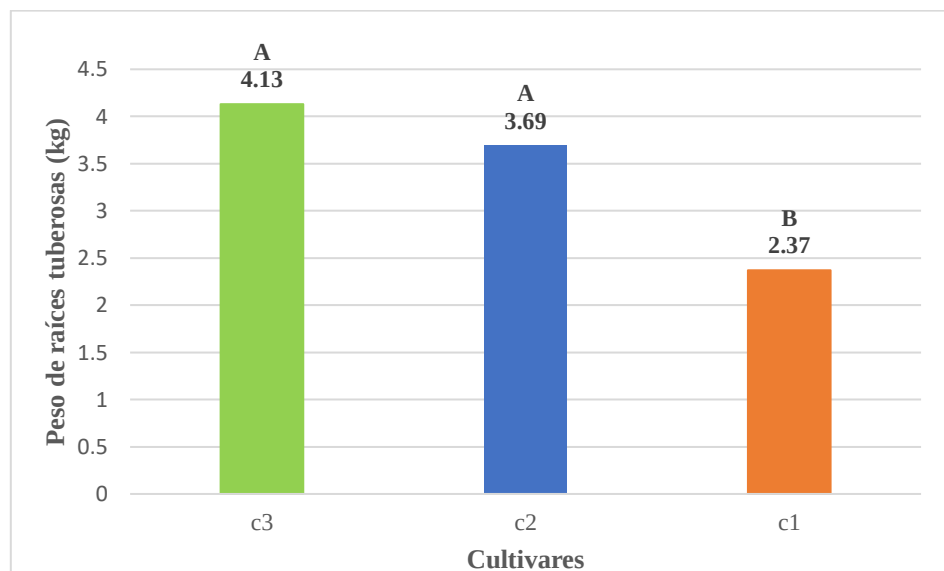
Rodríguez et al. (2022) menciona un rendimiento promedio de 2.03 kg por planta. Por otro lado, López et al. (2021) indica un peso promedio que oscila entre 1.07 y 1.80 kg por planta. Polanco y Augusto (2013) reportan un peso promedio de 3.6 kg por planta. Por lo tanto, los datos encontrados en la presente investigación son ligeramente superiores a los antes mencionados.

Douglas et al. (2005) indica promedios que oscilan entre 2 y 6 kg por planta, con pesos de cepa de 50 y 500 gramos respectivamente. Kamp et al. (2019b) reporta un peso promedio de 1,42 a 2,38 kg por planta con un distanciamiento de 1.14 m entre surcos y de 0.70 m entre plantas. Amaya (2002) menciona que la producción de raíces fue variable con pesos promedios

entre 4 y 12,8 kg por planta. Por su parte, Tokita et al. (2015) obtuvo un rendimiento promedio de 1.06 kg con un distanciamiento de 0.80 m entre surcos y 0.60 entre plantas y 2.05 kg por planta con 1.0 m entre surcos y 0.80 m entre plantas.

Figura 8

Prueba DLS al 5% de probabilidad para peso total de raíces (kg) por planta según el cultivar



La Tabla 12 muestra los promedios en orden de mérito para el peso de raíces tuberosas de los factores densidad (D) y abonamiento (A), sobresaliendo la densidad 1 (d1) con 3.57 kg por planta y el segundo nivel de abonamiento (a1) con 3.54 kg de raíces tuberosas por planta.

Tabla 12

Promedio de peso de raíces tuberosas de yacón con los factores densidad y abonamiento

Densidad	Medias	Abonamiento	Medias
d1	3.57	a1	3.54
d2	3.23	a0	3.50
		a2	3.15

4.1.5. Número de raíces comerciales

En la Tabla 13 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la variable número de raíces comerciales, en el cual se aprecia que no existe significación estadística para la interacción entre los factores en estudio Densidad x Abonamiento x Cultivar. Sin embargo, existe significación estadística para el factor cultivar (C), lo que quiere decir que son estadísticamente diferentes entre ellos.

Tabla 13

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable número de raíces comerciales en el ensayo tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

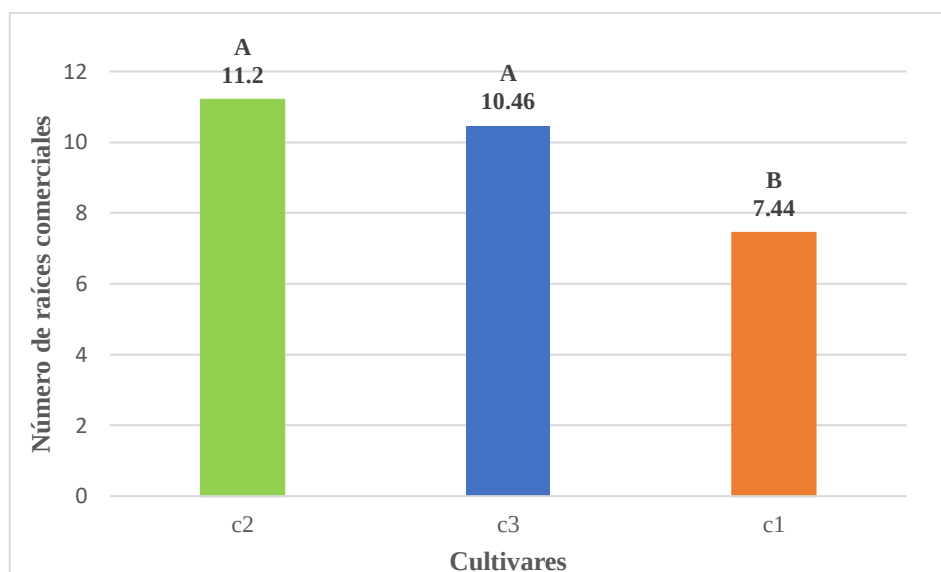
Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	90.27	2	45.14	2.67	0.2726 NS
Densidad (D)	0.62	1	0.62	0.04	0.8655 NS
Error (a)	33.82	2	16.91	2.97	0.0704 NS
Abonamiento (A)	10.84	2	5.42	1.4	0.3003 NS
D*A	16.81	2	8.41	2.18	0.1759 NS
Error (b)	30.89	8	3.86	0.68	0.7059 NS
Cultivar (C)	142.35	2	71.18	12.5	0.0002 *
D*C	11.87	2	5.93	1.04	0.3681 NS
A*C	10.26	4	2.57	0.45	0.7709 NS
D*A*C	5.44	4	1.36	0.24	0.9136 NS
Error (c)	136.64	24	5.69		
Total	489.82	53			

Nota. CV = 24.60%, NS = No significativo, * = Significancia estadística al 95%.

La prueba DLS (Figura 9) indica que no existe diferencia estadística entre el cultivar II y cultivar IX que han obtenido 11.20 y 10.46 raíces comerciales por planta respectivamente, pero si son estadísticamente diferentes con el cultivar I, que ocupó el último lugar con un promedio de 7.44 raíces comerciales por planta. Medias que son superiores a las obtenidas por Rodríguez et al. (2022) que indica un promedio de 6 raíces comerciales por planta, López et al. (2021) registra un promedio 1.5 a 7.2 raíces comerciales por planta y Aguilar (2017), que menciona un rango de 2 a 5 raíces comerciales por planta.

Figura 9

Prueba DLS al 5% de probabilidades para número promedio de raíces comerciales por planta según el cultivar de yacón



La Tabla 14 muestra los promedios en orden de mérito para el factor densidad (D), siendo el segundo nivel (d2) el que ocupó el primer lugar con 9.81 raíces comerciales; para el factor abonamiento resalto el primer nivel (a0) con 10.33 raíces comerciales por planta.

Tabla 14

Promedio de número de raíces comerciales de yacón con los factores densidad y abonamiento

Densidad	Medias	Abonamiento	Medias
d2	9.81	a0	10.33
d1	9.59	a1	9.40
		a2	9.37

4.1.6. Peso de raíces comerciales

Los resultados del análisis de varianza para el peso de raíces tuberosas comerciales (Tabla 15), muestran que no existe significación estadística para la interacción entre los

factores en estudio (D*A*C). Pero si existe alta significación estadística al 1% ($\alpha = 0.01$) de probabilidad para el factor cultivar (C).

Tabla 15

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso de raíces comerciales en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	0.84	2	0.42	0.51	0.6609 NS
Densidad (D)	0.36	1	0.36	0.44	0.5746 NS
Error (a)	1.63	2	0.82		
Abonamiento (A)	0.84	2	0.42	1.24	0.3394 NS
D*A	0.88	2	0.44	1.29	0.3262 NS
Error (b)	2.71	8	0.34		
Cultivar (C)	37.15	2	18.58	44.44	0.0001 **
D*C	0.09	2	0.04	0.1	0.901 NS
A*C	1.38	4	0.35	0.83	0.5214 NS
D*A*C	0.33	4	0.08	0.2	0.9375 NS
Error (c)	10.03	24	0.42		
Total	56.25	53			

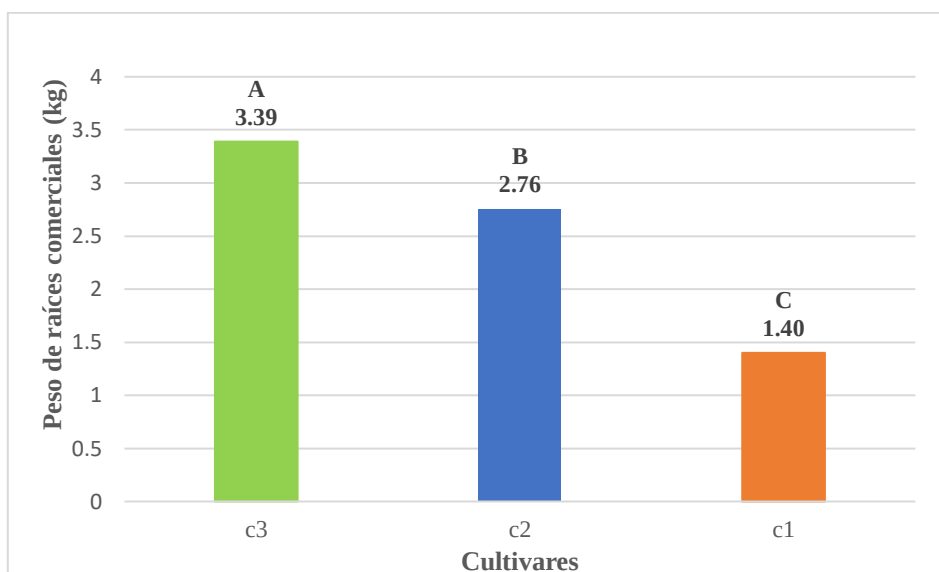
Nota. CV = 25.68%, NS = No significativo, ** = Significancia estadística al 99%.

La prueba de DLS al 5% de probabilidad (Figura 10), indica que el cultivar IX con 3.39 kg de raíces comerciales por planta es el que ocupó el primer lugar superando estadísticamente al cultivar II y I, con 2.76 kg y 1.40 kg por planta respectivamente.

Los datos obtenidos en la presente investigación son superiores a los indicados por Aguilar (2017) que registra un promedio de 0.98 kg por planta, teniendo como valor máximo a 1.45 kg por planta y un valor mínimo de 0.38 kg por planta y Rodríguez et al. (2022) que menciona un promedio de 1.34 kg por planta.

Figura 10

Prueba de DLS al 5% de probabilidad para peso promedio de raíces comerciales (kg) por planta de yacón según el cultivar



La Tabla 16 muestra los promedios en orden de mérito para el peso de raíces comerciales de los factores densidad (D) y abonamiento (A), sobresaliendo el primer nivel de densidad (d1) con 2.60 kg por planta y el primer nivel de abonamiento (a0) con 2.62 kg de raíces comerciales por planta.

Tabla 16

Promedio de peso de raíces comerciales de yacón con los factores densidad y abonamiento

Densidad	Medias	Abonamiento	Medias
d1	2.60	a0	2.62
d2	2.44	a1	2.60
		a2	2.34

4.1.7. Diámetro de raíces comerciales

Los resultados de análisis de varianza para el diámetro de raíces comerciales (Tabla 17), señalan que no existió significación estadística para la interacción entre los factores

Densidad x Abonamiento x Cultivar. Por otro lado, muestra que se encontró alta significación estadística al 1 % ($\alpha = 0.01$) para el factor cultivar (C).

Tabla 17

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable diámetro de raíces comerciales (cm) en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	0.71	2	0.35	0.4	0.7118 NS
Densidad (D)	1.85	1	1.85	2.12	0.283 NS
Error (a)	1.75	2	0.88		
Abonamiento (A)	1.26	2	0.63	1.59	0.2616 NS
D*A	0.69	2	0.34	0.87	0.4544 NS
Error (b)	3.16	8	0.4		
Cultivar (C)	45.99	2	22.99	66.78	0.0001 **
D*C	0.02	2	0.01	0.02	0.9768 NS
A*C	0.36	4	0.09	0.26	0.9003 NS
D*A*C	1.85	4	0.46	1.34	0.2834 NS
Error (c)	8.26	24	0.34		
Total	65.9	53			

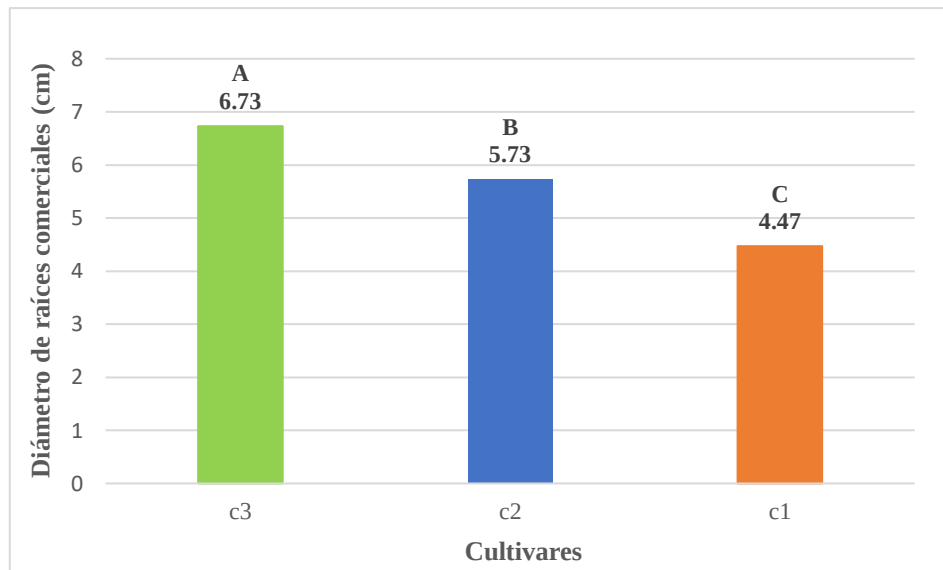
Nota. CV = 10.40%, ** = Significancia estadística al 99%.

La prueba de DLS al 5% de probabilidad muestra en la Figura 11, que existen diferencias estadísticas entre cultivares, sobresaliendo el cultivar IX con un diámetro de raíces comerciales promedio de 6.73 cm, dejando en segundo y último lugar al cultivar II y I, con medias de 5.73 y 4.47 cm respectivamente.

Los datos obtenidos en la presente investigación están dentro del rango mencionado por Ramos y Arias (2010) que registraron un promedio que oscila entre 5.80 y 7.35 cm. De igual modo Rodríguez (2019) indica valores entre 4.6 y 5.6 cm de diámetro de raíces comerciales. Por otro lado, Polanco y Augusto (2013) registraron un promedio de 4.98 cm de diámetro, Tacas (2010) indica un promedio de 5.15 cm y Cuadros (2012) registró un promedio de 5.40 cm en el diámetro de raíces comerciales.

Figura 11

Prueba de DLS al 5% de probabilidad para diámetro de raíces comerciales de yacón (cm) de acuerdo al cultivar



La Tabla 18 muestra los promedios en orden de mérito del diámetro de raíces comerciales para los factores densidad (D) y abonamiento (A) resaltando la primera densidad (d1) con 5.83 cm y el primer nivel de abonamiento (a0) con 5.85 cm de diámetro de raíces en promedio.

Tabla 18

Promedio del diámetro de raíces comerciales de yacón para densidad y abonamiento

Densidad	Medias	Abonamiento	Medias
d1	5.83	a0	5.85
d2	5.46	a1	5.60
		a2	5.49

4.1.8. Longitud de raíces comerciales

Los resultados del análisis de varianza para el largo de raíces comerciales (Tabla 19), indican que no existe significación estadística para la interacción entre los factores en estudio (D*A*C). Sin embargo, existe alta significación estadística al 1% de probabilidades ($\alpha = 0.01$)

para el factor cultivar (C) y significancia estadística al 5% ($\alpha = 0.05$) de probabilidades para el factor abonamiento (A) de manera individual.

Tabla 19

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable largo de raíces comerciales en el ensayo tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	15.22	2	7.61	1.71	0.3689 NS
Densidad (D)	2.7	1	2.7	0.61	0.5176 NS
Error (a)	8.9	2	4.45		
Abonamiento (A)	7.63	2	3.82	5.17	0.0362 *
D*A	4.46	2	2.23	3.02	0.1052 NS
Error (b)	5.91	8	0.74		
Cultivar (C)	44.31	2	22.16	6.83	0.0045 **
D*C	8.85	2	4.42	1.36	0.2747 NS
A*C	10.27	4	2.57	0.79	0.5419 NS
D*A*C	6.37	4	1.59	0.49	0.7422 NS
Error (c)	77.84	24	3.24		
Total	192.47	53			

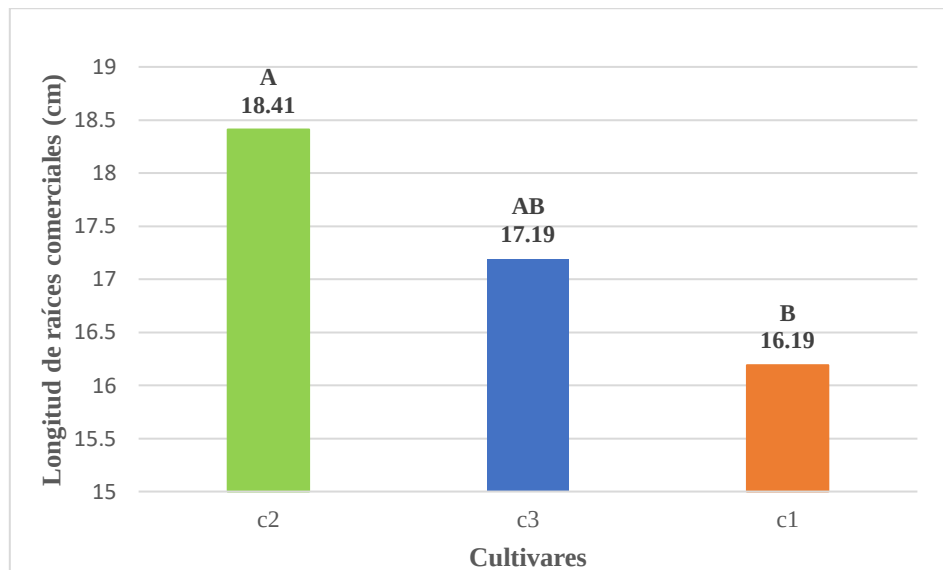
Nota. C.V= 10.43%. * Significancia al 95%, ** = Significancia estadística al 99%.

La prueba de DLS al 5% de probabilidad se muestra en la Figura 12 y evidencia que el cultivar II ocupa el primer lugar con 18.41 cm de largo de raíces comerciales y no difiere estadísticamente con el cultivar IX, que obtuvo 17.19 cm. En último lugar tenemos al cultivar I con 16.19 cm de largo de raíces comerciales.

Rodríguez (2019) registró promedios de longitud entre 15.73 y 11.73 cm. Por otro lado, Polanco y Augusto (2013) indican un promedio de 17.30 cm de longitud en las raíces comerciales. Del mismo modo que Tacas (2010) registra una media de 15.64 cm de longitud; Cuadros (2012) indica valores para longitud de raíces comerciales que oscilan entre 5.4 y 15.43 cm. Ramos y Arias (2010) mencionan en su investigación un promedio entre 13.80 y 21.62 cm de longitud en las raíces comerciales. Los datos antes mencionados se encuentran dentro del rango obtenido en la presente investigación.

Figura 12

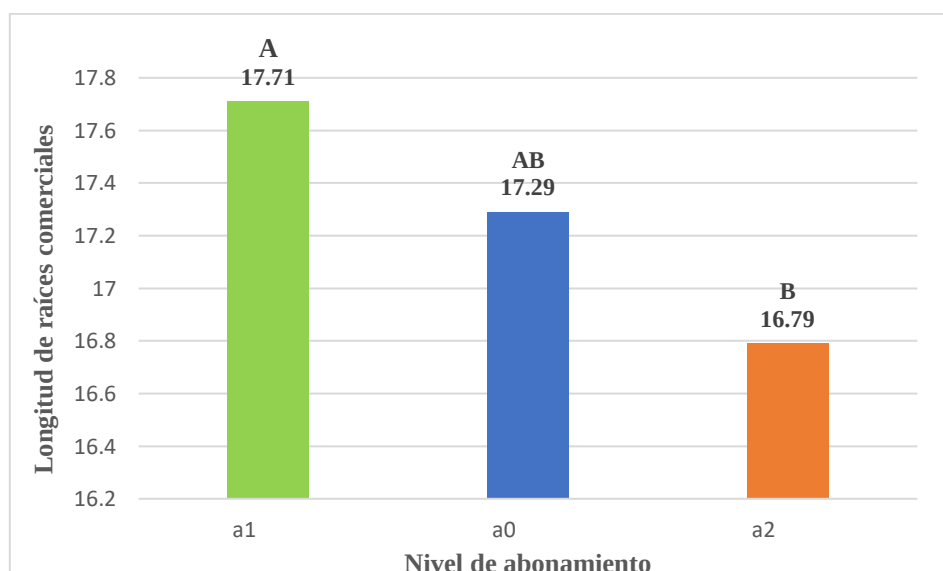
Prueba de DLS al 5% de probabilidad para longitud de raíces (cm) según el cultivar



En la Figura 13 se observa la prueba de DLS al 5% de probabilidad para la longitud de raíces según el nivel de abonamiento y se evidencia que el segundo nivel de abonamiento con una media de 17.71 cm de longitud de las raíces comerciales es superior estadísticamente al primer y tercer nivel de abonamiento cuyos promedios son 17.29 y 16.79 cm respectivamente.

Figura 13

Prueba DLS al 5% de probabilidad para longitud de raíces comerciales según el factor abonamiento



En la Tabla 20 se muestran los promedios en orden de mérito para el factor densidad (D) cuyo primer nivel (d1) es el que mejor resultados produjo en la investigación con 17.49 cm de longitud de raíces comerciales.

Tabla 20

Promedio del largo de raíces comerciales de yacón para el factor densidad

Densidad	Medias
d1	17.49
d2	17.04

4.1.9. Peso de cepa

En el análisis de varianza para peso de cepa (Tabla 21), se evidencia que no se encontró significancia estadística para la interacción entre los factores de estudio. Tampoco existe significación estadística para los factores densidad (D), abonamiento (A) y cultivar (C) a modo de efecto simple, por lo que se deduce que hubo homogeneidad entre ellos.

Tabla 21

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso de cepa en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	0.03	2	0.01	0.29	0.7728 NS
Densidad (D)	0.08	1	0.08	1.62	0.3306 NS
Error (a)	0.09	2	0.05		
Abonamiento (A)	0.33	2	0.17	1.96	0.2032 NS
D*A	0.2	2	0.1	1.19	0.3535 NS
Error (b)	0.68	8	0.08		
Cultivar (C)	0.42	2	0.21	2.25	0.1275 NS
D*C	0.44	2	0.22	2.38	0.1137 NS
A*C	0.26	4	0.07	0.71	0.5946 NS
D*A*C	0.24	4	0.06	0.64	0.6374 NS
Error (c)	2.23	24	0.09		
Total	5	53			

Nota. C.V= 25.18%. NS = No significativo.

La Tabla 22 muestra los promedios en orden de mérito para los tres factores en estudio. Para el factor densidad (D), se obtuvo mejor resultados con la segunda densidad (d2) con un promedio de 1.25 kg de peso de cepa; en el factor abonamiento (A), el primer lugar fue ocupado por el ultimo nivel (a2) con 1.28 kg y para el factor cultivar (C), el cultivar I, fue el nivel que dio mejor resultados con 1.32 kg de peso de cepa.

Tabla 22

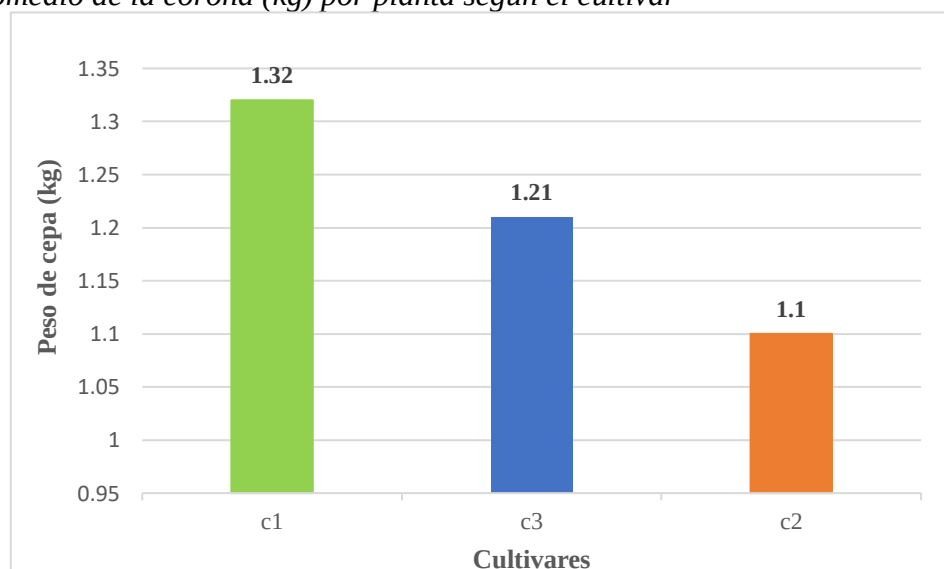
Promedio del peso de cepa de yacón para los factores densidad, abonamiento y cultivar

Densidad	Medias	Abonamiento	Medias	Cultivar	Medias
d2	1.25	a2	1.28	c1	1.32
d1	1.17	a0	1.24	c3	1.21
		a1	1.10	c2	1.10

A pesar de no encontrar diferencias estadísticas en los factores en estudio, en la Figura 14 se observa que el cultivar I es el que mejor peso de corona registró con un promedio de 1.32 kg por planta, dato que se encuentra por debajo a lo mencionado por Aguilar (2017) con un promedio de 2.03 kg por planta para el cultivar I y Rodríguez et al. (2022) que registró 2.48 kg por planta para este cultivar.

Figura 14

Peso promedio de la corona (kg) por planta según el cultivar



4.1.10. Peso de follaje

Los resultados del análisis de varianza para la variable peso de follaje que se muestran en la Tabla 23, indican que no existe significación estadística para la interacción Densidad x Abonamiento x Cultivar (D*A*C*). Sin embargo, se encontró de manera individual, alta significación estadística al 1% ($\alpha = 0.01$) de probabilidades para el factor cultivar (C).

Tabla 23

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso de follaje en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

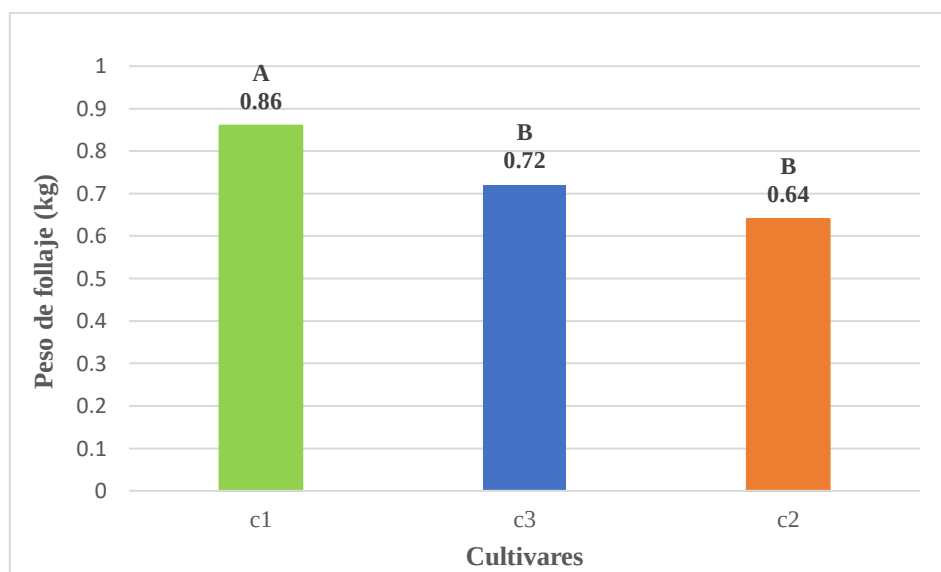
Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	0.01	2	3.10E-03	0.03	0.9729 NS
Densidad (D)	0.03	1	0.03	0.27	0.6547 NS
Error (a)	0.22	2	0.11		
Abonamiento (A)	0.01	2	0.01	0.22	0.8087 NS
D*A	0.08	2	0.04	1.37	0.3070 NS
Error (b)	0.23	8	0.03		
Cultivar (C)	0.45	2	0.22	19.73	0.0001 **
D*C	0.05	2	0.02	2.01	0.1555 NS
A*C	0.02	4	0.01	0.5	0.7354 NS
D*A*C	0.01	4	2.30E-03	0.2	0.9363 NS
Error (c)	0.27	24	0.01		
Total	1.37	53			

Nota. C.V= 14.36%. NS = No significativo, ** = Significancia estadística al 99%.

La prueba de DLS al 5% de probabilidad (Figura 15) muestra que el primer lugar fue ocupado el cultivar I con 0.86 kg por planta y que difiere estadísticamente con el grupo formado por el cultivar IX y el cultivar II con 0.72 y 0.64 kg por planta respectivamente. Rodríguez et al. (2022) registra un promedio de 0.25 a 0.73 kg de follaje por planta. Estos datos están dentro del rango encontrado en la presente investigación.

Figura 15

Prueba de DLS al 5% de probabilidad para peso promedio de follaje (kg) por planta según el cultivar



En la Tabla 24 se muestran los promedios en orden de mérito del peso de follaje de yacón para los factores densidad (D), cuyo mejor resultado fue obtenido por el primer nivel (d1) con 0.76 kg de follaje por planta; para el factor abonamiento (A), el primer lugar fue ocupado por el tercer nivel (a2) con 0.76 kg por planta.

Tabla 24

Promedio del peso de follaje de yacón para los factores densidad y abonamiento

Densidad	Medias	Abonamiento	Medias
d1	0.76	a2	0.76
d2	0.72	a1	0.74
		a0	0.72

4.1.11. Rendimiento total de raíces por hectárea

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de raíces por hectárea muestran en la Tabla 25 que no se encontró significación estadística para la interacción entre los factores en estudio. Por otro lado, si existe alta significación estadística para el factor

cultivar (C), lo que indica que el rendimiento de los cultivares de yacón son estadísticamente diferentes entre sí.

Tabla 25

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable rendimiento de raíces por hectárea en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	526.47	2	263.23	0.92	0.5209 NS
Densidad (D)	965.61	1	965.61	3.37	0.2077 NS
Error (a)	572.45	2	286.23		
Abonamiento (A)	1161.92	2	580.96	2.17	0.1766 NS
D*A	744.98	2	372.49	1.39	0.3029 NS
Error (b)	2141.19	8	267.65		
Cultivar (C)	19705.16	2	9852.58	25.27	0.0001 **
D*C	560.58	2	280.29	0.72	0.4975 NS
A*C	1879.95	4	469.99	1.21	0.3342 NS
D*A*C	207.42	4	51.86	0.13	0.9687 NS
Error (c)	9356.69	24	389.86		
Total	37822.42	53			

Nota. C.V= 23.13%. NS = No significativo, ** = Significancia estadística al 99%.

La prueba de DLS al 5% de probabilidad (Figura 16), muestra que el cultivar IX ocupó el primer lugar con 104.13 t ha⁻¹ y no es diferente significativamente con el cultivar II, que obtuvo 92.83 t ha⁻¹. El último lugar fue ocupado por el cultivar I con un promedio de 59.16 t ha⁻¹. Estos valores son superiores a los encontrados por Rodríguez et al. (2022) que menciona un rendimiento cuyo valor más bajo es de 15.1 t ha⁻¹ y el valor más alto de 59.4 t ha⁻¹, con un promedio de 40.59 t ha⁻¹. Así mismo, Aguilar (2017) indica un valor de 43.0 t ha⁻¹ como rendimiento promedio de los cultivares estudiados y Cuadros (2012) señala que obtuvo un rendimiento de 38.04 t ha⁻¹ con deshierbo continuo en el periodo de cultivo, datos que son inferiores a los encontrados en la presente investigación.

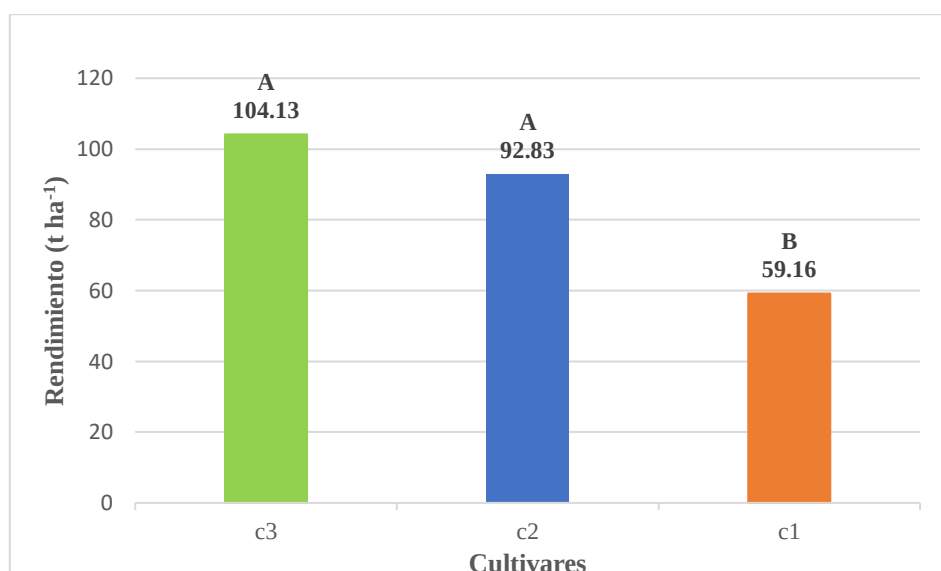
Douglas et al. (2005) obtuvo rendimientos que van desde 26.6 t ha⁻¹, 66.5 t ha⁻¹ y 79.8 t ha⁻¹ con tamaños de cepa de 50, 200 y 500 g respectivamente, demostrando que el tamaño de

la semilla influye en el rendimiento de raíces. Así mismo, Kamp et al. (2019b) indica rendimientos que varían entre 17.8 y 29.8 t ha⁻¹ según el método de siembra. Por otro lado, Polanco y Augusto (2013) señalan que obtuvieron un rendimiento máximo en Colombia de 36 t ha⁻¹ con un distanciamiento de 1.40 m entre surcos y 1.0 m entre plantas. Kamp et al. (2019a) en el suroeste de Alemania, registraron rendimientos de 50.25 y 67.32 t ha⁻¹ con el nivel más alto de fertilización nitrogenada que fue de 80 kg N ha⁻¹.

Lebeda (2011) indica que se obtuvieron rendimientos de 100, 107 y 111 t ha⁻¹ dentro de la región Andina, específicamente en Bolivia, Oxapampa y Cusco y fuera de los Andes los rendimientos más altos se encuentran en Capao Bonito Brazil con 100 t ha⁻¹.

Figura 16

Prueba de DLS al 5% de probabilidad para rendimiento en t ha⁻¹ de raíces de yacón según el cultivar



La Tabla 26 muestra los promedios en orden de mérito del rendimiento de raíces por hectárea de yacón para el factor densidad (D), siendo el segundo nivel (d2) el que sobresalió con 89.60 t ha⁻¹; para abonamiento (A) el segundo nivel (a1) fue el que dio mejores resultados con un rendimiento de 88.74 t ha⁻¹.

Tabla 26

Promedio del rendimiento de raíces por hectárea de yacón para los factores densidad y abonamiento

Densidad	Medias	Abonamiento	Medias
d2	89.60	a1	88.74
d1	81.14	a0	88.56
		a2	78.81

4.1.12. Rendimiento de raíces comerciales por hectárea

Los resultados del análisis de varianza para el rendimiento de raíces comerciales por hectárea se muestran en la Tabla 27 e indican que no hubo significación estadística para la interacción entre los factores Densidad x Abonamiento x Cultivar. Pero si se evidencia que existió diferencia significativa al 1% ($\alpha = 0.01$) para el factor cultivar (C).

Tabla 27

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable rendimiento de raíces comerciales ha⁻¹ en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	458.24	2	229.12	0.48	0.677 NS
Densidad (D)	994.96	1	994.96	2.07	0.2867 NS
Error (a)	960.64	2	480.32		
Abonamiento (A)	620.03	2	310.02	1.37	0.309 NS
D*A	642.42	2	321.21	1.41	0.2979 NS
Error (b)	1816.79	8	227.1		
Cultivar (C)	23829.13	2	11914.56	39.62	0.0001 **
D*C	430.19	2	215.1	0.72	0.4992 NS
A*C	957.22	4	239.31	0.8	0.5396 NS
D*A*C	292.99	4	73.25	0.24	0.9107 NS
Error (c)	7217.13	24	300.71		
Total	38219.75	53			

Nota. C.V= 27.37%. NS=No significativo, **=Significancia estadística al 99%.

La prueba de DLS al 5% de probabilidad muestran en la Figura 17 que los cultivares son estadísticamente diferentes, ocupando en primer lugar el cultivar IX con un rendimiento

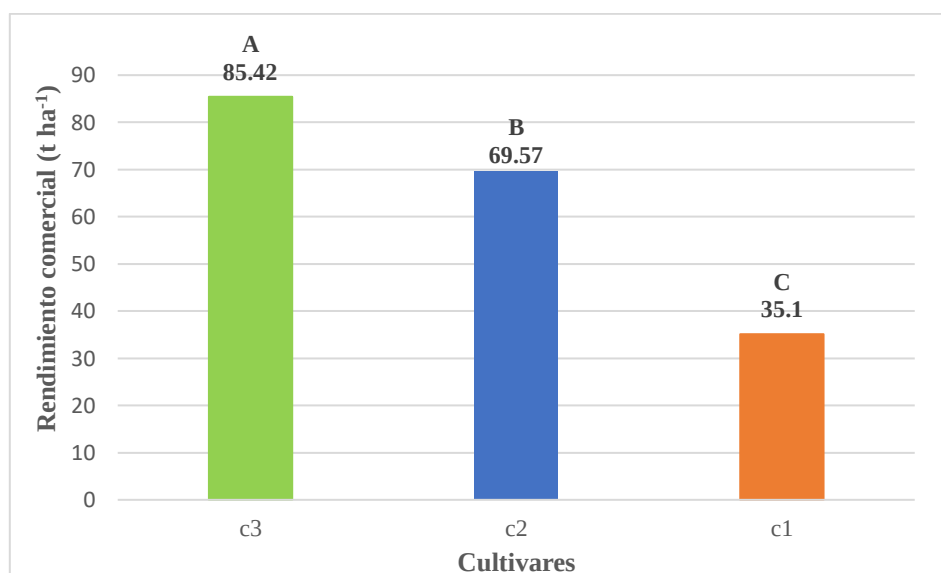
de 85.42 t ha⁻¹, dejando en segundo y tercer lugar al cultivar II y cultivar I con 69.57 y 35.10 t ha⁻¹ respectivamente.

Comparando nuestros resultados con los obtenidos por autores como Rodríguez et al. (2022) que menciona un rendimiento promedio de 26.85 t ha⁻¹ y Aguilar (2017) que por su parte señala un rendimiento de 27.4 t ha⁻¹ en los cultivares que estudio, evidenciando que los resultados obtenidos en la presente investigación son superiores a los referidos anteriormente.

Muenala (2014) señala un rendimiento de 9.56 t ha⁻¹ de raíces comerciales aplicando una fórmula de fertilización química a razón de 18-46-00 (N-P-K). Por otro lado, Córdova y Galecio (2006) registraron en Piura un rendimiento que oscila entre 11.51 y 14.11 t ha⁻¹, estos valores son inferiores a los obtenidos en nuestra investigación.

Figura 17

Prueba de DLS al 5% de probabilidad para rendimiento comercial en t ha⁻¹ de raíces de yacón según el cultivar



La Tabla 28 muestra los promedios en orden de mérito para las variables densidad (D) y abonamiento (A), teniendo al segundo nivel de densidad (d2) en primer lugar con 67.65 t ha⁻¹ y para el factor abonamiento, el mejor resultado se obtuvo con el primer nivel (a0) con un rendimiento de 66.28 t ha⁻¹.

Tabla 28

Promedio del rendimiento de raíces comerciales por hectárea de yacón para los factores densidad y abonamiento

Densidad	Medias	Abonamiento	Medias
d2	67.65	a0	66.28
d1	59.07	a1	65.20
		a2	58.61

Figura 18

Rendimiento total de raíces ha⁻¹ de yacón, en la interacción de Densidad de plantación x Abonamiento x Cultivar

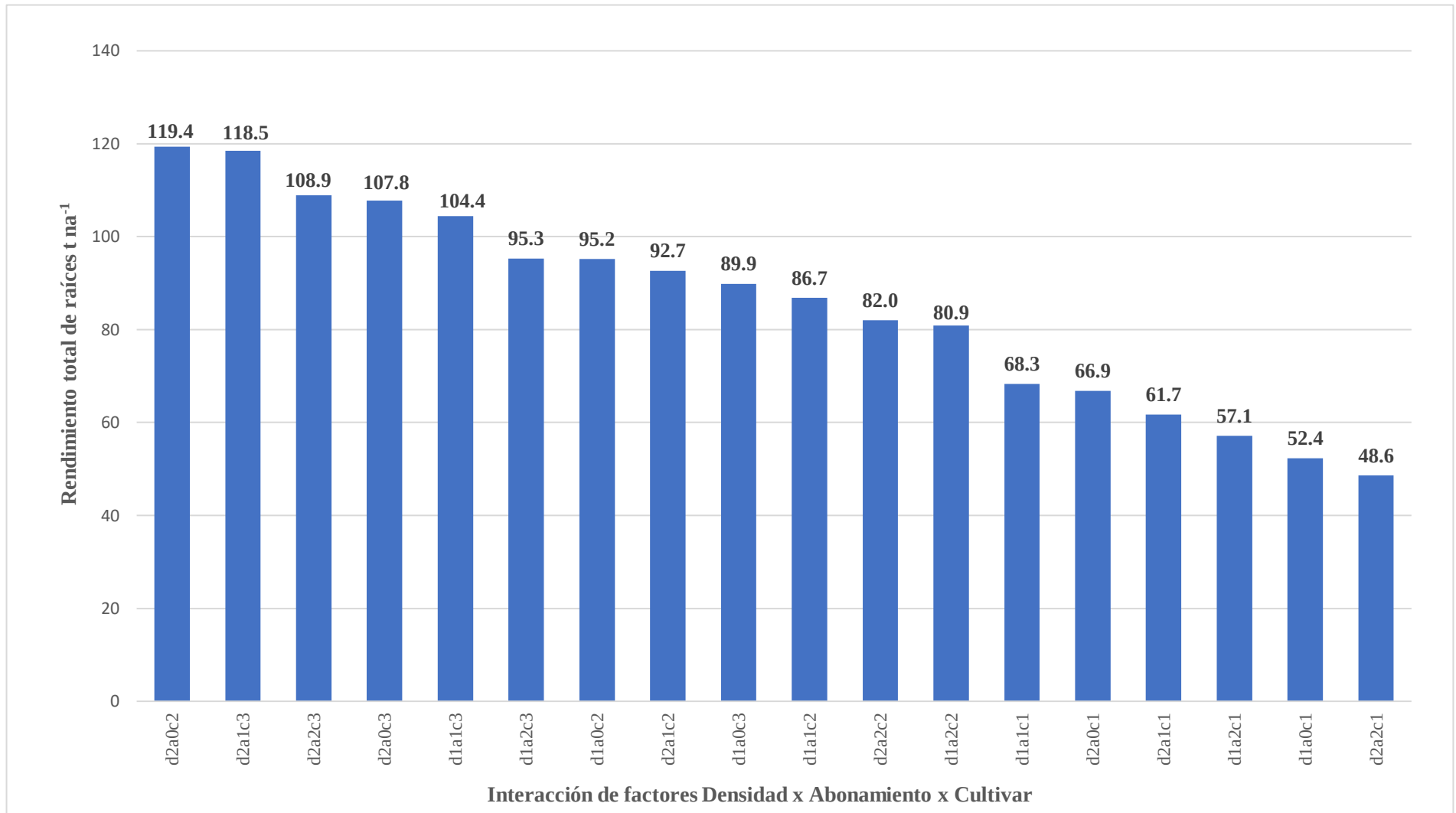


Figura 19

Rendimiento total de raíces comerciales ha⁻¹ de yacón, en la interacción de Densidad de plantación x Abonamiento x Cultivar

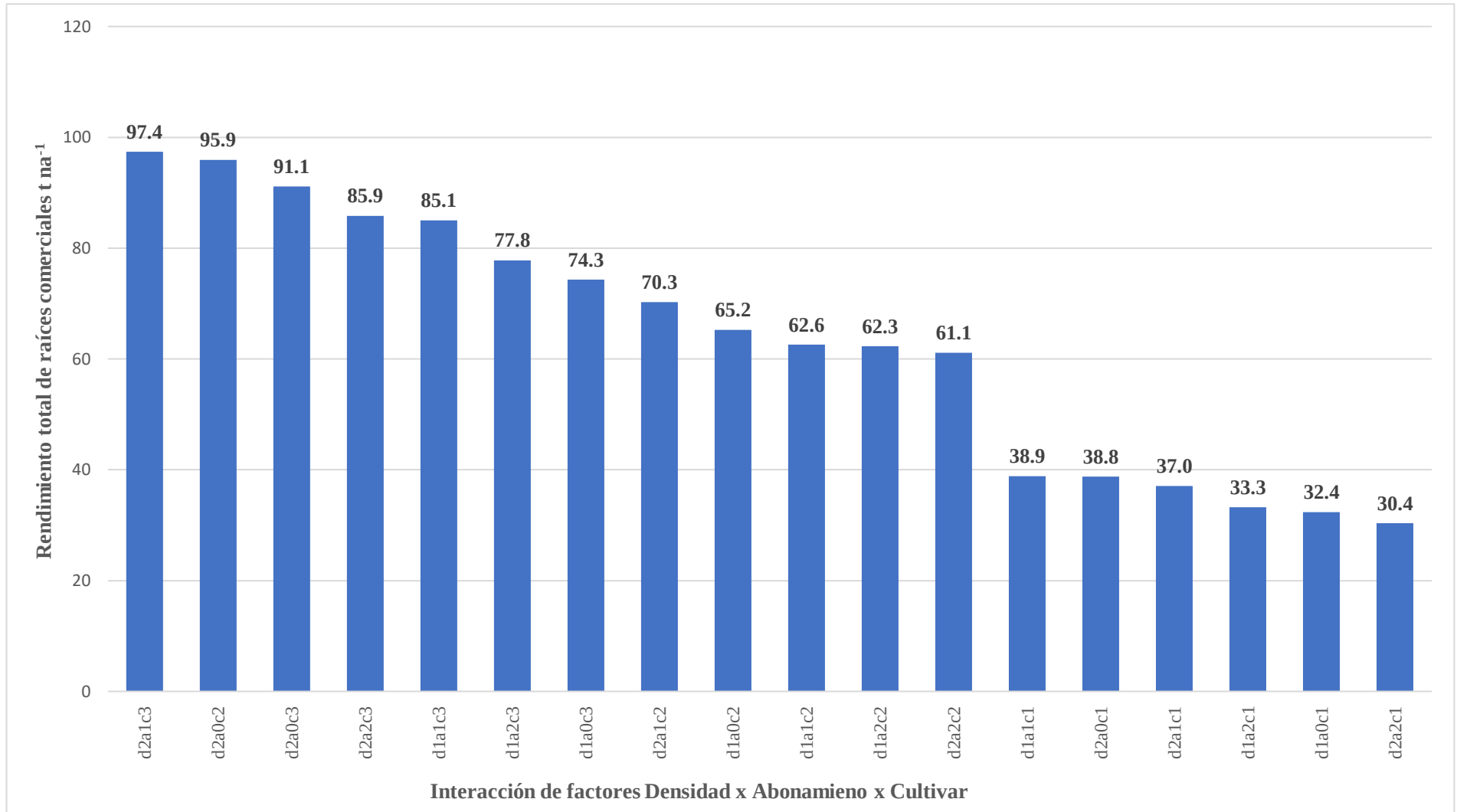


Tabla 29

Resumen de cuadrados medios del análisis de varianza (ANOVA) de las variables estudiadas en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

F de V	G L	Cuadrados Medios									
		Altura de planta	Número de tallos	Peso de raíces tuberosas	Número de RC	Peso de RC	Diámetro de RC	Long. de RC	Peso de follaje	Rendimiento de raíces ha	Rendimiento de RC ha
Bloques	2	3209.6	3.22	0.35	45.14	0.42	0.35	7.61	3.10E-03	263.23	229.12
Densidad (D)	1	194.18	4.86	1.6	0.62	0.36	1.85	2.7	0.03	965.61	994.96
Error (a)	2	1306.36	0.96	0.38	16.91	0.82	0.88	4.45	0.11	286.23	480.32
Abonamiento (A)	2	185.82	0.3	0.85	5.42	0.42	0.63	3.82	0.01	580.96	310.02
D*A	2	136.21	3.08	0.52	8.41	0.44	0.34	2.23	0.04	372.49	321.21
Error (b)	8	285.54	1.15	0.43	3.86	0.34	0.4	0.74	0.03	267.65	227.1
Cultivar (C)	2	1132.02	0.01	15.24	71.18	18.58	22.99	22.16	0.22	9852.58	11914.56
D*C	2	62.26	2.44	0.08	5.93	0.04	0.01	4.42	0.02	280.29	215.1
A*C	4	60.57	0.14	0.72	2.57	0.35	0.09	2.57	0.01	469.99	239.31
D*A*C	4	117.06	0.29	0.06	1.36	0.08	0.46	1.59	2.30E-03	51.86	73.25
Error (c)	24	64.81	0.41	0.56	5.69	0.42	0.34	3.24	0.01	389.86	300.71
Total	53										
C.V (%)		4.52	13.80	21.93	24.60	25.68	10.40	10.43	14.36	23.13	27.37

4.2. Materia seca

4.2.1. Porcentaje de materia seca en las raíces

Los resultados del análisis de varianza para el porcentaje de materia seca de las raíces de yacón se muestran en la Tabla 30 e indican se encontró alta significación estadística al 1% ($\alpha = 0.01$) para los factores abonamiento (A) y cultivar (C); del mismo modo también indica ser altamente significativa para la interacción Abonamiento x Cultivar (A*C).

Tabla 30

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de materia seca de las raíces en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

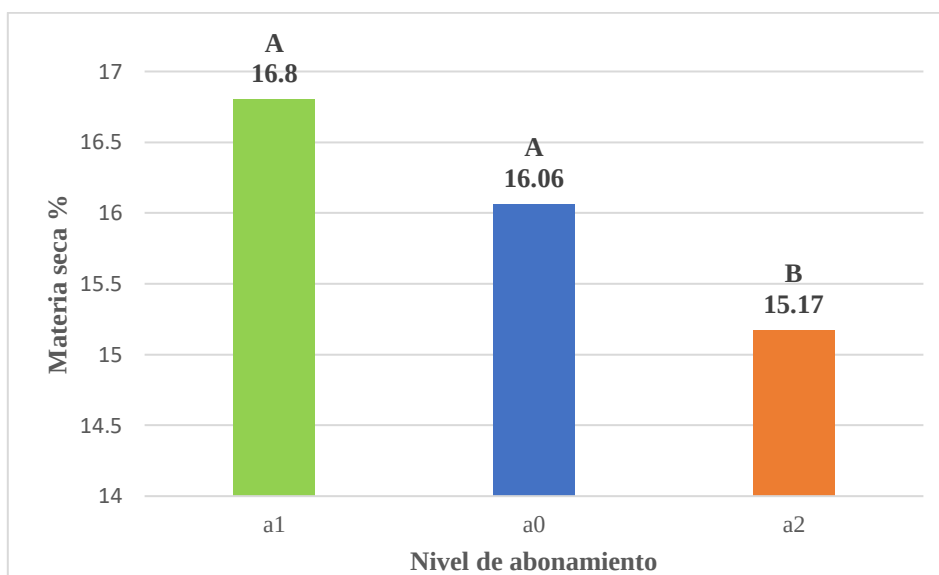
Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	0.59	2	0.3	0.29	0.778 NS
Densidad (D)	0.15	1	0.15	0.14	0.7412 NS
Error (a)	2.07	2	1.04		
Abonamiento (A)	23.91	2	11.95	15.48	0.0018 **
D*A	1.55	2	0.77	1	0.4087 NS
Error (b)	6.18	8	0.77		
Cultivar (C)	118.31	2	59.16	46.93	0.0001 **
D*C	4.23	2	2.11	1.68	0.2081 NS
A*C	47.26	4	11.81	9.37	0.0001 **
D*A*C	13.29	4	3.32	2.64	0.059 NS
Error (c)	30.25	24	1.26		
Total	247.79	53			

Nota. C.V = 7.01%. NS = No significativo, ** = Significancia estadística al 99%.

De acuerdo a la prueba de DLS al 5% de probabilidad para el porcentaje de materia seca en las raíces de yacón (Figura 20) se llega al resultado que entre el segundo nivel de abonamiento (a1) y el primer nivel de abonamiento (a0) no existe diferencia significativa, quedando en último lugar el tercer nivel de abonamiento (a2) con un promedio de 15.17%.

Figura 20

Prueba de DLS al 5% de probabilidad para porcentaje de materia seca en las raíces de yacón según el nivel de abonamiento

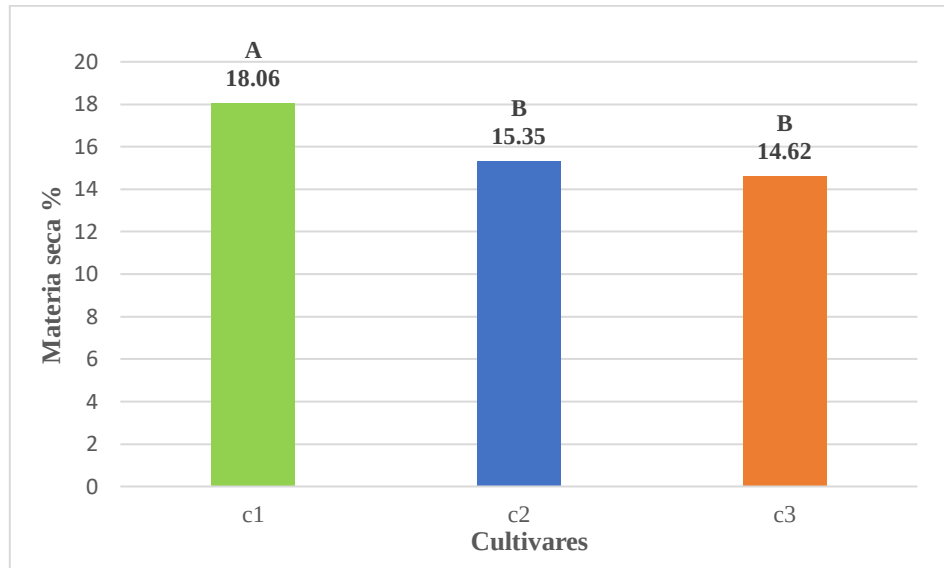


La prueba de DLS al 5% de probabilidad muestra en la Figura 21, que el cultivar I ocupa el primer lugar con 18.06% y es estadísticamente superior al segundo grupo (B) formado por los cultivares II y IX con un porcentaje de materia seca en las raíces que no difieren estadísticamente. El promedio de materia seca en las raíces según el cultivar fue de 16.01%.

Los resultados obtenidos en la presente investigación, son superiores a los señalados por Rodríguez et al. (2022) quienes reportaron un promedio de 11.24% de materia seca de las raíces de yacón; así mismo, Lopera et al. (2020) obtuvieron un promedio de 8.09% de materia seca y Tacas (2010) obtuvo una media de 14.23% de materia seca en las raíces para el morfotipo “rosado” al cual estudio en su investigación. Kamp et al. (2019c) registraron un promedio de 9.8 a 18.6% de materia seca en las raíces.

Figura 21

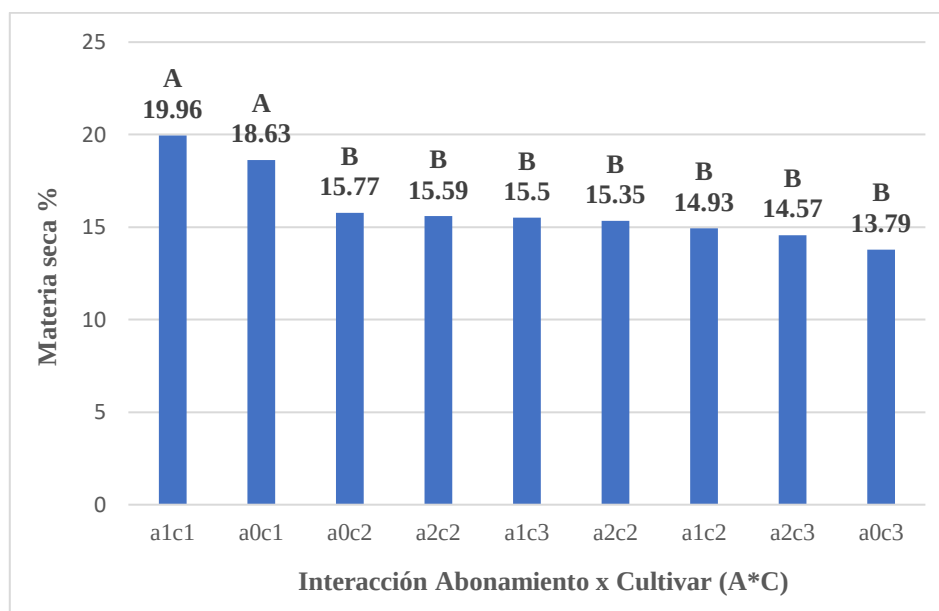
Prueba de DLS al 5% de probabilidad para porcentaje de materia seca en las raíces según el cultivar



La Figura 22 muestra la prueba DLS al 5% de probabilidad para la interacción entre los factores Abonamiento x Cultivar, evidenciando la formación de dos grupos (A y B), lo que indica que el efecto del abonamiento varía según el cultivar. El grupo A, formado por las combinaciones a1c1, a0c1 con un promedio de 19.96 y 18.63% de materia seca en las raíces respectivamente, siendo estadísticamente superior al segundo grupo (B) conformado por las combinaciones a0c2, a2c1, a1c3, a2c2, a1, c2, a2c3, a0c3.

Figura 22

Prueba de DLS al 5% de probabilidad para porcentaje de materia seca en las raíces según la interacción Abonamiento x Cultivar



4.2.2. Porcentaje de materia seca en la corona

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de materia seca en la corona se muestra en la Tabla 31 que no existe significación estadística para la interacción entre Densidad x Abono x Cultivar (D*A*C), de igual modo se determina que existió significación estadística al 5% ($\alpha = 0.05$) de probabilidades para el factor densidad (D). Así mismo, se encontró alta significación estadística al 1% ($\alpha = 0.01$) de probabilidades para el factor Cultivar (C).

Tabla 31

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de materia seca en la corona en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

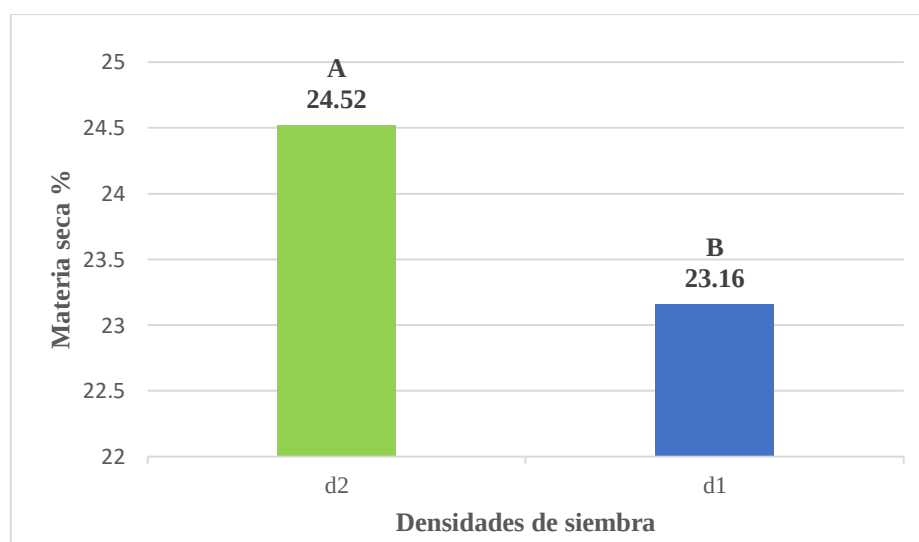
Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	1.92	2	0.96	3.39	0.228 NS
Densidad (D)	25.17	1	25.17	88.74	0.0111 *
Error (a)	0.57	2	0.28		
Abonamiento (A)	0.88	2	0.44	0.13	0.8829 NS
D*A	26.44	2	13.22	3.82	0.0686 NS
Error (b)	27.71	8	3.46		
Cultivar (C)	171.48	2	85.74	34.02	0.0001 **
D*C	15.35	2	7.67	3.04	0.0663 NS
A*C	17.57	4	4.39	1.74	0.1736 NS
D*A*C	17.26	4	4.31	1.71	0.1803 NS
Error (c)	60.49	24	2.52		
Total	364.82	53			

Nota. C.V = 6.66%. * = Significación al 95%, ** = Significancia estadística al 99%.

La prueba de DLS al 5% (Figura 23) señala que la densidad 2 (d2) es estadísticamente superior a la densidad 1 (d1) con un promedio de 24.52% de materia seca en la corona. Por lo que la densidad de siembra tiene un efecto significativo sobre la variable estudiada.

Figura 23

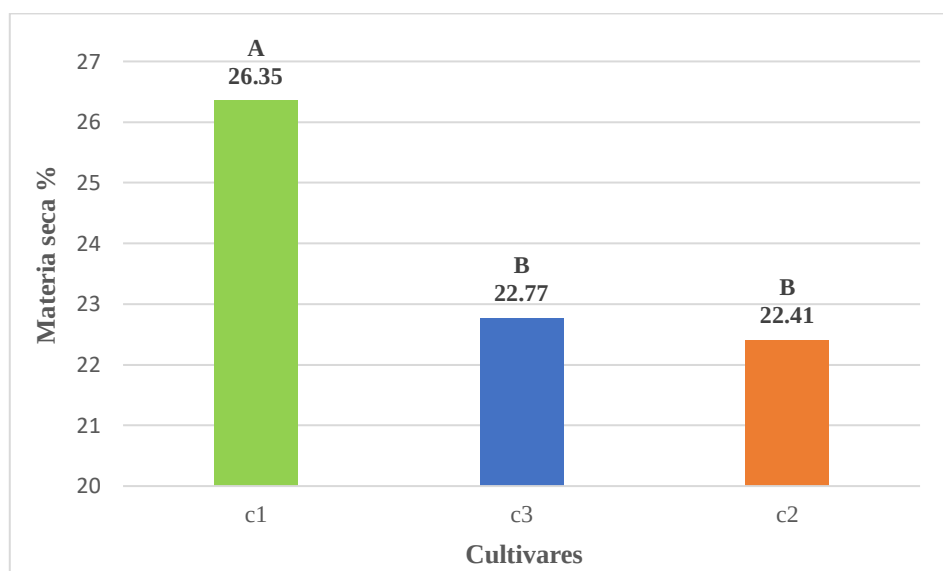
Prueba de DLS al 5% de probabilidad para porcentaje de materia seca en la corona de yacón según la densidad de siembra



La prueba de DLS al 5% de probabilidad muestran en la Figura 24, que existen diferencias estadísticas entre los cultivares estudiados, resaltando el cultivar I con un promedio de 26.35 % de materia seca en la corona, relegando al segundo grupo (B) formado por el cultivar IX y cultivar II con medias estadísticas semejantes entre sí. Los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango obtenido por Rodríguez et al. (2022) quienes obtuvieron un promedio de 20.5% de materia seca en la corona.

Figura 24

Prueba de DLS al 5% de probabilidad para porcentaje de materia seca en la corona de yacón según el cultivar



4.2.3. Porcentaje de materia seca en el follaje

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de materia seca del follaje de yacón se muestran en la Tabla 32, evidenciando que no existe diferencias significativas para la interacción entre Densidad x Abono x Cultivar ($D \times A \times C$), pero si indica que existe significación estadística al 5 % ($\alpha = 0.05$) de probabilidades para la interacción Densidad x Abonamiento ($D \times A$) y para la interacción Densidad x Cultivar ($D \times C$).

Tabla 32

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de materia seca del follaje en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	4.74	2	2.37	0.38	0.727 NS
Densidad (D)	60.25	1	60.25	9.54	0.0908 NS
Error (a)	12.64	2	6.32		
Abonamiento (A)	8.35	2	4.17	0.64	0.553 NS
D*A	59.72	2	29.86	4.57	0.0475 *
Error (b)	52.28	8	6.54		
Cultivar (C)	11.31	2	5.66	1.44	0.2561 NS
D*C	36.53	2	18.27	4.66	0.0195 *
A*C	25.32	4	6.33	1.61	0.2031 NS
D*A*C	10.44	4	2.61	0.67	0.6221 NS
Error (c)	94.12	24	3.92		
Total	375.72	53			

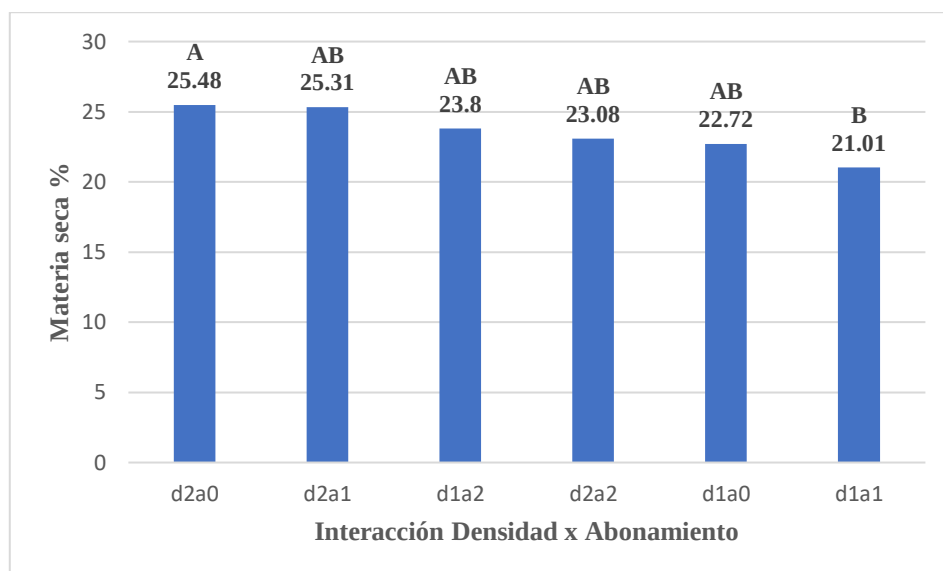
Nota. C.V = 8.40%. * = Significancia estadística al 95%.

Los resultados de la prueba DLS al 5% de probabilidad se muestran en la Figura 25 y evidencian la interacción entre los factores Densidad x Abonamiento (D*A), ocupando el primer lugar la interacción formada por d2a0 con 25.48% y el último fue lugar ocupado por la combinación d1a1 con una media de 21.1% de materia seca en el follaje.

La media de 23.56% obtenida en la presente investigación se encuentra dentro del rango señalado por Rodríguez et al. (2022) con 21% de materia seca en el follaje a una densidad de 20000 plantas ha⁻¹, pero la media es superior a lo encontrado por Lopera et al. (2020) que obtuvieron 9.50% de materia seca en la parte aérea de la planta con una densidad de 20833 plantas ha⁻¹.

Figura 25

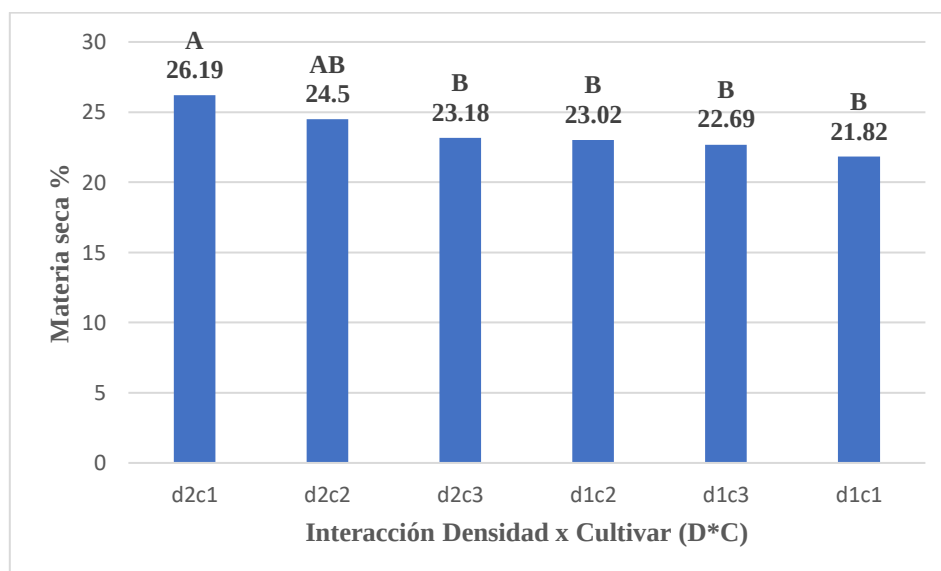
*Prueba de DLS al 5% para materia seca en follaje (%) de yacón según la interacción D*A*



La Figura 26 muestra la prueba DLS al 5% de probabilidad para la interacción entre Densidad x Cultivar (D*C), que señala que el efecto de la densidad varía según el cultivar. Sobresalió la interacción de la segunda densidad con el cultivar I (d2c1) con una media de 26.19%, en contraste, el último lugar fue ocupado por la interacción d1a1 con 21.82% de materia seca en el follaje.

Figura 26

*Prueba de DLS al 5% para materia seca en el follaje(%) de yacón según la interacción D*C*



4.2.4. *Materia seca y su distribución en los órganos de la planta*

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de materia seca total por planta se muestran en la Tabla 33 e indican que no se encontró significación estadística para la interacción de los factores en estudio Densidad x Abonamiento x Cultivar (D*A*C); ni para la interacción entre factores dobles. De igual manera, tampoco se encontró diferencias estadísticas para los factores de forma individual.

Tabla 33

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable materia seca por planta (kg) en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	0.02	2	0.01	0.12	0.8909 NS
Densidad (D)	0.01	1	0.01	0.11	0.7726 NS
Error (a)	0.13	2	0.07	2.2	0.1326 NS
Abonamiento (A)	0.04	2	0.02	0.58	0.5833 NS
D*A	0.06	2	0.03	0.96	0.4224 NS
Error (b)	0.25	8	0.03	1.01	0.4517 NS
Cultivar (C)	0.07	2	0.04	1.15	0.3344 NS
D*C	0.1	2	0.05	1.6	0.2224 NS
A*C	0.18	4	0.05	1.51	0.2315 NS
D*A*C	0.05	4	0.01	0.41	0.8012 NS
Error (c)	0.73	24	0.03		
Total	1.64	53			

Nota. C.V = 18.25%. NS = No significativo.

La Tabla 34 muestra los promedios en orden de mérito para los tres factores en estudio, siendo la primera densidad (d1) la que mejor promedio obtuvo con 0.97 kg planta. Para el factor Abonamiento, ocupó el primer lugar el segundo nivel (a1) con 0.98 kg planta y para el factor cultivar (C), sobresalió el cultivar IX con un peso promedio de 1.00 kg de materia seca por planta.

Tabla 34

Promedio de materia seca total por planta (kg) para densidad, abonamiento y cultivar

Densidad	Medias	Abonamiento	Medias	Cultivar	Medias
d1	0.97	a1	0.98	c3	1.00
d2	0.95	a0	0.97	c1	0.96
		a2	0.92	c2	0.91

La asignación de materia seca en los diferentes órganos de la planta se muestra en la Tabla 35 y Figura 27 y muestran que, la materia seca por planta se distribuyó mayormente en las raíces con un porcentaje entre 31.13 a 67.04%, luego se alojó en la corona con porcentajes que van desde 21.97 a 47.29% y en el follaje con 9.41 a 22.44%. Rodríguez et al. (2022) mencionan que el órgano con la mayor cantidad de materia seca fue la corona con 47 a 65% seguido de las raíces con 22 y 40% y finalmente la parte aérea con 12.12 a 20.29%.

Por otro lado, Aguilar (2017) señala que la distribución de materia seca en los órganos de la planta fue de 37 a 60% de materia seca en la raíz, luego la corona con un rango de 27 a 52% y finalmente el restante fue depositado en el follaje con un rango entre 5 y 18% de materia seca, datos que son similares a los encontrados en la presente investigación.

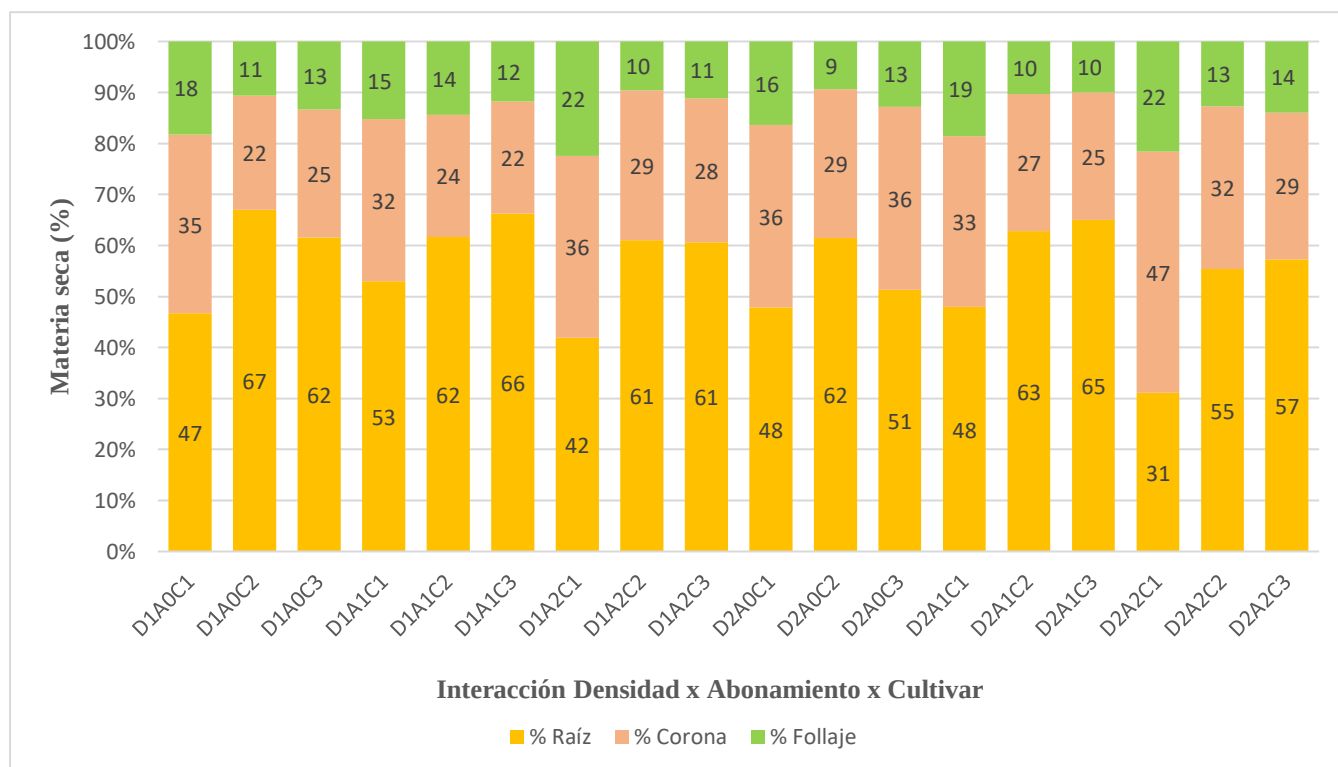
Tabla 35

Materia seca total en gramos y su distribución en los órganos principales de la planta en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

Código de combinación	MS Raíz (g)	Ms Raíz (%)	MS Corona (g)	Ms Corona (%)	MS Follaje (g)	MS Follaje (%)	MS Total (%)
D1A0C1	423.71	47	318.63	35	165.04	18	100
D1A0C2	683.11	67	220.14	22	105.18	11	100
D1A0C3	561.75	62	227.20	25	120.79	13	100
D1A1C1	624.69	53	384.97	32	178.66	15	100
D1A1C2	539.69	62	211.74	24	129.92	14	100
D1A1C3	680.11	66	221.64	22	117.76	12	100
D1A2C1	396.81	42	342.59	36	213.09	22	100
D1A2C2	557.89	61	273.06	29	87.14	10	100
D1A2C3	568.76	61	267.57	28	105.92	11	100
D2A0C1	454.67	48	336.78	36	157.84	16	100
D2A0C2	652.16	62	305.42	29	101.96	9	100
D2A0C3	515.00	51	366.74	36	126.28	13	100
D2A1C1	426.37	48	302.17	33	171.90	19	100
D2A1C2	516.79	63	219.77	27	81.31	10	100
D2A1C3	701.81	65	264.24	25	104.31	10	100
D2A2C1	266.30	31	400.23	47	191.53	22	100
D2A2C2	441.27	55	253.72	32	101.07	13	100
D2A2C3	605.72	57	301.02	29	159.88	14	100

Figura 27

Distribución de la materia seca en los principales órganos de la planta



4.2.5. Índice de cosecha

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la variable índice de cosecha se muestran en la Tabla 36 e indican que no existe diferencias estadísticas para la interacción entre los tres factores en estudio (Densidad x Abonamiento x Cultivar), por otro lado, si se evidencia que existe significación estadística al 5% ($\alpha = 0.05$) para el factor densidad (D) y para la interacción entre Abonamiento x Cultivar (A*C). De igual manera se ha encontrado alta significación estadística al 1% ($\alpha = 0.01$) para el factor cultivar (C).

Tabla 36

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable índice de cosecha en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

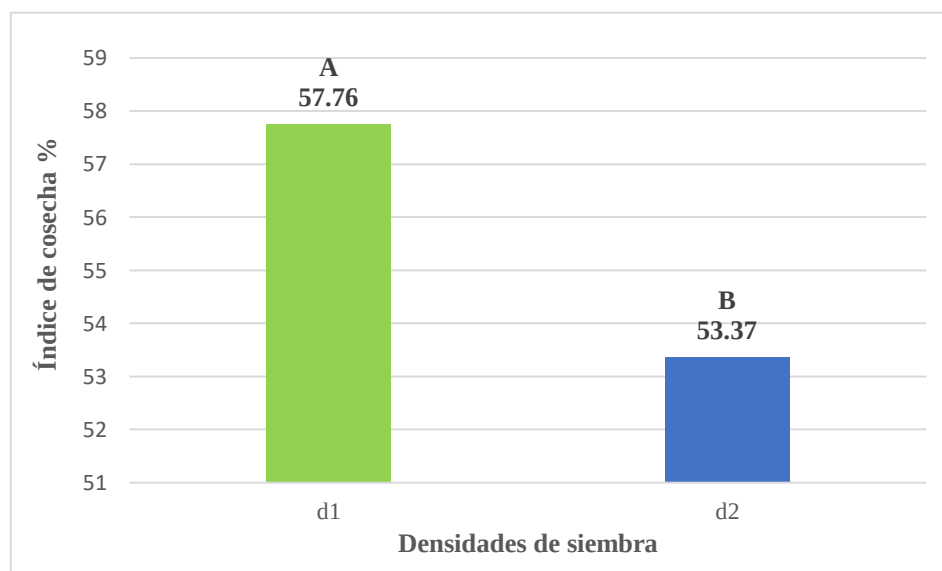
Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	3.6	2	1.8	0.13	0.8847 NS
Densidad (D)	259.82	1	259.82	18.84	0.0492 *
Error (a)	27.59	2	13.79		
Abonamiento (A)	618.96	2	309.48	3.83	0.0681 NS
D*A	56.54	2	28.27	0.35	0.715 NS
Error (b)	646.43	8	80.8		
Cultivar (C)	3159.77	2	1579.89	62.47	0.0001 **
D*C	7.52	2	3.76	0.15	0.8626 NS
A*C	412.32	4	103.08	4.08	0.0116 *
D*A*C	164.91	4	41.23	1.63	0.1992 NS
Error (c)	606.95	24	25.29		
Total	5964.42	53			

Nota. C.V = 9.05%. ** = Significancia a al 99%, * = Significación al 95%.

La prueba DLS (Figura 28) señala que la primera densidad (d1) ocupó el primer lugar con 57.76% de índice de cosecha y es diferente estadísticamente con la segunda densidad (d2) que obtuvo una media de 53.37%.

Figura 28

Prueba DLS al 5% de probabilidad para índice de cosecha según la densidad de siembra

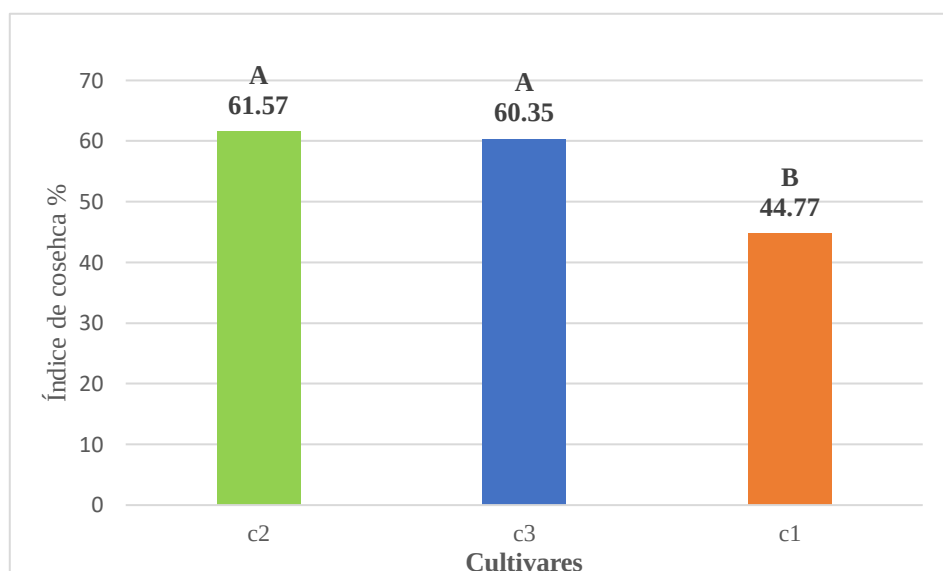


En la Figura 29 se muestra la prueba de DLS al 5% de probabilidad para el índice de cosecha según el cultivar, donde se evidencia se formaron dos grupos (A y B). El cultivar II ocupó el primer lugar con un índice de cosecha de 61.57% y es estadísticamente similar al cultivar IX con un valor de 60.35%. El grupo B fue conformado por el cultivar I con un índice de cosecha de 44.77%.

Se obtuvo un promedio de 55.56% para los diferentes cultivares, resultado superior a los encontrados por Rodríguez et al. (2022) que señalan un índice de cosecha promedio de 30.13% para los cultivares que estudió. Por otro lado, Aguilar (2017) afirma que en su investigación los índices de cosecha por cultivar variaron de 37 a 60% y obtuvo un promedio de índice de cosecha para todos los cultivares de 49%.

Figura 29

Prueba de DLS al 5% de probabilidad para índice de cosecha según el cultivar

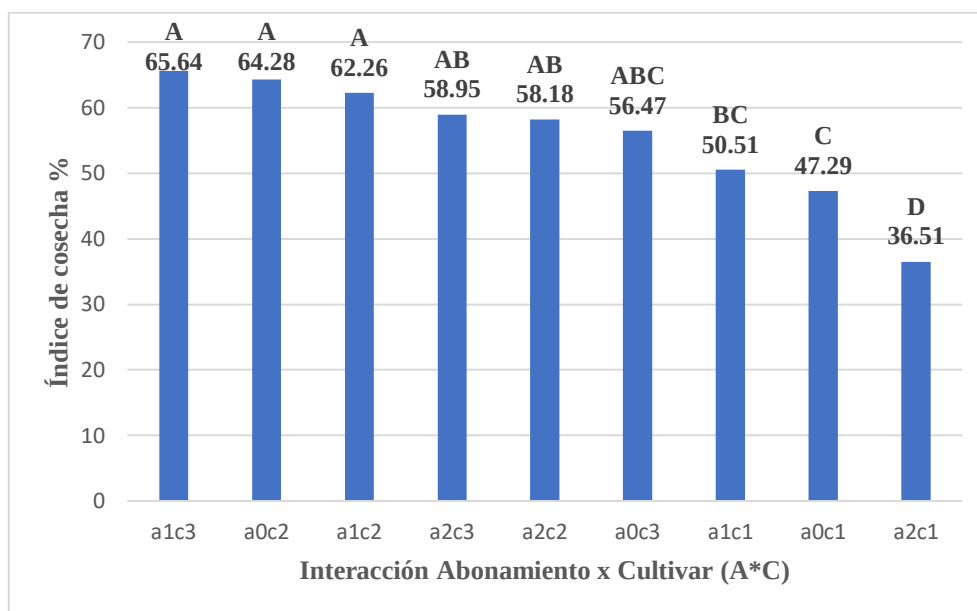


La Figura 30 muestra la prueba DLS al 5% de probabilidad para la interacción de los factores Abonamiento x Cultivar, donde el primer lugar fue ocupado por la interacción del segundo nivel de abonamiento y el cultivar IX (a1c3) con un índice de cosecha de 65.64%; en cambio, el último lugar tuvo a la interacción del tercer nivel de abonamiento (a2) con el cultivar I con una media de 36.51% de índice de cosecha.

Figura 30

Prueba de DLS al 5% de probabilidad para índice de cosecha según la interacción

Abonamiento x Cultivar



4.2.6. Materia seca total en $t\ ha^{-1}$

Los resultados del análisis de varianza para el rendimiento materia seca por hectárea se muestran en la Tabla 37 e indican que no existe significación estadística para la interacción de los tres factores en estudio (Densidad x Abonamiento x Cultivar); del mismo modo tampoco existe diferencias estadísticas para los factores de manera individual.

Tabla 37

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable materia seca total en t ha⁻¹ en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	15.79	2	7.89	0.17	0.8537 NS
Densidad (D)	246.87	1	246.87	5.36	0.1466 NS
Error (a)	92.11	2	46.05		
Abonamiento (A)	23.23	2	11.62	0.5	0.6269 NS
D*A	39.11	2	19.55	0.83	0.4689 NS
Error (b)	187.61	8	23.45		
Cultivar (C)	53.12	2	26.56	1.24	0.3083 NS
D*C	69.56	2	34.78	1.62	0.219 NS
A*C	115.52	4	28.88	1.34	0.2826 NS
D*A*C	30.31	4	7.58	0.35	0.8396 NS
Error (c)	515.59	24	21.48		
Total	1388.8	53			

Nota. C.V = 20.00%. NS = No significativo, ** = Significancia estadística al 99%.

En la Tabla 38 se muestran los promedios en orden de mérito para los factores densidad (D), abonamiento (A) y cultivar (C), sobresaliendo la segunda densidad (d2) con 26.32 t ha⁻¹, el primer nivel de abonamiento (a0) con un rendimiento promedio de 24.67 t ha⁻¹ y el cultivar IX con un rendimiento de 25.44 t ha⁻¹ de materia seca total.

Tabla 38

Promedio de la materia seca total t ha⁻¹ de yacón para los factores abonamiento y cultivar

Densidad	Medias	Abonamiento	Medias	Cultivar	Medias
d2	26.32	a0	24.67	c3	25.44
d1	22.04	a1	24.61	c1	24.08
		a2	23.25	c2	23.01

A pesar de no encontrar diferencias estadísticas de manera individual en los factores en estudio, se tiene que de acuerdo a la densidad de plantación estudiada en esta investigación, la segunda densidad de 27778 plantas ha⁻¹ es la que mejor resultado dio con 26.32 t ha⁻¹ de materia seca, a diferencia de la primera densidad de 22727 plantas ha⁻¹ que dio un promedio de 22.04

t ha⁻¹. Rodríguez (2019) en su investigación, con una densidad de plantación de 20 000 plantas ha⁻¹ alcanzó un rendimiento promedio de materia seca total de 15.12 t ha⁻¹, resultado inferior al encontrado en la presente investigación. Kamp et al. (2019a) registraron un promedio de 11.40 t ha⁻¹ de materia seca total con una densidad de siembra de 12 531 plantas ha⁻¹.

4.3. Sólidos solubles

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la variable sólidos solubles expresados en °Brix, se muestran en la Tabla 39 y este indica que no existió significación estadística para la interacción de los tres factores en estudio Densidad x Abonamiento x Cultivar (D*A*C). Sin embargo, existe alta significación estadística al 1% ($\alpha = 0.01$) de probabilidades para el factor cultivar (C), es decir, los cultivares estudiados en esta investigación son estadísticamente diferentes.

Tabla 39

Análisis de varianza (ANOVA) para la variable sólidos solubles en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculada	p-valor
Bloques	2.12	2	1.06	0.14	0.8767 NS
Densidad (D)	6.19	1	6.19	0.82	0.4605 NS
Error (a)	15.08	2	7.54		
Abonamiento (A)	2.91	2	1.46	1	0.4107 NS
D*A	7.73	2	3.86	2.64	0.1314 NS
Error (b)	11.69	8	1.46		
Cultivar (C)	87.8	2	43.9	18.23	0.0001 **
D*C	1.9	2	0.95	0.39	0.6787 NS
A*C	6.95	4	1.74	0.72	0.5855 NS
D*A*C	4.01	4	1	0.42	0.7956 NS
Error (c)	57.81	24	2.41		
Total	204.18	53			

Nota. C.V= 13.70%, NS = No significativo, ** = Alta significancia estadística al 99%.

La prueba de DLS al 5% de probabilidad (Figura 31), muestra que el cultivar I de pulpa blanca, presenta el mayor contenido de sólidos solubles con 13.13 °Brix, por su parte el cultivar IX cuya pulpa es amarilla, presenta el menor contenido de sólidos solubles con 10.34 °Brix.

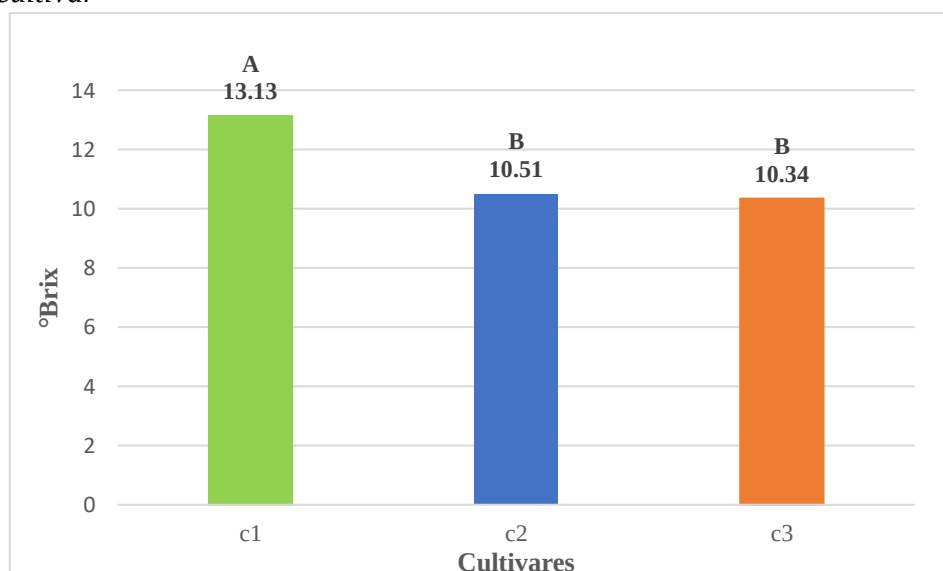
Los resultados obtenidos son ligeramente superiores al registrado por Coronado (2013) que indica un promedio de 8.6 °Brix en un cultivar de pulpa amarilla. Por otro lado, Salvatierra (2015) señala una media de 15.3 °Brix en un cultivar de pulpa amarilla y cuya procedencia es de San Miguel, Cajamarca, promedio que es muy superior al obtenido en esta investigación.

Silva et al. (2018) registró un promedio de 9.25 °Brix que fue alcanzado con la dosis más alta de fertilización potásica a razón de 357.4 kg ha⁻¹ de cloruro de potasio. Por otro lado, Lebeda (2011) registró un promedio de 5 cultivares de diferente coloración de pulpa que oscila de 10.25 a 14 °Brix, valores que se encuentran dentro del rango encontrado en la presente investigación.

Así mismo, de Vargas et al. (2022) menciona que en su investigación registraron un promedio que oscila entre 8.58 y 13.6 °Brix para las raíces de yacón, siendo el promedio más alto en localidades que se encuentran a mayor altura sobre el nivel del mar. Manrique et al. (2005) registraron un promedio que varía en contenido de 8 a 12 °Brix y mencionan de igual modo que existe un gradiente creciente en la concentración de azúcares desde la parte interna hacia la externa de la raíz de yacón.

Figura 31

Prueba de DLS al 5% de probabilidad para sólidos solubles (°Brix) en las raíces de yacón según el cultivar



En la Tabla 40 se muestran los promedios en orden de mérito de los factores densidad (D) y abonamiento (A), que tienen en el segundo nivel (d2) y (a1) a los mejores resultados con unos promedios de 11.67 y 11.64 °Brix respectivamente.

Tabla 40

Promedio de sólidos solubles en raíces de yacón para los factores densidad y abonamiento

Densidad	Medias	Abonamiento	Medias
d2	11.67	a1	11.64
d1	10.99	a2	11.25
		a0	11.09

Tabla 41

Resumen de cuadrados medios del análisis de varianza (ANOVA) de materia seca y sólidos solubles en el ensayo de tres cultivares, tres niveles de abono y dos densidades de siembra de yacón

F de V	G L	Cuadrados medios					
		Materia seca en las raíces (%)	Materia seca en la corona (%)	Materia seca en el follaje (%)	Índice de cosecha (%)	Materia seca total en t ha ⁻¹	Sólidos solubles
Bloques	2	0.3	0.96	2.37	1.8	7.89	1.06
Densidad	1	0.15	25.17	60.25	259.82	246.87	6.19
Error (a)	2	1.04	0.28	6.32	13.79	46.05	7.54
Abonamiento	2	11.95	0.44	4.17	309.48	11.62	1.46
D*A	2	0.77	13.22	29.86	28.27	19.55	3.86
Error (b)	8	0.77	3.46	6.54	80.8	23.45	1.46
Cultivar	2	59.16	85.74	5.66	1579.89	26.56	43.9
D*C	2	2.11	7.67	18.27	3.76	34.78	0.95
A*C	4	11.81	4.39	6.33	103.08	28.88	1.74
D*A*C	4	3.32	4.31	2.61	41.23	7.58	1
Error (c)	24	1.26	2.52	3.92	25.29	21.48	2.41
Total	53						
C.V (%)		7.01	6.66	8.40	9.05	20.00	13.70

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación y bajo las condiciones en las que se realizó, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. No se encontró interacción significativa entre los factores evaluados (2 densidades de siembra, 3 niveles de abonamiento y 3 cultivares de yacón) en relación al rendimiento de raíces frescas ni al contenido de sólidos solubles de yacón bajo las condiciones agroclimáticas de Cajamarca.
2. No existió interacción para las variables estudiadas entre factores para efectos dobles (Densidad x Abonamiento, Densidad x Cultivar, Abonamiento x Cultivar).
3. El factor cultivar (C) fue el que influyó de manera significativa sobre la mayoría de las variables evaluadas. El cultivar I (púrpura) destacó por su mayor altura de planta, número de tallos, peso de corona, peso de follaje y mayor contenido de sólidos solubles (13.13 °Brix); el cultivar II (Hualqui) sobresalió en número de raíces totales, número de raíces comerciales y longitud de raíces comerciales; por último, el cultivar IX (c3) registro mayores valores en peso de raíces totales por planta, peso de raíces comerciales por planta, diámetro de raíces y rendimiento de raíces total y comercial ha⁻¹.
4. Los factores densidad de siembra y nivel de abonamiento no mostraron efectos estadísticos significativos; sin embargo, hubo una ligera tendencia a mejores rendimientos en la segunda densidad (d2) y el segundo nivel de abonamiento (a1).

5.2. Recomendaciones

De las conclusiones obtenidas en el trabajo de investigación se plantea las siguientes recomendaciones.

1. Continuar la evaluación de los cultivares I (púrpura), II (Hualqui) y IX (c3) en diferentes zonas agroecológicas de Cajamarca para validar su comportamiento en distintas condiciones de suelo y clima.
2. Promover el uso del cultivar IX (c3) con fines comercial debido a su alto rendimiento y del cultivar I, para la obtención de raíces con mayor dulzor y calidad organoléptica.
3. Fomentar la aplicación de buenas prácticas agrícolas y un manejo sostenible del cultivo de yacón, considerando el uso de abonos orgánicos y distancias de siembra adecuados que optimicen el rendimiento y calidad final del producto.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, I. (2017). *Análisis estadístico de la productividad del germoplasma de yacón [Smallanthus sonchifolius (Poepp. & Endl.) H. Rob.] de la UNC*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1683>
- Amaya, J. (2002). *Desenvolvimento de yacón (Polymnia Sonchifolia Poep. & Endl.) A partir de rizóforos e de gemas axilares, em diferentes espaçamentos*. [Tesis de Doctorado, Universidad Estatal Paulista Júlio de Mesquita Filho].
- Bieniek, A., Bieniek, A., & Bielska, N. (2023). Variation in Fruit and Seed Morphology of Selected Biotypes and Cultivars of *Elaeagnus multiflora* Thunb. in North-Eastern Europe. *Agriculture (Switzerland)*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/agriculture13020495>
- Córdova, A., & Galecio, M. (2006). Identificación y evaluación agronómica de los biotipos de Yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en la microcuenca la Gallega, Provincia de Morropon Piura Identification and agronomic evaluation of Yacon biotypes *Smallanthus sonchifolius* in the hydrographic microbasin The Gallega Morropon Province, Piura. In *Universalia* (Vol. 11, Issue 2).
- Coronado, A. (2013). *Elaboración de la harina de yacón (Smallanthus sonchifolius) y su influencia en el crecimiento de dos bacterias probióticas*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Cuadros, D. D. (2012). *Época crítica de competencia de malezas y rendimiento del cultivo de yacón (Smallanthus sonchifolius Poepp & Endl.) H. Robinson en Canaán a 2750 msnm, Ayacucho*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga].
- de Vargas, A., de Oliveira, F., Quintão, L., Oliveira, M., dos Santos, L., & Ferreira, J. (2022). Physical and chemical characterization of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) roots cultivated with different doses of potassium fertilization. *FCA UNCuyo*, 54(2), 22–31.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M. I., & Weigend, M. (2009). *Factsheet: Datos botánicos de Yacón Smallanthus sonchifolius (Poepp.) H. Rob.* [Ficha técnica]
- Douglas, J. A., Follett, J. M., Douglas, M. H., Deo, B., Scheffer, J. J. C., Littler, R. A., & Manley-Harrys, M. (2007). Effect of environment and time of planting on the production

- and quality of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) storage roots. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 35, 107–116.
- Douglas, J. A., Follett, J. M., & Waller, J. E. (2005). Effect of propagule weight on production of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 33(2), 143–148. <https://doi.org/10.1080/01140671.2005.9514343>
- Fernández, E., Viehmannová, I., Lachman, J., & Milella, L. (2006). Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson]: A new crop in the Central Europe. *Plant, Soil and Environment*. <https://www.researchgate.net/publication/238777382>
- Foy, E. (2007). El alimenticio y medicinal yacón de los Incas. *Revista Demiurgo*, 3, 87–96.
- Grau, A., Kortsarz, A. M., Sánchez, S. S., Genta, S., Catalán, C. A., & Perdigón, G. (2007). C22 - El yacón como alimento, fuente de suplementos dietarios y de productos farmacéuticos: un panorama histórico, el presente y el futuro. *Boletín Latinoamericano Del Caribe de Plantas Medicinales y Atomáticas*, 6(5), 173–174. <http://www.cipotato.org/>
- Grau, A., y Rea, J. (1997). Yacón *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. In: Hermann M & J heller (eds.): *Andean roots and tubers : ahipa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. 21. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research. Gatersieben/International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. IPGRI.
- Gutiérrez, N., & Ruidiaz, M. (2005). *Análisis del yacón Smallanthus sonchifolius y propuesta de extracción de inulina*. [Proyecto de grado, Universidad del Quindío].
- Kamp, L., Hartung, J., Mast, B., & Graeff-Hönninger, S. (2019a). Impact of Nitrogen Fertilization on Tuber Yield, Sugar Composition and Nitrogen Uptake of Two Yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.) Genotypes. *Agronomy*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/agronomy9030151>
- Kamp, L., Hartung, J., Mast, B., & Graeff-Hönninger, S. (2019b). Plant growth, tuber yield formation and costs of three different propagation methods of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Industrial Crops and Products*, 132, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.006>

- Kamp, L., Hartung, J., Mast, B., & Graeff-Hönninger, S. (2019c). Tuber yield formation and sugar composition of yacon genotypes grown in central Europe. *Agronomy*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy9060301>
- Lebeda, A.; Dolezal, I.; Faltus, C. y Viehmannnová, I. (2011). Yacon (Asteraceae, *Smallanthus sonchifolius*). En: R. J. Singh (ed) *Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement series*. In *Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement series* (pp. 642–702). <https://doi.org/10.1201/b11177>
- Lopera, J., Angulo, J., Murgueitio, E., & Mahecha, L. (2020). *Production of tubers and aerial biomass of yacon Smallanthus sonchifolius (Poepp.) H. Rob. (Asteraceae) for animal feed in the tropical highlands of Colombia* Enrique Murgueitio. <https://www.researchgate.net/publication/343366291>
- López, S. E. (2005). *Caracterización morfológica, bioquímica y revisión del nivel de ploidía de Smallanthus sonchifolius (Poepp. & Endl.) H. Robinson. “Llacón” de tres provincias ambientalmente diferentes de la región La Libertad*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Trujillo].
- López, S. E., Mostacero León, J., López, A., Gil, A., De La Cruz, A. J., & Villena, L. (2021). Morphological characterization of *Smallanthus sonchifolius*(Poepp.) H. Rob. 1978 “yacon” plants from rhizophores from Gran Chimú, Otuzco y Sánchez Carrión. *REBIOL*, 41(1), 114–119. <https://doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.01.11>
- Manrique, I., Hermann, M., & Bernet, T. (2004). *Yacón - Ficha técnica*. Centro Internacional de la Papa (CIP) Lima, Perú. <http://www.cipotato.org/>
- Manrique, I., Párraga, A., & Hermann, M. (2005). *Jarabe de yacón: Principios y procesamiento. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)*. Centro Internacional de la Papa, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Fundación Erbacher, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Lima, Perú.
- Mindani, C., & Guevara, A. (2008). *Efecto de las condiciones de proceso en las características del yacón (Smallanthus sonchifolius Poepp. & Endl.) liofilizado*. <http://www.lamolina.edu.pe/Postgrado/pmdas/cursos/dpactl/lecturas/Yac%C3%B3n%20liofilizado%20%20Anales%20Cientificos.pdf>

- Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). *Manual de manejo agronómico del yacón (Smallanthus sonchifolius (Poepp. & Endl.) H. Robinson)*. INIA. (Vol. 1). 2019. www.inia.gob.pe
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2023). *Información estadística agraria: Perfil Productivo y Regional. Perfil productivo y competitivo de los principales cultivos del sector: Yacón*.
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoibmVudC00YjQ2LTg5YzUtYzJjODRhZjg5NGY5IiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9>
- Muenala, J. R. (2014). *Respuesta a la aplicación de tres fertilizantes químicos y un abono orgánico en la producción de jícama (Smallanthus sonchifolius Rob.) en la zona de Otavalo, provincia de Imbabura*. [Tesis de titulación, Universidad Técnica de Babahoyo].
- Oficina Comercial de Perú en Miami. (2012). *Mercado de yacón en Estados Unidos. Perfil del producto*.
- PCE Ibérica SL. (2006). *Refractómetro de mano: Instrumentos de medición óptica de mano para concentración*. www.pce-instruments.com/chile
- Peralta, F., Maldonado, E., & Centeno, M. (2015). *Manual de prácticas de los laboratorios de alimentos: Bromatología*. https://archivos.ujat.mx/2015/div_rios/MP-DAMR-LBR-R01.pdf
- Polanco, M., & Augusto, M. (2013). Caracterización morfológica y molecular de materiales de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl) H. Robinson colectados en la ecorregión Eje Cafetero de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 4(2).
- Ramos, R., & Arias, G. (2010). Evaluación químico bromatológica de las variedades Yurac llajum, Qello llajum y Yurac checche de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp & Endl).H. Robinson (Yacón) procedente de Puno. *Ciencia e Investigación* , 13(2), 72–76.
- Ríos, F. (2013). *Efecto de tres dosis de Em-Bokashi en el rendimiento y calidad de Llacón (Smallanthus sonchifolius) (Poepp. & Endl.) H. Robinson, clon anaranjado en Laredo, La Libertad* [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Trujillo].

- Rodríguez, S. (2019). *Rendimiento de raíces y de materia seca de ocho cultivares de yacón (Smallanthus sonchifolius (Poepp. & Endl.) H. Rob.) del norte peruano*. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3765>
- Rodríguez, S., Seminario, A., Vásquez, V., & Seminario, J. F. (2022). Rendimiento agronómico de ocho cultivares de yacón (*Smallanthus sonchifolius* [Poepp. & Endl.] H. Rob.) provenientes del norte peruano. *Siembra*, 9(1), e3630. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3630>
- Salazar, A., Pacheco, M., & Caballero, Y. (2019). *Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos en frutas frescas*. <https://unipaz.edu.co/assets/9.manual-analitico-de-frutas.pdf>
- Salvatierra, D. (2015). *Determinación de la composición química proximal, carbohidratos totales, azúcares libres y fructanos del tipo inulina - fructooligosacáridos del yacón (Smallanthus sonchifolius (Poepp. et Endl.) H. Robinson)*. [Tesis de titulación, Universidad Peruana Cayetano Heredia].
- Seminario, J. (2008a). *Manejo técnico productivo del cultivo de yacón. Módulo II. La propagación del yacón*. Perúbiodiverso, Lima, Perú.
- Seminario, J. (2008b). *Manejo técnico productivo del cultivo de yacón. Módulo III. Siembra y labores culturales del yacón*. Perúbiodiverso, Lima, Perú.
- Seminario, J., Valderrama, M., & Manrique, I. (2003). *El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio*. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Lima, Perú, 60p.
- Silva, D. M. N., Lima, R. R., Oliveira, F. L., Teixeira, L. J. Q., & Machado, L. C. A. (2018). Physical and chemical characterization of yacon tuberous roots at different altitudes and planting times. *Horticultura Brasileira*, 36(2), 199–204. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620180209>
- Tacas, H. (2010). *Abonamiento orgánico y densidades de siembra en el rendimiento de yacón (Smallanthus sonchifolius Poepp & Endl.) H. Robinson en Canaán a 2750 msnm, Ayacucho*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3220>

- Tapia, M. E., Fries, A. M., Mazar, Irela., & Rosell, Cadmo. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú.
- Tokita, N., Ichikawa, M., Kainuma, K., Kitazawa, T., Shimamura, H., Narai-Kanayama, A., Sato, S., Kurita, T., Yoshimura, I., Tokita, T., Iwasaki, E., & Iwasaki, T. (2015). Effects of planting density and fertilizer type on growth and yield of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tubers. *Pelagia Research Library Asian Journal of Plant Science and Research*, 5(11), 38–41. www.pelagiaresearchlibrary.com
- Valderrama, M. (2005). Manual del cultivo de yacón: Experiencias de introducción y manejo técnico en el Valle de Condebamba. In *Productores y mercados del agro de la Sierra. Convenio MINAG- COSUDE* (pp. 7–47).
- Valdez, G., Margalef, M., & Gómez, M. (2019). Contenido de fructanos en raíces de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) almacenadas en diferentes condiciones. *Revista de La Facultad de Ciencias de La Salud* , 2(3), 11–17. <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/RCSA/article/view/957>

ANEXOS

Tabla 42

Promedios de altura de plantas de yacón en cm. para la interacción entre factores

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	156.8	191.0	162.2	170.0
D1A0C2	135.8	190.8	180.6	169.1
D1A0C3	139.4	194.4	177.4	170.4
D1A1C1	153.8	206.0	205.4	188.4
D1A1C2	134.0	191.0	180.2	168.4
D1A1C3	154.6	190.4	198.2	181.1
D1A2C1	161.8	195.8	211.0	189.5
D1A2C2	155.2	187.0	178.4	173.5
D1A2C3	170.6	176.4	181.4	176.1
D2A0C1	192.8	201.0	174.0	189.3
D2A0C2	166.4	179.6	155.4	167.1
D2A0C3	178.2	193.8	175.2	182.4
D2A1C1	169.0	186.8	204.0	186.6
D2A1C2	163.8	179.4	184.0	175.7
D2A1C3	162.0	170.4	184.8	172.4
D2A2C1	184.0	202.6	202.2	196.3
D2A2C2	174.6	177.2	164.2	172.0
D2A2C3	182.4	177.4	176.8	178.9

Tabla 43

Promedios de número de tallos de yacón para la interacción entre factores

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	6.6	4.2	4.0	4.9
D1A0C2	5.4	3.8	5.4	4.9
D1A0C3	5.6	4.2	3.6	4.5
D1A1C1	5.8	5.0	6.2	5.7
D1A1C2	7.0	5.6	4.6	5.7
D1A1C3	6.6	4.8	4.2	5.2
D1A2C1	4.6	5.4	5.4	5.1
D1A2C2	4.4	5.0	4.0	4.5
D1A2C3	3.2	4.2	4.2	3.9
D2A0C1	5.2	4.6	3.0	4.3
D2A0C2	4.0	4.6	4.2	4.3
D2A0C3	5.4	5.2	3.8	4.8
D2A1C1	3.6	3.4	4.2	3.7
D2A1C2	4.0	4.8	3.6	4.1
D2A1C3	3.8	4.4	4.2	4.1
D2A2C1	4.2	4.6	3.6	4.1
D2A2C2	5.4	4.0	3.2	4.2
D2A2C3	5.8	6.0	4.0	5.3

Tabla 44*Promedios de número de raíces de yacón para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	19.2	24.6	23.2	22.3
D1A0C2	23.6	23.2	28.4	25.1
D1A0C3	21.4	19.8	20.4	20.5
D1A1C1	20.8	30.6	29.4	26.9
D1A1C2	27.4	28.4	16.0	23.9
D1A1C3	21.0	24.0	16.0	20.3
D1A2C1	21.0	32.4	23.8	25.7
D1A2C2	25.4	23.8	16.8	22.0
D1A2C3	15.0	30.6	20.2	21.9
D2A0C1	29.2	22.0	23.2	24.8
D2A0C2	30.2	28.4	25.6	28.1
D2A0C3	22.8	20.2	23.0	22.0
D2A1C1	14.2	13.6	19.8	15.9
D2A1C2	18.4	27.6	18.0	21.3
D2A1C3	21.6	20.6	23.8	22.0
D2A2C1	13.2	20.2	24.0	19.1
D2A2C2	30.2	18.8	26.2	25.1
D2A2C3	21.2	21.2	19.2	20.5

Tabla 45*Promedios de peso de raíces de yacón por planta (kg) para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	2.04	2.54	2.33	2.30
D1A0C2	3.15	4.49	4.92	4.19
D1A0C3	3.70	4.02	4.14	3.95
D1A1C1	2.60	2.96	3.46	3.01
D1A1C2	4.38	3.96	3.12	3.82
D1A1C3	5.64	4.25	3.90	4.60
D1A2C1	2.54	2.50	2.50	2.51
D1A2C2	3.72	3.29	3.67	3.56
D1A2C3	3.62	4.88	4.08	4.19
D2A0C1	2.65	2.58	1.99	2.41
D2A0C2	5.09	5.04	2.76	4.30
D2A0C3	4.45	3.09	4.10	3.88
D2A1C1	1.69	2.50	2.47	2.22
D2A1C2	2.43	4.28	3.30	3.34
D2A1C3	5.12	3.52	4.16	4.27
D2A2C1	1.19	1.84	2.22	1.75
D2A2C2	3.80	2.49	2.57	2.95
D2A2C3	4.28	4.84	2.64	3.92

Tabla 46*Promedios de número de raíces de yacón por planta para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	3.8	9.8	9.8	7.80
D1A0C2	7.8	12.4	13.6	11.27
D1A0C3	7.2	10.6	10.0	9.27
D1A1C1	5.8	10.2	10.0	8.67
D1A1C2	7.8	15.4	9.4	10.87
D1A1C3	7.4	12.2	9.8	9.80
D1A2C1	6.4	8.4	7.8	7.53
D1A2C2	8.8	12.6	9.0	10.13
D1A2C3	6.8	15.6	10.6	11.00
D2A0C1	8.4	8.0	7.4	7.93
D2A0C2	14.6	17.8	9.6	14.00
D2A0C3	12.0	10.8	12.4	11.73
D2A1C1	4.0	6.2	8.6	6.27
D2A1C2	6.2	14.2	9.8	10.07
D2A1C3	11.2	9.2	11.8	10.73
D2A2C1	3.8	7.0	8.6	6.47
D2A2C2	14.8	7.8	10.0	10.87
D2A2C3	8.0	13.4	9.2	10.20

Tabla 47*Promedios de peso de raíces comerciales por planta (kg) para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	0.84	1.75	1.67	1.42
D1A0C2	1.78	2.81	4.02	2.87
D1A0C3	2.74	3.58	3.49	3.27
D1A1C1	1.18	1.95	2.00	1.71
D1A1C2	2.44	3.18	2.64	2.75
D1A1C3	4.12	3.53	3.57	3.74
D1A2C1	1.48	1.31	1.60	1.46
D1A2C2	2.47	2.80	2.95	2.74
D1A2C3	2.96	3.96	3.35	3.42
D2A0C1	1.32	1.67	1.20	1.40
D2A0C2	4.12	4.36	1.88	3.45
D2A0C3	3.79	2.62	3.43	3.28
D2A1C1	1.01	1.14	1.85	1.33
D2A1C2	1.66	3.23	2.70	2.53
D2A1C3	4.08	2.88	3.56	3.51
D2A2C1	0.64	1.24	1.40	1.09
D2A2C2	2.86	1.77	1.97	2.20
D2A2C3	3.02	4.22	2.14	3.13

Tabla 48*Promedios de diámetros de raíces comerciales (cm) para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	4.35	4.45	4.57	4.46
D1A0C2	5.24	5.87	7.47	6.19
D1A0C3	6.96	6.68	7.34	6.99
D1A1C1	4.49	4.35	5.00	4.61
D1A1C2	5.49	5.89	5.84	5.74
D1A1C3	8.14	6.27	7.55	7.32
D1A2C1	5.01	4.70	4.97	4.89
D1A2C2	5.46	5.78	6.44	5.89
D1A2C3	6.74	5.70	6.66	6.37
D2A0C1	4.62	5.36	4.30	4.76
D2A0C2	6.32	6.22	4.98	5.84
D2A0C3	7.44	6.43	6.70	6.86
D2A1C1	2.84	4.45	5.06	4.12
D2A1C2	4.95	5.60	5.99	5.52
D2A1C3	6.95	5.59	6.27	6.27
D2A2C1	3.25	4.58	4.16	3.99
D2A2C2	5.24	5.32	5.09	5.22
D2A2C3	6.65	6.91	6.11	6.56

Tabla 49*Promedios de diámetros de raíces comerciales (cm) para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	19.06	16.24	17.40	17.56
D1A0C2	17.95	18.07	16.15	17.39
D1A0C3	17.91	16.40	17.60	17.30
D1A1C1	18.45	17.32	16.68	17.48
D1A1C2	21.44	16.20	19.05	18.90
D1A1C3	20.01	17.01	18.76	18.59
D1A2C1	18.01	12.77	14.78	15.19
D1A2C2	17.03	19.46	17.21	17.90
D1A2C3	17.55	17.57	16.08	17.07
D2A0C1	16.12	17.49	15.66	16.42
D2A0C2	19.65	19.75	17.05	18.82
D2A0C3	17.71	14.88	16.09	16.23
D2A1C1	11.84	18.02	15.76	15.20
D2A1C2	20.27	20.40	18.22	19.63
D2A1C3	20.17	14.21	15.02	16.46
D2A2C1	14.03	15.68	16.20	15.30
D2A2C2	18.09	18.36	17.02	17.82
D2A2C3	18.28	18.21	15.91	17.47

Tabla 50*Promedios de peso de cepa de yacón (kg) para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	1.35	1.4	1.19	1.31
D1A0C2	1.27	1.05	1	1.11
D1A0C3	1.04	1.1	0.9	1.01
D1A1C1	1.22	1.3	2.08	1.53
D1A1C2	1.01	0.86	1.06	0.98
D1A1C3	0.75	1.16	0.88	0.93
D1A2C1	0.97	1.6	1.4	1.32
D1A2C2	1.36	0.89	1.09	1.11
D1A2C3	0.98	1.48	1.26	1.24
D2A0C1	1.22	1.07	1.17	1.15
D2A0C2	1.126	1.76	1	1.30
D2A0C3	2.14	1.15	1.46	1.58
D2A1C1	0.93	0.93	1.49	1.12
D2A1C2	0.96	1.17	0.68	0.94
D2A1C3	1.14	0.78	1.42	1.11
D2A2C1	1.51	1.66	1.22	1.46
D2A2C2	1.44	1.15	0.96	1.18
D2A2C3	1.08	1.84	1.22	1.38

Tabla 51*Promedios de peso de follaje de yacón (kg) para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	1.02	0.52	0.81	0.78
D1A0C2	0.48	0.31	0.54	0.44
D1A0C3	0.63	0.44	0.49	0.52
D1A1C1	0.89	0.83	1.09	0.94
D1A1C2	0.35	0.4	0.99	0.58
D1A1C3	0.65	0.36	0.57	0.53
D1A2C1	0.88	0.7	0.97	0.85
D1A2C2	0.31	0.32	0.46	0.36
D1A2C3	0.36	0.47	0.58	0.47
D2A0C1	0.51	0.89	0.4	0.60
D2A0C2	0.47	0.48	0.24	0.40
D2A0C3	0.48	0.78	0.28	0.51
D2A1C1	0.46	0.43	1.04	0.64
D2A1C2	0.31	0.28	0.38	0.32
D2A1C3	0.52	0.46	0.33	0.44
D2A2C1	0.43	1.12	0.74	0.76
D2A2C2	0.54	0.5	0.29	0.44
D2A2C3	0.49	1.35	0.42	0.75

Tabla 52*Promedios de rendimiento de raíces de yacón (tn ha⁻¹) para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	46.36	57.73	52.95	52.35
D1A0C2	71.59	102.04	111.86	95.17
D1A0C3	84.09	91.36	94.09	89.85
D1A1C1	59.09	67.27	78.64	68.33
D1A1C2	99.54	90.00	70.91	86.82
D1A1C3	128.18	96.59	88.54	104.44
D1A2C1	57.73	56.82	56.82	57.12
D1A2C2	84.54	74.77	83.41	80.91
D1A2C3	82.27	110.91	92.73	95.30
D2A0C1	73.61	71.67	55.28	66.85
D2A0C2	141.39	140.00	76.67	119.35
D2A0C3	123.61	85.83	113.89	107.78
D2A1C1	46.94	69.45	68.61	61.67
D2A1C2	67.50	118.89	91.67	92.69
D2A1C3	142.22	97.78	115.56	118.52
D2A2C1	33.06	51.11	61.67	48.61
D2A2C2	105.56	69.17	71.39	82.04
D2A2C3	118.89	134.45	73.33	108.89

Tabla 53*Promedios de rendimiento de raíces comerciales (tn ha⁻¹) para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	19.09	39.77	37.95	32.27
D1A0C2	40.45	63.86	91.41	65.24
D1A0C3	62.27	81.36	79.32	74.32
D1A1C1	26.82	44.32	45.45	38.86
D1A1C2	55.45	72.27	60.00	62.58
D1A1C3	93.64	80.23	81.23	85.03
D1A2C1	33.64	29.77	36.36	33.26
D1A2C2	56.14	63.64	67.04	62.27
D1A2C3	67.27	90.00	76.14	77.80
D2A0C1	36.67	46.39	33.33	38.80
D2A0C2	114.45	121.11	52.22	95.93
D2A0C3	105.28	72.78	95.28	91.11
D2A1C1	28.06	31.67	51.39	37.04
D2A1C2	46.11	89.72	75.00	70.28
D2A1C3	113.33	80.00	98.89	97.41
D2A2C1	17.78	34.44	38.89	30.37
D2A2C2	79.45	49.17	54.72	61.11
D2A2C3	83.89	117.22	59.44	86.85

Tabla 54*Promedios de materia seca en las raíces de yacón para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	17.22	19.34	18.40	18.32
D1A0C2	15.90	15.80	17.06	16.25
D1A0C3	13.54	13.28	15.72	14.18
D1A1C1	20.40	21.77	20.22	20.79
D1A1C2	14.51	12.19	16.07	14.25
D1A1C3	14.79	15.43	14.14	14.78
D1A2C1	16.41	15.12	15.83	15.79
D1A2C2	15.58	15.34	16.06	15.66
D1A2C3	14.08	13.18	13.57	13.61
D2A0C1	19.20	18.10	19.52	18.94
D2A0C2	15.61	14.33	15.95	15.29
D2A0C3	12.89	14.65	12.66	13.40
D2A1C1	18.55	19.92	18.94	19.13
D2A1C2	16.73	15.34	14.77	15.61
D2A1C3	18.19	14.64	15.84	16.22
D2A2C1	15.85	16.71	13.65	15.40
D2A2C2	14.32	15.14	15.68	15.04
D2A2C3	15.13	15.40	16.07	15.53

Tabla 55*Promedios de materia seca en la cepa de yacón para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	24.97	24.74	22.91	24.20
D1A0C2	19.12	21.30	19.40	19.94
D1A0C3	22.19	23.66	21.18	22.34
D1A1C1	26.03	21.72	26.69	24.81
D1A1C2	21.49	20.35	22.94	21.59
D1A1C3	24.95	23.79	22.94	23.89
D1A2C1	25.64	27.59	24.13	25.78
D1A2C2	26.62	24.67	21.80	24.36
D1A2C3	20.30	21.16	23.07	21.51
D2A0C1	31.87	28.71	26.88	29.15
D2A0C2	24.80	23.31	22.68	23.60
D2A0C3	22.89	23.56	23.26	23.23
D2A1C1	26.72	26.25	27.78	26.92
D2A1C2	24.09	23.67	22.23	23.33
D2A1C3	21.09	23.93	25.75	23.59
D2A2C1	26.46	28.68	26.65	27.26
D2A2C2	20.47	21.20	23.20	21.62
D2A2C3	23.62	20.96	21.50	22.03

Tabla 56*Promedios de materia seca en el follaje de yacón para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	21.40	23.34	19.20	21.31
D1A0C2	24.52	24.08	22.82	23.81
D1A0C3	25.23	23.11	20.77	23.04
D1A1C1	20.35	19.19	17.95	19.16
D1A1C2	14.96	24.89	24.03	21.29
D1A1C3	17.96	22.53	27.28	22.59
D1A2C1	23.85	24.64	26.49	24.99
D1A2C2	24.89	22.17	24.86	23.97
D1A2C3	20.80	25.34	21.20	22.45
D2A0C1	26.65	26.26	25.98	26.30
D2A0C2	25.78	26.32	24.33	25.48
D2A0C3	24.94	24.35	24.74	24.67
D2A1C1	27.20	27.84	26.05	27.03
D2A1C2	25.20	24.57	25.53	25.10
D2A1C3	25.02	22.84	23.58	23.81
D2A2C1	26.85	25.61	23.29	25.25
D2A2C2	22.11	23.14	23.51	22.92
D2A2C3	21.54	21.42	20.25	21.07

Tabla 57*Promedios del índice de cosecha (%) de yacón para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	38.75	51.22	50.04	46.67
D1A0C2	58.14	70.39	72.58	67.04
D1A0C3	56.24	59.60	68.99	61.61
D1A1C1	51.54	59.33	48.23	53.04
D1A1C2	70.22	63.74	51.03	61.66
D1A1C3	73.30	64.74	60.66	66.23
D1A2C1	47.62	38.11	39.95	41.89
D1A2C2	56.95	63.47	62.61	61.01
D1A2C3	64.98	59.80	57.24	60.67
D2A0C1	49.23	46.33	48.14	47.90
D2A0C2	66.48	57.37	60.69	61.51
D2A0C3	48.49	49.55	55.93	51.32
D2A1C1	45.62	57.78	40.58	48.00
D2A1C2	56.78	65.51	66.26	62.85
D2A1C3	71.54	63.85	59.77	65.05
D2A2C1	26.81	28.72	37.85	31.13
D2A2C2	56.78	51.19	58.07	55.35
D2A2C3	64.23	52.49	54.98	57.23

Tabla 58*Promedios de materia seca total (t ha⁻¹) de yacón para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	20.60	21.79	19.47	20.62
D1A0C2	19.57	22.90	26.29	22.92
D1A0C3	20.24	20.36	21.43	20.68
D1A1C1	23.39	24.68	32.96	27.01
D1A1C2	20.56	17.21	22.32	20.03
D1A1C3	25.86	23.01	20.64	23.17
D1A2C1	19.89	22.54	22.51	21.65
D1A2C2	23.13	18.07	21.39	20.87
D1A2C3	17.83	24.43	21.98	21.41
D2A0C1	28.70	28.00	22.41	26.37
D2A0C2	33.19	34.96	20.15	29.43
D2A0C3	32.86	25.37	25.77	28.00
D2A1C1	19.08	23.94	32.01	25.01
D2A1C2	19.88	27.84	20.43	22.72
D2A1C3	36.16	22.41	30.62	29.73
D2A2C1	19.54	29.73	22.23	23.84
D2A2C2	26.61	20.46	19.27	22.11
D2A2C3	28.01	39.45	21.43	29.63

Tabla 59*Promedios de sólidos solubles en raíces de yacón para la interacción entre factores*

Interacción	Bloques			Promedio
	I	II	III	
D1A0C1	12.60	13.84	11.44	12.63
D1A0C2	10.76	7.60	7.36	8.57
D1A0C3	9.44	9.72	9.32	9.49
D1A1C1	14.68	15.84	10.36	13.63
D1A1C2	12.56	11.40	9.84	11.27
D1A1C3	8.68	11.28	10.32	10.09
D1A2C1	15.52	11.80	11.00	12.77
D1A2C2	10.28	9.28	10.32	9.96
D1A2C3	10.32	10.76	10.40	10.49
D2A0C1	12.72	14.32	16.28	14.44
D2A0C2	10.80	11.08	11.44	11.11
D2A0C3	9.52	10.20	11.24	10.32
D2A1C1	10.16	15.04	13.60	12.93
D2A1C2	11.88	11.56	9.64	11.03
D2A1C3	12.20	10.20	10.36	10.92
D2A2C1	11.56	13.68	11.88	12.37
D2A2C2	12.20	9.04	12.16	11.13
D2A2C3	9.04	11.04	12.16	10.75

Figura 32

Selección de la semilla vegetativa de yacón



Figura 33

Distribución y siembra de propágulos de yacón



Figura 34

Primer riego en el experimento de yacón



Figura 35

Abonamiento de las unidades experimentales



Figura 36

Deshierbo del campo experimental



Figura 37

Cultivo de yacón a los 3 meses después de la siembra



Figura 38

Campo experimental de yacón a los 6 meses, cierre de surco



Figura 39

Cultivo de yacón en plena floración



Figura 40

Vista aérea del campo experimental a los 7.5 meses



Figura 41

Vista aérea del campo experimental

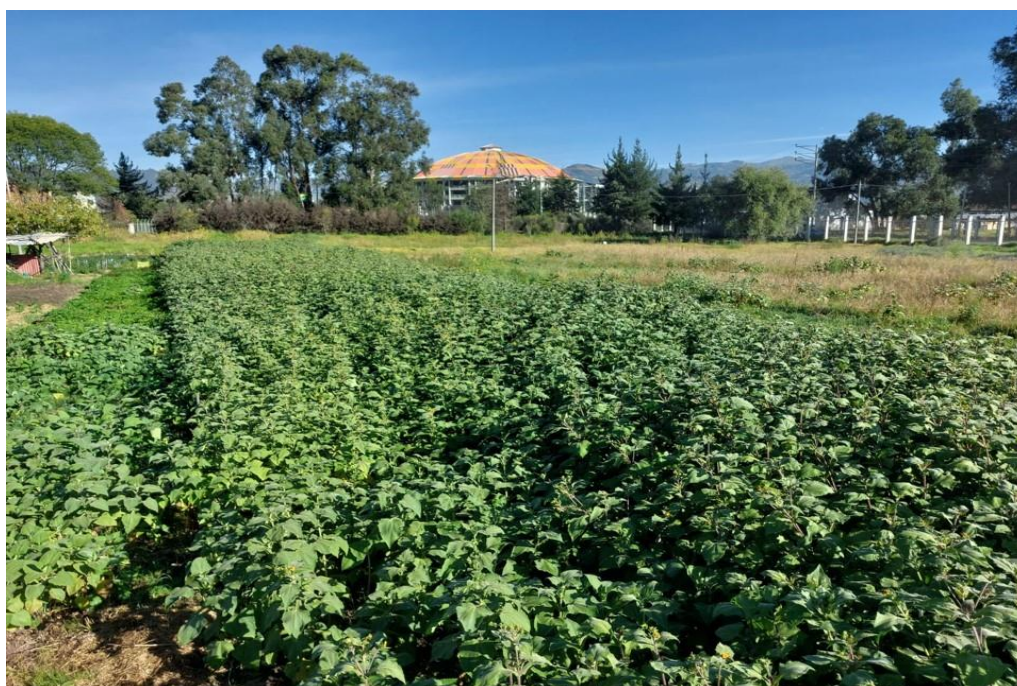


Figura 42

Evaluación de altura y número de tallos de yacón



Figura 43

Peso de raíces comerciales de yacón, cultivar II



Figura 44

Planta representativa de yacón, del cultivar I (púrpura)



Figura 45

Planta representativa de yacón, cultivar II (Hualqui)



Nota: (A) Planta completa de yacón cultivar II. (B) Raíces comerciales y no comerciales de yacón. (C) Raíces comerciales cultivar II. (D) Cepa de cultivar II.

Figura 46

Planta representativa de yacón, cultivar IX (c3)



Nota: (A) Planta completa de yacón cultivar IX. (B) Raíces comerciales y no comerciales de yacón. (C) Raíces comerciales cultivar IX. (D) Cepa de cultivar IX.

Figura 47

Muestras de yacón para evaluación de materia seca



Figura 48

Muestras de materia seca de yacón en la estufa



Figura 49

Raíces comerciales usadas para evaluación de °Brix



Figura 50

Sacabocado haciendo orificio para toma de muestra de °Brix



Figura 51

Refractómetro utilizado para la toma de datos de °Brix



Figura 52

Gotero conteniendo la muestra del zumo de yacón



Figura 53

Calibración del refractómetro para toma de medida de °Brix en yacón



Figura 54

Muestra de yacón en refractómetro para toma de medida



Figura 55

Lectura de medida de °Brix en el refractómetro



Figura 56

Captura del lente de refractómetro marcando una lectura de 15 %°Brix

