

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**Escuela Académico Profesional de Agronomía**



**RENDIMIENTO DE RAÍCES Y DE MATERIA SECA DE OCHO  
CULTIVARES DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. &  
Endl.) H. Rob.) DEL NORTE PERUANO.**

## **TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:**

**Silvia Yanina Rodríguez López**

## **ASESORES**

**Dr. Juan Francisco Seminario Cunya  
Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta**

**Cajamarca – Perú**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A mi madre Catalina por su apoyo incondicional que me dió en todo momento, por sus consejos y por ser un ejemplo para mí.

A mi padre Serapio que desde el cielo sigue velando por mí y me da las fuerzas necesarias para seguir adelante.

A mis hermanos Edson, Ronald y Tatiana quienes son las personas que me apoyaron en todo momento de mi vida para no caer y poder seguir adelante.

**LA AUTORA**

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi agradecimiento a Dios por haberme regalado la vida y por estar conmigo siempre.

A mis padres Catalina y Serapio, que siempre me apoyaron, especialmente en los momentos difíciles por los que atravesé, dándome fuerzas para seguir adelante y cumplir mis metas.

A mis hermanos Edson, Ronald y Tatiana que hicieron un esfuerzo para apoyarme ya sea económica y moralmente.

De manera especial al Dr. Juan Francisco Seminario Cunya y al Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta por su apoyo constante, por sus enseñanzas durante mi formación profesional y por ser personas que aportan bastante a la investigación.

Finalmente, al Programa Nacional para la Competitividad y Productividad (Innovate Perú) por el financiamiento de acuerdo al contrato 685 –PIEC– 2017.

**LA AUTORA**

## RESUMEN

La presente investigación permitió determinar los mejores cultivares de yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Rob.) del norte peruano, en cuanto al rendimiento de las raíces frescas y materia seca. El trabajo de campo se realizó en una parcela del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. Los cultivares fueron distribuidos en Diseño Bloques Completamente Randomizados (DBCA), ocho tratamientos (cultivares) y tres repeticiones. La siembra se realizó a 1.00 m entre surcos y 0.50 m entre plantas (20 000 plantas ha<sup>-1</sup>). Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de tallos, área foliar, número y peso total de raíces, número y peso de raíces comerciales, largo y ancho de raíces, peso de corona, largo y ancho de corona, peso seco de follaje, índice de cosecha, rendimiento de raíces frescas y materia seca. El ANOVA para el rendimiento de raíces indicó que si hubo significación estadística entre los cultivares y la prueba de Tukey indicó que el rendimiento más alto corresponde al cultivar IV con 59.4 t ha<sup>-1</sup> y; el más bajo para el cultivar VII con 15.07 t ha<sup>-1</sup>, con promedio de 40.59 t ha<sup>-1</sup> para todos los cultivares. El ANOVA para el rendimiento de materia seca indicó que si hubo significación estadística y la prueba de Tukey indicó que los rendimientos más altos corresponden a los cultivares IV, I y V con 20.71, 19.60 y 16.34 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Palabras clave:** Rendimiento, materia seca, yacón, raíces, ANOVA

## ABSTRACT

The present investigation allowed to determine the best cultivars of yacon (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Rob.) of northern Peru, in terms the yield of fresh roots and dry matter. The field work was carried out on a plot of the Andean Roots and Tubers Program of the Faculty of Agricultural Sciences of the National University of Cajamarca. The cultivars were distributed in Design Completely Randomized Blocks (DBCA), eight treatments (cultivars) and three repetitions. Sowing was carried out at 1.00 m between rows and 0.50 m between plants (20 000 plants ha<sup>-1</sup>). The variables evaluated were plant height, number of stems, leaf area, number and total weight of roots, number and weight of commercial roots, length and width of roots, crown weight, crown length and width, dry foliage weight, harvest index, yield of fresh roots and dry matter. The ANOVA for root yield indicated that there was statistical significance among the cultivars and the Tukey test indicated that the highest yield corresponds to cultivating IV with 59.4 t ha<sup>-1</sup> and the lowest for cultivating VII with 15.07 t ha<sup>-1</sup>, with an average of 40.59 t ha<sup>-1</sup> for all cultivars. The ANOVA for dry matter yield indicated that there was statistical significance and the Tukey test indicated that the highest yields correspond to cultivars IV, I and V with 20.71 t ha<sup>-1</sup>, 19.60 t ha<sup>-1</sup> and 16.34 t ha<sup>-1</sup>, respectively.

Keywords: Yield, dry matter, yacon, roots, ANOVA.

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	i
<b>ABSTRAC</b>	ii
<b>CAPÍTULO</b>	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	27
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	66
ANEXO	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Número	Página
1. Rendimiento de raíces de yacón en estudios experimentales, en diferentes localidades y países.....	8
2. Rendimientos máximos de yacón obtenidos en diferentes condiciones climáticas.....	9
3. Análisis de suelo de la parcela en estudio.....	19
4. Cultivares de yacón del norte peruano (tratamientos), mantenido por PRTA-UNC. 2016.....	20
5. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso total de raíces (kg planta <sup>-1</sup> ) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.....	27
6. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el peso total de raíces (kg) por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.....	28
7. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso comercial de raíces (kg planta <sup>-1</sup> ) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.....	

.....  
29

- 8.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el peso comercial (kg) de raíces por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
30

- 9.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable de rendimiento total de raíces (t ha<sup>-1</sup>) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
31

- 10.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el rendimiento total de raíces (t ha<sup>-1</sup>) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
32

- 11.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable de rendimiento comercial de raíces (t ha<sup>-1</sup>) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
34

- 12.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el rendimiento comercial de raíces (t ha<sup>-1</sup>) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
34

- 13.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable altura de planta (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
35

- 14.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para altura de planta (cm) en ocho cultivares de yacón del norte

peruano .....

.....

36

**15.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable número de tallos por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....

37

**16.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para número de tallos por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....

37

**17.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable de área foliar por planta (dm<sup>2</sup>) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....

38

**18.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el área foliar (dm<sup>2</sup>) por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....

39

**19.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable número total de raíces en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....

40

**20.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el número total de raíces en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....

40

- 21.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable el número de raíces comerciales en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....  
.....  
42
- 22.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el número de raíces comerciales en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....  
.....  
42
- 23.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable de largo de las raíces comerciales (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....  
.....  
43
- 24.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el largo de raíces (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....  
.....  
44
- 25.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable diámetro de raíces comerciales (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....  
.....  
45
- 26.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable longitud de la corona (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....  
.....  
46
- 27.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable ancho de la corona (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
47

**28.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso de la corona (kg) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
48

**29.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para peso de corona (kg) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
48

**30.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso del follaje por planta (kg) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
49

**31.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para peso de follaje (kg) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
50

**32.** Componentes relacionados con el rendimiento promedio de ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
51

**33.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de materia seca de las raíces (%) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
52

**34.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de materia seca de la corona (%) en ocho cultivares de yacón del norte

peruano .....	53
.....	
<b>35.</b> Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la variable porcentaje de materia seca de la corona (%) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....	53
.....	
<b>36.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de materia seca del follaje (%) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....	54
.....	
<b>37.</b> Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la variable porcentaje de materia seca del follaje (%) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....	54
.....	
<b>38.</b> Porcentaje de materia seca de raíz, corona y follaje en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....	55
.....	
<b>39.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para la variable de materia seca total por planta (kg) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....	55
.....	
<b>40.</b> Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la materia seca total (kg) por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....	

.....  
56

- 41.** Materia seca total (g por planta) y distribución a los órganos de la planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
57

- 42.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable de materia seca total de las raíces por planta (g) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
58

- 43.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la materia seca total (g) de raíces por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
59

- 44.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable índice de cosecha en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
59

- 45.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la variable índice de cosecha en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
60

- 46.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable materia seca total ( $t\ ha^{-1}$ ) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
61

- 47.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la variable materia seca total ( $t\ ha^{-1}$ ) en ocho cultivares de yacón del norte

peruano .....

.....

61

**48.** Rendimiento promedio de materia seca ( $t\ ha^{-1}$ ) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....

63

**49.** Porcentaje de nivel de daño ocasionado por plagas en una muestra de 100 hojas.....

.....

64

**50.** Rendimiento total y comercial de las raíces en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....

70

**51.** Componentes relacionados con el rendimiento de ocho cultivares de yacón del norte peruano en tres repeticiones.....

.....

71

**52.** Contenido de materia seca en los diferentes órganos de la planta de ocho cultivares de yacón, en tres repeticiones, en base a un peso fresco de 200 g.....

.....

72

**53.** Contenido de materia seca (g) y su asignación a los órganos principales de la planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....

73

**54.** Rendimiento de materia seca ( $t\ ha^{-1}$ ) de ocho cultivares de yacón en tres repeticiones .....

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Número</b>	<b>Página</b>
1. Croquis del campo experimental con la distribución de los cultivares de yacón en estudio..... .....	
21	
2. Peso total (kg) de raíces por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....	

.....  
29

- 3.** Peso comercial (kg) de raíces por planta en ocho cultivares de yacón del norte  
peruano .....

.....  
31

- 4.** Rendimiento total ( $t\ ha^{-1}$ ) de ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
33

- 5.** Rendimiento comercial ( $t\ ha^{-1}$ ) de ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
35

- 6.** Promedio de área foliar ( $dm^2$ ) por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
39

- 7.** Número promedio de raíces por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
41

- 8.** Número promedio de raíces comerciales por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
43

- 9.** Longitud promedio de raíces (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....

.....  
44

10. Diámetro promedio de raíces (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....  
.....  
45
11. Longitud promedio de corona en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....  
.....  
46
12. Ancho promedio de corona en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....  
.....  
47
13. Peso promedio de corona (kg) por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....  
.....  
49
14. Peso promedio del follaje (kg) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....  
.....  
50
15. Materia seca total (kg por planta) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....  
.....  
56
16. Asignación de materia seca a los órganos de la planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....  
.....  
58
17. Índice de cosecha (%) en ocho cultivares de yacón del norte peruano .....  
.....  
60

18. Rendimiento de materia seca total ( $t\ ha^{-1}$ ) de ocho cultivares de yacón del norte

peruano .....

.....

62

19. A) Larva de *Pseudoplusia includens*, B) adulto de *Pseudoplusia includens*,

C) Larva de *Copitarsia*

*turbata* .....

.....

63

20. A) Daño ocasionado por larvas de *Pseudoplusia includens*, B) Daño

ocasionados por larvas de *Copitarsia*

*turbata* .....

.....

64

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

El yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Rob.) es una planta originaria de la zona andina, domesticada y cultivada desde la época pre incaica. Generalmente era cultivada por los agricultores dentro de los huertos familiares o como planta de borde en la chacra. Actualmente existen parcelas comerciales en diversas partes del país. Tiene altos rendimientos (30 t ha<sup>-1</sup> en promedio), y se adapta fácilmente a las condiciones ambientales de costa, sierra y selva, hasta los 3 200 m de altitud. Sin embargo, se cultiva principalmente en el Norte (Cajamarca, Amazonas, Piura, Áncash) y también en el sur (Cuzco, Apurímac, Ayacucho, Puno). Se consume como fruta fresca y posee propiedades nutracéuticas, es decir que, además de ser alimento, es medicinal (Valderrama 2005).

En ensayos realizados en Malcas (Valle de Condebamba, Cajamarca), se registraron rendimientos promedios superiores a las 50 t ha<sup>-1</sup> y en una parcela experimental ubicada en Chuquibamba, los rendimientos oscilaron desde 35 a 61 t ha<sup>-1</sup>, usando porciones de cepa e incorporando gallinaza a 5 t ha<sup>-1</sup> (Valderrama 2005). En Cajamarca, se reporta que los morfotipos IV (San Ignacio), V (Cachachi) y II (Verde Hualqui) alcanzaron los más altos rendimientos con 59.8 t ha<sup>-1</sup>, 48.4 t ha<sup>-1</sup> y 46.3 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Estos promedios se obtuvieron después de analizar cinco cosechas del germoplasma que mantiene la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC) (Aguilar 2017).

Las estadísticas oficiales sobre rendimiento de raíces de yacón indican que su producción ha variado en los últimos años. En el 2007 hubo una producción de 5 672 t y el 2013 una producción de 9 007 t, alcanzando un máximo de producción en el año 2011 de 11 821 t (INEI 2014).

El yacón, en los últimos años, ha tomado importancia debido a que acumula fructooligosacáridos (FOS) de tipo inulina. Éstos no se metabolizan en el tracto digestivo

humano y, por lo tanto, su consumo no aumenta el nivel de glucosa en la sangre, por ello es considerado como un alimento con un alto potencial de uso para personas con diabetes. Además, el yacón posee un bajo valor energético, por lo que es un alimento ideal para las personas que sufren de obesidad. Asimismo es una fuente rica en antioxidantes de tipo fenólico que se encuentran principalmente en las hojas (Lachman *et al.* 2003, citado por Fernández 2016).

En el Perú, la demanda de yacón ha ido en aumento por sus diversas propiedades nutraceuticas; sin embargo, aún no hay grandes extensiones de terreno destinadas a este cultivo., Por otro lado, los agricultores desconocen los cultivares que pueden ser más rentables en cuanto a rendimiento de raíces y materia seca, por ello la presente investigación contribuye a identificar cuáles son los cultivares de mayor rendimiento de raíces frescas y de materia seca.

### **1.1 . Planteamiento del problema**

El yacón es una planta doméstica, que se cultivaba sólo en jardines y huertos familiares, principalmente para el autoconsumo. Sin embargo, debido al descubrimiento de sus propiedades nutraceuticas, se ha generado un creciente interés por esta especie, su cultivo y mercado (Seminario *et al.* 2003).

El interés por éste cultivo se ha incrementado, especialmente, por su capacidad acumuladora de oligofruktanos o fructooligosacáridos (FOS) a nivel de raíces, sacáridos importantes en la prevención de enfermedades crónicas como diabetes, enfermedades cardiovasculares e hipertensión. Asimismo, fortalecen el sistema inmunológico y disminuyen el riesgo de desarrollar lesiones cancerosas en el cólon. Las hojas de yacón contienen compuestos terpénicos, con actividad antimicrobiana y las raíces tienen actividad antioxidante y son agentes prebióticos (Seminario *et al.* 2003).

Entre el 83 y 90 % del peso fresco de la raíz es agua. Los carbohidratos representan alrededor del 90 % del peso seco de las raíces recién cosechadas, de los cuales, entre el 50 y 70 % son fructooligosacáridos, el resto de carbohidratos lo conforman la sacarosa, fructosa y glucosa. Sin embargo, la composición relativa de los azúcares varía significativamente debido a factores como el cultivo, la época de siembra y cosecha,

tiempo y temperatura en postcosecha, entre otros (Coronado, citado por Vegas *et al.* 2015).

Los rendimientos de raíces reservantes reportados en países andinos y no andinos, varían de 4.5 a 100 t ha<sup>-1</sup>. En Perú, Ecuador y Colombia se registraron rendimientos de 45, 44 y 32 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Polanco 2011). En una evaluación de 110 entradas de yacón del norte peruano se encontraron entre 225 g a 3 600 g de raíces por planta, con una media de 1 670 g de raíces por planta (Seminario y Cruzado 2004, citado por Aguilar 2017). Por otro lado, en una prueba de tres cultivares de yacón en el valle de Condebamba, Cajamarca, se encontró en promedio un rendimiento de 37.11 t ha<sup>-1</sup>, pero se observaron que algunas plantas llegaban hasta 9 500 g de raíces (Seminario y Cruzado 2004).

En Cajamarca, se señala que los morfotipos IV (San Ignacio), V (Cachachi) y II (Verde Hualqui) alcanzaron rendimientos de 59.8 t ha<sup>-1</sup>, 48.4 t ha<sup>-1</sup> y 46.3 t ha<sup>-1</sup> (Aguilar 2017), los cuales son afectados por el tipo de suelo, el uso de fertilizantes y otros abonos, las condiciones climatológicas y las técnicas de cultivo (Jiménez 2011).

Por otro lado, son escasos los estudios sobre producción de materia seca y su asignación a los órganos principales de la planta. Esta información es importante para proponer mejoras en el manejo tendientes a una mejor distribución de fotosintatos hacia las raíces (órgano cosechable) y disminución de la misma hacia los tallos y la corona. En esta perspectiva, con la presente investigación se busca comparar el rendimiento de raíces y de materia seca de ocho cultivares de yacón, de la colección de germoplasma de yacón del norte peruano, que mantiene la UNC.

## **1.2. Formulación de problema**

¿Cuál es el rendimiento de raíces y de materia seca de ocho cultivares de yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp & Endl.) H. Rob.) del norte peruano?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **Objetivo general**

Evaluar el rendimiento de raíces y de materia seca de ocho cultivares de yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp & Endl.) H. Rob.) del norte peruano.

#### **Objetivos específicos**

1. Evaluar el rendimiento de raíces de ocho cultivares de yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Rob.) del norte peruano.
2. Evaluar el rendimiento de materia seca y su distribución a los principales órganos, de ocho cultivares de yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Rob.) del norte peruano.

### **1.4. Hipótesis de la investigación**

Existe diferencia estadística en el rendimiento de raíces y de materia seca en ocho cultivares de yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Rob.) del norte peruano y, por lo menos dos cultivares son superiores al resto.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Melgarejo (1999) en su investigación realizada en Oxapampa, región Pasco, determinó el potencial productivo de las raíces reservantes de 24 entradas de yacón. El cultivo se sembró a 0.60 m entre planta y 1.20 m entre surcos, la fórmula de fertilización fue de 200 – 180 – 180 de N, P, K. Dicho cultivo se realizó bajo el Diseño Bloques Completos al Azar (DBCA). Los resultados indicaron diferencias significativas, la entrada P – 13 – 85 con un rendimiento de 107.36 t ha<sup>-1</sup> que expuso el más alto valor, respecto a las entradas AKW – 5075 con 83.76 t ha<sup>-1</sup> (segundo lugar), AMM – 5150 con 82.78 t ha<sup>-1</sup> (tercer lugar), y ARB – 5564 con 71.66 t ha<sup>-1</sup> (cuarto lugar), se comportaron estadísticamente similares en este carácter.

En Sao Paulo (Brasil) se reportaron rendimientos de raíces de hasta 100 t ha<sup>-1</sup>, mientras el rendimiento en condiciones alto andinas varía entre 20 a 40 t ha<sup>-1</sup>. Algunos cultivares tienen un rendimiento mayor que otros, pero el medio ambiente –localidad, fertilización, época de siembra– pueden modificar significativamente la capacidad productiva (Manrique *et al.* 2004).

En Corea Doo *et al.* 2001 citado por Douglas *et al.* (2005), comparó seis densidades de plantas (20 800 plantas ha<sup>-1</sup> - 37 000 plantas ha<sup>-1</sup>) encontró que los rendimientos de la raíz de yacón fueron menores en las poblaciones extremas pero similares en el rango de 28 600 - 35 700 plantas ha<sup>-1</sup>. Debido a esta investigación se recomendó una población de plantas de 30 000 plantas ha<sup>-1</sup> para obtener un rendimiento óptimo

En la Estación Experimental Ihinger Hof de la Universidad de Hohenheim en el año 2016 y 2017, se investigaron dos genotipos diferentes (cáscara marrón (B) y de cáscara roja (R)), con tres niveles de fertilización con N (0 (control), 40 y 80 kg N ha<sup>-1</sup>) durante dos

años. En el 2016, el rendimiento de yacón fue significativamente más alto con la dosis 0 kg N ha<sup>-1</sup> en comparación a 80 kg N ha<sup>-1</sup> con 22.05 t ha<sup>-1</sup> y 16.44 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. En el 2017, el rendimiento de yacón varió de 42.81 t ha<sup>-1</sup> (B40) a 67.32 t ha<sup>-1</sup> (R80). Los genotipos B80 y R80 lograron los mayores rendimientos con 50 y 67 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Kamp *et al.* 2019).

Tokita *et al.* (2015) investigó los efectos de la densidad de siembra y el tipo de fertilizante (cloruro ferroso (FFC) vs. compost fermentado) en el crecimiento y rendimiento de la raíz de yacón. El yacón se cultivó en un campo experimental que consistía en seis tratamientos (combinaciones de densidades de siembra y fertilizantes) con tres repeticiones. El rendimiento total de la raíz de yacón por planta y el número de raíces por planta fue mayor en el tratamiento 5 (100 cm entre surcos por 80 cm entre planta y 34 kg de FCC) con 2 052 g y 7.8 raíces, respectivamente.

En 2016 y 2017, Kamp *et al.* (2019) llevaron a cabo experimentos con yacón en la estación experimental Ihinger Hof de la Universidad de Hohenheim. Utilizaron el Diseño Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Cada parcela fue de 5m x 8 m, se usó plántulas divididas después de brotar de plantas madre con pre-cultivo en invernadero (DSAB), plántulas de piezas de rizoma pre-cultivadas en invernadero (RP1), y piezas de rizoma plantadas directamente en el campo (RP2). Los resultados fueron: número de ramificaciones de DSAB (24), RP1 (16) y RP2 (18). El peso promedio del rizoma en la cosecha fue para DSAB (871 g), RP1 (561 g) y RP2 (659 g). El mayor rendimiento de raíces lo obtuvo RP1 (29.8 t FM ha<sup>-1</sup>), DSAB y RP2 alcanzaron 21.3 y 17.8 t FM ha<sup>-1</sup> respectivamente. El peso medio fresco de las raíces en RP1 (308 g), DSAB (255 g) y RP2 (196 g). Además, RP1 alcanzó el mayor número de tubérculos por planta (8.2) en comparación con DSAB (5.6) y RP2 (6.6).

Amaya (2000) citado por Seminario *et al.* (2003), evaluaron el efecto de diferentes dosis combinadas de Nitrógeno (0, 80, 160 y 240 kg ha<sup>-1</sup>) y potasio (0, 100 y 200 kg ha<sup>-1</sup>) en el rendimiento de raíces de yacón. El mayor rendimiento de raíces tuberosas lo obtuvo el tratamiento con 160 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 100 kg ha<sup>-1</sup> de potasio consiguiendo 51.4 t ha<sup>-1</sup>. Por el contrario, el tratamiento que no recibió ningún tipo de abonamiento obtuvo solo un rendimiento de 14.4 t ha<sup>-1</sup>.

Los cultivos comerciales de yacón han rendido 30 - 40 t ha<sup>-1</sup> de raíces lavadas, pero a medida que se aplican nuevas tecnologías agronómicas, se esperan aumentos en los rendimientos de los cultivos (Douglas *et al.* 2005). Así, existen evidencias que el yacón responde bien a los fertilizantes orgánicos como el estiércol o compost, un factor muy importante para el mercado en expansión donde se requieren alimentos orgánicos, sin embargo se conoce que para una alta producción de raíces tuberosas, la dosis óptima de nitrógeno es de 160 kg ha<sup>-1</sup> y de potasio es de 100 kg ha<sup>-1</sup>; para altos rendimientos de rizomas, se necesitan 100 kg ha<sup>-1</sup> de potasio (Araújo y Amaya 2003, citado por Lebeda *et al.* 2011)

Douglas *et al.* (2005), indica que el establecimiento del cultivo de yacón mediante la plantación de trozos de corona o cepa de 50 g permite obtener rendimientos de 2 kg por planta, mientras que a partir de un trozo de 180 a 200 g de corona aumentó el rendimiento de la raíz tuberosa a 5 kg por planta. Asimismo, los rendimientos de las raíces aumentaron a medida que las poblaciones de plantas aumentaron a más de 24 000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Según Seminario *et al.* (2003), el rendimiento promedio evaluado durante varias campañas y en cuatro sitios (Los Eucaliptos, Universidad Nacional de Cajamarca, Baños del Inca y Hualqui) fue de 40 a 50 t ha<sup>-1</sup>. Amaya (2002), reportó que la densidad de siembra influye significativamente sobre el rendimiento de raíces y sobre su tamaño. Así, en un experimento en el que evaluó el efecto de diferentes distanciamientos entre plantas (0.8 y 1.0 m) y entre surcos (1.0, 1.2 y 1.4 m), encontró que el mayor rendimiento de raíces (65.8 t ha<sup>-1</sup>) se obtuvo con los menores distanciamientos (0.8 m x 1.0 m). Mientras que en la combinación de los mayores distanciamientos (1.0 x 1.4 m) produjo un rendimiento de 45.3 t ha<sup>-1</sup>, pero con raíces mucho más grandes.

Un resumen de los rendimientos obtenidos en estudios experimentales en diversas localidades y países se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Rendimiento de raíces de yacón en estudios experimentales, en diferentes localidades y países.

Localidad	t ha <sup>-1</sup>	Fuente.
Los Eucaliptos, Cajamarca, Perú.	31	León (1983) *
Ibaraki, Japón	49	Tsukihashi <i>et al.</i> (1989) *
Japón	40	Ogiso <i>et al.</i> (1990) *
Santa Catalina, Quito, Ecuador.	42	Nieto (1991) *
Baños del Inca, Cajamarca, Perú.	27	Huamán (1991) *
Capão Bonito, Sao Paulo, Brasil.	100	Kakihara <i>et al.</i> (1996) citado por Grau & Rea (1997) *
Baños del Inca, Cajamarca, Perú.	52	Franco & Rodríguez (1997) *
Ahuabamba, Cusco, Perú.	28	Lizárraga <i>et al.</i> (1997) *
Santa Catalina, Quito, Ecuador.	16	Ramos <i>et al.</i> (1999) *
Oxapampa, Pasco, Perú.	48	Melgarejo (1999)
Botucatu, Sao Paulo, Brasil.	32	Amaya (2000) *
Hualqui, Cajamarca, Perú.	51	Seminario <i>et al.</i> (2001) *
Chonju, Corea.	28	Doo <i>et al.</i> (2001) *
Hualqui, Cajamarca, Perú.	29	Seminario <i>et al.</i> (2002) *
Botucatu, Sao Paulo, Brasil.	54	Amaya (2002)
Republica checa.	28	Fernández <i>et al.</i> (2003)
Condebamba, Cajamarca	79	Seminario y Cruzado (2004)
Sao Paulo, Brasil.	30	Manrique <i>et al.</i> (2004)
Cajabamba, Cajamarca, Perú.	50	Valderrama (2005)
Cajamarca -Perú.	44	Seminario y Valderrama (2006)
Santo Domingo, Piura, Perú.	23	Córdova y Galecio (2006)
San Buenaventura, Locoá, Ecuador.	40	Balladares y Travez (2009).
Ambo – Huánuco (plan de hibridación).	79	Vegas <i>et al.</i> (2015)
Colombia (eje cafetero).	32	Polanco y García (2013)

Fuente: \* Seminario *et al* (2003) y Aguilar (2017).

Douglas *et al.* (2005), menciona que se cultivó yacón a partir de piezas de corona de un tamaño promedio de 46 g en hileras espaciadas de 0,85 m y 1.7 m con espaciados entre plantas de 0.25, 0.5, 0.75 y 1 m. La producción de raíz fresca aumentó de 49.4 a 71.3 t ha<sup>-1</sup> con un distanciamiento entre planta de 0.25 m y en hileras de 0.85 m. El rendimiento de la raíz de yacón a una separación de 0.25 m y en hileras de 1.7 m con una población

de plantas de 22 700 plantas ha<sup>-1</sup> fue de 68,4 t ha<sup>-1</sup> y a un distanciamiento de 0,25 m y en las filas de 0,85 m, en una población de plantas de 47 600 plantas ha<sup>-1</sup>, el rendimiento fue de 74.2 t ha<sup>-1</sup>.

El rendimiento de yacón varía según los ecotipos, área de cultivo, tipo de suelo, condiciones ambientales, método de siembra, período de cultivo, duración del período de crecimiento y tamaño del material de siembra. La Tabla 2 muestra los datos disponibles sobre el rendimiento de raíces frescas de yacón en la región andina y fuera de ésta. La materia seca oscila de 15 a 30 % de la materia fresco (Lebeda *et al.* 2011).

**Tabla 2.** Rendimientos máximos de yacón obtenidos en diferentes condiciones climáticas.

Región	Raíz tuberosa (t ha <sup>-1</sup> )	Región/País
	15–100	Bolivia
	74	Santa Catalina, Quito, Ecuador
	70	Santa Catalina, Quito, Ecuador
	34 (raíces sin cáscara)	Ecuador
	7–55	Baños del Inca, Cajamarca, Perú
	95	Cajamarca, Perú
	14–28	Ahuabamba, Cusco, Perú
REGIÓN	10–107	Oxapampa, Pasco, Perú
ANDINA	25–111	Cusco, Perú
	27 (Rendimiento medio)	Hualqui, Cajamarca, Perú
	38	San Remo
	54	Japón
	28–47	Japón
FUERA DE	80	Brasil
LOS ANDES	44–66	Sao Paulo, Brasil
	120	Brasil
	25–31	Corea
	57–86	Rusia
	38 – 66	Republica Checa
	8–49	Republica Checa

Fuente: Fernández, C. E. (2005), citado por Lebeda *et al.* (2011).

En el valle Condebamba, Cajamarca, se realizó un estudio en el cual se evaluó la productividad de los tres cultivares de yacón más importantes del norte peruano, usando propágulos de corona o cepa, sembrados a 0.90 m entre surcos y 0.60 m entre plantas (18 519 plantas ha<sup>-1</sup>), con una incorporación de gallinaza de 2415 kg ha<sup>-1</sup>. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. El rendimiento promedio total de raíces fue de 79.9 t ha<sup>-1</sup>, y el rendimiento promedio de raíces comerciales fue de 55.9 t ha<sup>-1</sup> (Seminario y Cruzado 2004, citado por Aguilar 2017).

En el 2004 en el Valle de Condebamba, en la localidad de Malcas, el rendimiento de yacón fue superior a las 50 t ha<sup>-1</sup>. En 2005, en Chuquibamba, los rendimientos fluctuaron de 35 a 61 t ha<sup>-1</sup>, usando porciones de corona o cepa e incorporando gallinaza a 5 t ha<sup>-1</sup>. Con esquejes enraizados, los rendimientos variaron de 20 a 57 t ha<sup>-1</sup>; con esta técnica y con un manejo medianamente tecnificado; el rendimiento promedio registrado en Siguis (parte alta del Valle de Condebamba) fue de 21.3 t ha<sup>-1</sup> (Valderrama 2005).

Seminario y Valderrama (2006), realizaron la evaluación de la productividad de tres cultivares de yacón, plantados mediante tres tipos de propágulos (corona, esqueje y nudo). Se evidenciaron diferencias estadísticas para los tipos de propágulos donde los tratamientos propagados por corona o cepa, fueron superiores en números de tallos (6), número de raíces (19.46) y peso de corona (2.10 kg). La altura de planta varió de 97 a 134 cm, el peso total de raíces por planta varió de 1.99 a 2.87 kg (con diferencias significativas entre cultivares), el peso de raíces comerciales por planta varió de 1.2 a 2.0 kg (con diferencias significativas entre tratamientos), el peso del follaje a la cosecha varió de 0.15 a 0.31 kg por planta. El rendimiento fue de 44 t ha<sup>-1</sup> promedio, con un rango de variación de 37 a 53 t ha<sup>-1</sup>.

Seminario *et al.* (2003), realizaron estudios en tres morfotipos de yacón (púrpura, verde claro y verde), tomaron como muestra cinco plantas por entrada y 15 entradas por morfotipo. Se registró que cada tallo produce entre 13 a 16 pares de hojas hasta la floración, luego de esta etapa la planta sigue produciendo hojas, pero son pequeñas, que tienen muy poca influencia en el rendimiento. El área foliar por planta en el púrpura, verde claro y verde fue 508.3, 538.2 y 485.7 dm<sup>2</sup> respectivamente.

Balladares y Través (2009), estudiaron la respuesta productiva de seis morfotipos de yacón (ECU – 124, ECU – 1251, ECU – 9109, ECU 12767) del Banco de Germoplasma de INIAP – Ecuador. El experimento consistió en 18 tratamientos y tres repeticiones, el cultivo se realizó bajo el diseño en bloques completos al azar con seis morfotipos por tres fertilizaciones de fondo. Las variables evaluadas fueron días a la emergencia, altura de planta, diámetro del tallo, número de brotes, días a la floración, rendimiento de raíces tuberosas ( $t\ ha^{-1}$ ), severidad e incidencia de plagas y enfermedades y humedad, grados Brix y azúcares totales. El morfotipo que produjo los mejores resultados fue ECU – 9109 que mostró los valores más altos en todas las variables y obtuvo un rendimiento de  $66.24\ t\ ha^{-1}$ , existiendo diferencias estadísticas entre estos morfotipos.

Polanco (2011), realizó la caracterización morfológica y molecular de materiales de yacón, en cinco departamentos de la ecorregión del eje cafetero colombiano. Empleó 18 descriptores cuantitativos y ocho cualitativos, y la caracterización molecular con la técnica RAMS, utilizando seis cebadores. La caracterización morfoagronómica de los diez biotipos colectados, los clasificó en tres grupos, siendo la variable peso de raíces con 58,77 % la que más contribuyó a explicar la variabilidad. El peso promedio de éstas estuvo por encima de los 4 kg por planta y hasta 5.12 kg por planta, estos valores equivalen a producciones de  $28.5$  a  $36\ t\ ha^{-1}$ , respectivamente.

Aguilar (2017), evaluó la producción del germoplasma de yacón que mantiene el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad Nacional de Cajamarca, desde el punto de vista estadístico. La cosecha se realizó a los 11 meses y las evaluaciones fueron: altura de planta (tallo principal), número de tallos y número total de raíces tuberosas. El morfotipo I registró la mayor altura con 1.1 m., el número de tallos en todos los morfotipos varió de 5 a 6, los morfotipos con más alto número de raíces fue el morfotipo I (púrpura) y morfotipo IV (San Ignacio) con 19 raíces por planta, la cantidad de raíces comerciales varió de 2 – 5 raíces y el peso varió de 1.45 kg por planta ( $40.39\ t\ ha^{-1}$ ) – 0.38 kg por planta ( $10\ t\ ha^{-1}$ ) en el morfotipo IV y VII, respectivamente. El morfotipo IV alcanzó el mayor peso de corona con 3.3 kg por planta ( $92.8\ t\ ha^{-1}$ ). La mayor productividad promedio correspondió a los morfotipos IV, V y II con 2.15 kg por planta ( $59.8\ t\ ha^{-1}$ ), 1.74 kg por planta ( $48.4\ t\ ha^{-1}$ ) y 1.67 kg por planta ( $46.3\ t\ ha^{-1}$ ), respectivamente. El promedio general de productividad comercial de raíces fue de 0.98

kg por planta (27.4 t ha<sup>-1</sup>) y varió de 0.38 a 1.45 kg por planta (10.55 t ha<sup>-1</sup> - 40.27 t ha<sup>-1</sup>).

Romero (2005) realizó la caracterización morfológica y evaluación del germoplasma de yacón (108 entradas) que mantiene el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad Nacional de Cajamarca. La altura de planta promedio fue 99.0 cm, el número promedio de tallos por planta fue de cinco. En cuanto a la raíz se registró una longitud y ancho promedio de 16.7 cm y 5.8 cm respectivamente; la longitud y ancho promedio de la cepa fue 19.7 cm y 13.6 cm respectivamente. Se registró 16 raíces por planta, el peso de raíces promedio por planta fue 2.1 kg, el número de raíces comerciales en promedio fue siete, el peso promedio de las raíces comerciales fue de 1.6 kg por planta, el rendimiento promedio de raíces fue 38.5 t ha<sup>-1</sup>, siendo el morfotipo V el que alcanzó el mayor rendimiento con 68.6 t ha<sup>-1</sup>, el morfotipo VI con 52.8 t ha<sup>-1</sup>, el morfotipo VIII con 48.3 t ha<sup>-1</sup>, el morfotipo III con 44.3 t ha<sup>-1</sup>, el morfotipo II con 33.3 t ha<sup>-1</sup>, el morfotipo I con 33.0 t ha<sup>-1</sup>, el morfotipo IV con 25.7 t ha<sup>-1</sup> y el morfotipo VII con 23.7 t ha<sup>-1</sup>.

En una investigación en la provincia de Sandia – Puno, Ramos (2007), registró que el peso promedio de una raíz varió entre 207.50 y 269.30 g y el número de raíces por planta osciló entre 8 y 14.

### **Rendimiento de materia seca y su distribución a los principales órganos**

Romero (2005), efectuó estudios en 108 entradas de yacón que mantiene el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad Nacional de Cajamarca y determinó el contenido de materia seca (MS) en los órganos de la planta, registrando un promedio de MS en las raíces de 11.47 %, en las hojas 20.7 %, en los tallos 21.91 % y en la cepa 18.60 %. Por otro lado, Aguilar (2017) registró que el índice de cosecha (IC) evaluado en cinco cosechas de yacón varió de 60 % en el morfotipo VIII hasta 37 % en el morfotipo IV, el IC promedio para todos los morfotipos fue 49 %.

En 2016 y 2017, Kamp *et al.* (2019) investigó el rendimiento de materia seca de yacón utilizando plántulas divididas después de brotar de plantas madre con pre-cultivo en invernadero (DSAB), plántulas de piezas de rizoma pre-cultivadas en invernadero (RP1), y piezas de rizoma plantadas directamente en el campo (RP2). El mayor rendimiento de materia seca fue (3426.86 kg de MS ha<sup>-1</sup>) y se logró mediante RP1. Incluso aunque no

significativo, DSAB y RP2 alcanzaron rendimientos más bajos, con 2744.1 y 2066.1 kg de MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Kamp *et al.* (2019) examinaron tres niveles diferentes de fertilización con N (0, 40 y 80 kg N ha<sup>-1</sup>) y dos genotipos (de cáscara marrón (BG) y de cáscara roja (RG)) en un experimento de campo de dos años con respecto a su rendimiento de tubérculos y materia seca. La materia seca de las raíces mostró efectos significativos de interacción de fertilización por genotipo registrando 10.4 % (B40) a 17.7% (R40) en 2016 de materia seca de raíces.

Seminario y Cruzado (2004) realizaron investigaciones en la productividad de tres cultivares de Llacón en el valle de Condebamba, Cajabamba (Cajamarca), registrando que el índice de cosecha más alto correspondió al cultivar verde (44.6 %) en relación al de los otros cultivares (37.2 % y 42.5 %, para el verde oscuro y púrpura, respectivamente). Este índice de cosecha se encuentra elevado en los tres cultivares, pero podría elevarse más, si disminuyera el peso de la cepa, que en este ensayo alcanzó una media para los tres cultivares de 27.2 % del peso total de la planta.

Seminario y Valderrama (2006), investigaron en la productividad de tres cultivares de yacón (púrpura, verde y Hualqui) plantados mediante tres tipos de propágulos (cepa, esqueje y nudo), fueron nueve tratamientos., se registró que el índice de cosecha varió de 51 % (Cultivar verde y porción de cepa) a 67 % (Cultivar verde claro y nudo enraizado) para todos los tratamientos. En los tratamientos con esqueje y nudo mostraron índices de cosecha más altos (58 y 64 %, respectivamente), en relación a los tratamientos con cepa (53 %). En general, la distribución de la materia seca varió del siguiente modo: 53 a 64 % a las raíces tuberosas, 31 a 42 % a la cepa y entre 5 a 6 % al follaje.

## **2.2. Generalidades sobre yacón.**

### **2.2.1. Nomenclatura y nombres vulgares del yacón**

El yacón, está clasificado según la nomenclatura científica como *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, su nombre se debe a que Robinson (1978) determinó que muchas de las especies del género *Polymnia*, al cual perteneció anteriormente el yacón debido a la clasificación de Wells en 1965, pertenecían en realidad

al género *Smallanthus* propuesto por Mackensie (1933). El yacón, es una de las 21 especies pertenecientes al género *Smallanthus*, de las cuales 7 han sido encontradas en Perú (Vegas 2015).

A través del tiempo el yacón ha recibido diversos nombres comunes, por ejemplo, en Aymara, en la zona de Bolivia es denominado “aricoma” y “aricuma”; en quechua el yacón es conocido como “llaqom”, “llacum”, “llacuma” o “yacumpi”, donde “yakku” es un adjetivo que significa aguachento o insípido. En Ecuador el yacón es conocido como “jicama”, “chicama”, “shicama”, “jíquima” o “jiquimilla” (Polanco 2011). En el norte del Perú se le denomina “llacón” y “llakwash”, éste último término es propio de Incawasi (Ferreñafe, Lambayeque) que significa alimento aguanoso (Seminario *et al.* 2003).

### **2.2.2. Origen y distribución del yacón**

El origen del yacón se encuentra en los Andes, cuando esta planta fue adaptada fácilmente a espacios libres sin vegetación, tenía un estatus de mala hierba, pero al descubrir sus propiedades, los campesinos empezaron a darle un buen manejo y a cultivarla. Las primeras áreas que se sembraron con yacón fueron las laderas húmedas de los Andes occidentales, en la región comprendida entre el noreste de Bolivia y el centro del Perú. Existen representaciones fitomórficas en la cultura Nazca (500-1200 dc.) que se atribuye al yacón, las cuales están representadas en textiles y cerámicas. En Argentina se han encontrado restos arqueológicos de yacón pertenecientes a la cultura Candelaria (Polanco 2011).

En el Perú, la producción de yacón se encuentra distribuida en las regiones de Cajamarca, Huánuco, Cusco, Abancay, Amazonas y en Puno. El proceso de mejora requiere de evaluar e identificar la variedad genotípica y fenotípica; es por ello que, en relación a la variación fenotípica, se han identificado nueve morfotipos de yacón en la colección del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), diez en la del Centro internacional de la Papa (CIP), ocho en la Universidad Nacional de Cajamarca y ocho en la Universidad del Cuzco (Arbizu 1999, citado por Mansilla *et al.* 2006).

El cultivo del yacón se está expandiendo rápidamente por todas partes del mundo. En las zonas bajas de los Andes (1800–2500 m de altitud.) el yacón se cultiva comercialmente.

Los agricultores del área de Oxapampa (Perú) exportan yacón a Japón y Estados Unidos (Fernández 2005, citado por Lebeda *et al.* 2011).

### **2.2.3. Morfología de la planta de yacón.**

El yacón, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Enddl.) H. Robinson, pertenece a la familia botánica Asteráceae. Es una planta herbácea, erecta, que puede llegar a medir desde 0.7 hasta 2.0 m de altura, con pocas o muchas ramas (Valderrama 2005).

#### **2.2.3.1. Tallo**

La planta de yacón es herbácea perenne. Si proviene de semilla, consta de un solo tallo principal, a veces ramificado desde la base, otras veces, solo con ramas pequeñas en la parte superior. Si la planta proviene de propágulo o semilla vegetativa, consta de varios tallos. Los tallos son cilíndricos, pilosos y huecos, de color verde a púrpura (Seminario *et al.* 2003).

#### **2.2.3.2. Hojas**

Son enteras y con peciolo, su borde es por lo general dentado; la lámina tiene forma triangular con la base hastada (como la punta de una flecha), truncada o acorazonada. También presentan pilosidad en su superficie. Cada tallo produce de 13 a 16 pares de hojas antes de la floración y, conforme la planta se acerca a la cosecha, las hojas reducen su número y tamaño (Valderrama 2005).

#### **2.2.3.3. Raíces**

Tiene dos tipos de raíces, fibrosas y reservantes. Las raíces fibrosas son muy delgadas y su función es de fijación de la planta al suelo y la absorción de agua y nutrientes. Las raíces reservantes son engrosadas, fusiliformes u ovadas, de color blanco, crema o púrpura, principalmente (Seminario *et al.* 2003).

El color de la superficie de la raíz y el de su pulpa, pueden revelarnos algunas características de cada cultivar; por ejemplo, aquellas que presentan color púrpura en la superficie o en la pulpa serán variedades que tienen un contenido de antocianinas; mientras que aquellas que son de pulpa naranja, serán variedades con dulzor

característico; finalmente aquellas con pulpa blanca serán de alto rendimiento, y comúnmente son las empleadas como comerciales (Seminario *et al.* 2003).

#### **2.2.3.4. Inflorescencia y flores**

La rama floral es dicásica, compuesta de capítulos. Cada rama puede contar con más de 40 capítulos. Una planta puede producir más 80 capítulos, los cuales son de colores brillantes amarillos o anaranjados y con pedúnculos sumamente pilosos. Cada capítulo tiene flores femeninas y masculinas. Las flores femeninas se ubican hacia el exterior del capítulo, cuya parte más vistosa y coloreada de amarillo es la lígula; presentan pistilo y estambres normales, pero genéticamente están incapacitadas para producir semilla viable, y si producen dan lugar a plantas débiles. Las flores tubulares son masculinas, con cerca de 7 mm de largo (Polanco 2011).

#### **2.2.3.5. Frutos**

El fruto es un aquenio, que proviene de un ovario ínfero, con más de un carpelo. La semilla se encuentra acoplada al pericarpio, sólo por el funículo. El fruto es piramidal con ángulos no bien definidos y redondeados, tienen un ápice truncado y una base ensanchada. En promedio mide unos 3.7 mm de largo y 2.2 mm de ancho. Cien semillas pesan entre 0.6 a 1.2 g (Seminario *et al.* 2003).

#### **2.2.4. Propagación**

La propagación vegetativa se realiza por medio del rizoma, un órgano subterráneo de la planta del cual se pueden obtener entre 6 a 14 propágulos. Otros métodos de propagación son por nudos y por esquejes. La reproducción sexual del yacón es un método difícil de reproducción debido a la escasa formación de semilla sexual fértil (Hermann *et al.* 2004, citado por Cano 2016). También se ha ido empleando la técnica *In vitro* que ha sido probada especialmente con fines de conservación del germoplasma y de limpieza de virus, pero dado que la planta responde bien, puede utilizarse también para la propagación comercial (Polanco 2011).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación de la investigación**

La investigación se realizó en el campo experimental del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca y departamento de Cajamarca, ubicado a 3.5 km de la ciudad de Cajamarca, a una altitud 2650 m, entre las coordenadas 7° 10' latitud sur y 78° 30' longitud este, con una temperatura media 14° C, humedad relativa 65 % precipitación anual 650 mm al año.

#### **3.2. Materiales**

##### **3.2.1. Material vegetal**

Semillas (porciones de corona) de ocho cultivares de yacón del norte peruano.

##### **3.2.2. Equipo**

- ✓ Balanza
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Estufa
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Calculadora
- ✓ Computadora
- ✓ Laptop
- ✓ Impresora

##### **3.2.3. Insumos**

- ✓ Compost

#### **3.2.4. Herramientas**

- ✓ Picos
- ✓ Machete
- ✓ Barretas

#### **3.2.5. Material de laboratorio**

- ✓ Bolsas de polietileno
- ✓ Regla
- ✓ Vernier
- ✓ Cuchillo
- ✓ Papel aluminio
- ✓ Franela

#### **3.2.6. Material de campo**

- ✓ Etiquetas de identificación
- ✓ Manguera
- ✓ Cinta métrica

#### **3.2.3. Otros materiales**

- ✓ Navaja
- ✓ Libreta de apuntes
- ✓ Papel bond
- ✓ Bolsas de papel

### **3.3. Análisis físico químico del suelo**

Antes de realizar la siembra se tomó la muestra de suelo de un área de 141 m<sup>2</sup>, que comprende el terreno donde se efectuó el experimento. Consistió en coleccionar sub-muestras de suelo recorriendo en zig – zag, luego se procedió a mezclar y su posterior pesado de 1 kg de muestra final. El análisis se realizó en el Laboratorio de Suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Baños del Inca. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Análisis de suelo de la parcela en estudio

Código laboratorio	P ppm	K ppm	pH	M.O %	Al --	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase textural
SU1315-EEBI-19	2.86	330.0	7.0	2.04	--	40	12	48	Ar

Fuente: INIA - Estación experimental Baños del Inca (2018)

Según la Tabla 3 el suelo pertenece a la clase textural arcillosa, con un pH de reacción neutro, presenta un nivel muy bajo de fósforo, un nivel medio en potasio y bajo en materia orgánica. La recomendación de abonamiento fue 70 kg ha<sup>-1</sup> de N, 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O y aplicar 4.00 ton ha<sup>-1</sup> de estiércol bien descompuesto.

### **3.4. Metodología.**

#### **3.4.1. Tratamientos en estudio**

Los tratamientos en estudio fueron ocho cultivares de yacón del norte peruano definidos en investigaciones previas, mediante descriptores morfológicos estandarizados (Tabla 4).

**Tabla 4.** Cultivares de yacón del norte peruano (tratamientos), mantenido por PRTA-UNC. 2016.

Cultivar	Procedencia		Color tallo	Ramificación	Color follaje	Pig. Hojas apicales	Forma lamina	Borde hoja	Color lígula	Forma lígula	Color externo raíces	Color pulpa	Color propágulos
	Provincia o distrito	Departamento											
1	Magdalena, Jesús,	Cajamarca	Púrpura grisácea	Todo el tallo	Verde amarillento	Presente	Triangular	Dentado	Amarillo anarj. osc	Ovado elip, trident	164 <sup>a</sup>	164D	187D
2	Cajamarca, Contumazá	Cajamarca	Verde amarillento	Ausente	Verde amarillento	Ausente	Triangular	Dentado	Amarillo anaranj claro	Ovada, bident	165C	164B	196D
3	Otuzco	La Libertad	Verde amarillento	Apical	Verde oscuro	Presente	Triangular	Doblemente dentado	Amarillo osc	Oblonga, trident	165C	165D	184D
4	San Ignacio, Jaén	Cajamarca	Púrpura grisáceo oscuro	Basal	Verde amarillento	Presente	Cordada	Dentada	Amarillo anarj. claro	Oblonga, trident	180B	19D	187D
5	Cachachi	Cajamarca	Púrpura grisácea	Ausente	verde	Ausente	Cordada	Dentada	Amarillo	?	157B	157D	54C
6	Chachapoyas	Amazonas	Púrpura grisácea	Todo el tallo	Verde oscuro	Ausente	Deltoidea	Crenado	Amarillo anaranj osc	Ovado elipt, triden	168D	165D	61B
7	San Ignacio	Cajamarca	Verde amarillento, púrpura en nudos	Ausente	Verde oscuro	Presente	Triangular	Dentado	Amarillo	Ovada, trident.	165D	11D + 60A	58A
8	Caraz	Áncash	Verde amarillento	Apical	Verde amarillento	Presente	Triangular	Dentado	Amarillo anaranj osc	Ovado elíptica, trident	164C	164C	186C

Fuente: Seminario, citado por Aguilar (2017).

### 3.4.2. Diseño experimental

Se empleó el Diseño de Bloques Completamente Randomizado (DBCA), con ocho tratamientos y tres repeticiones, como se presenta en el croquis (Figura 1). Cada cultivar (morfortipo) tuvo dos surcos de 7 plantas.

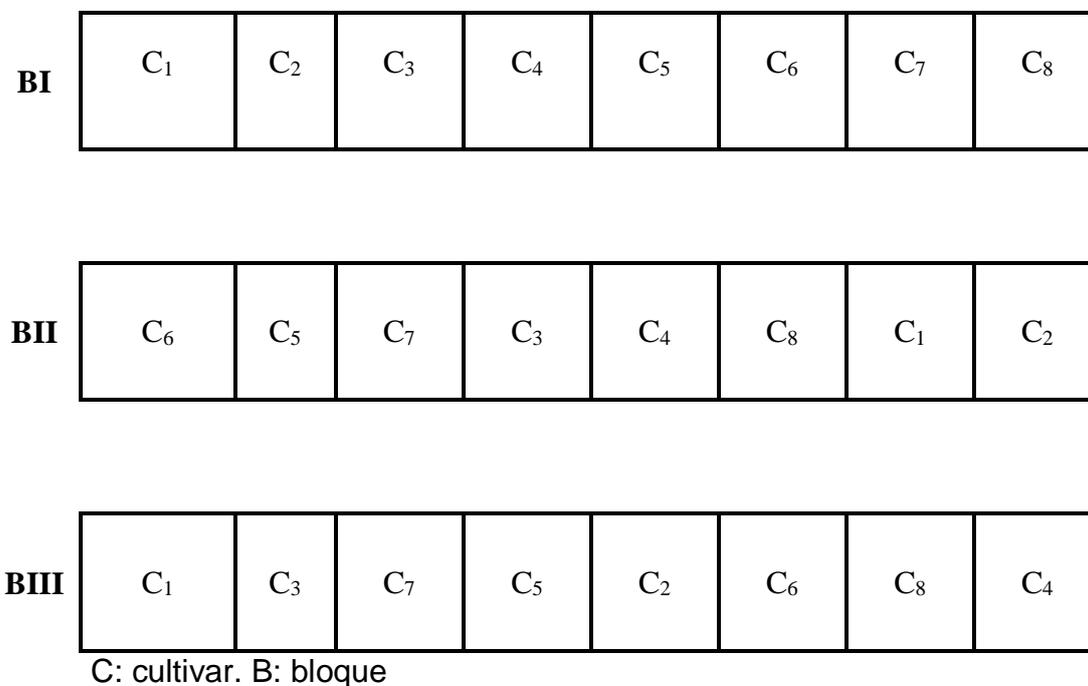


Figura 1. Croquis del campo experimental con la distribución de los cultivares de yacón en estudio.

### 3.4.3. Conducción del experimento

**Preparación del terreno.** El terreno fue arado con tractor agrícola, la nivelación y el surcado se realizaron manualmente. La distancia entre surcos es de 1 m.

**Siembra.** Se realizó el 20 de agosto del 2018, de forma manual. La semilla utilizada fue propágulos o cepas de yacón, con un distanciamiento de 0.50 m entre plantas y 1 m entre surcos, lo que equivale a una densidad de 20 000 plantas ha<sup>-1</sup>. Cada cultivar tuvo dos surcos de siete plantas.

**Riego.** Se efectuó de acuerdo a los requerimientos del cultivo: dos veces por semana en la época seca y en la época lluviosa no se realizaron.

**Deshierbos.** La eliminación de las plantas no deseadas se realizó de forma manual. Se realizaron dos deshierbos, el primero a los 2.5 meses y el segundo a los 5 meses de

instalado el cultivo.

**Abonamiento.** Se realizó el abonamiento a los tres meses de instalado el cultivo, se aplicó 300 g de compost alrededor de la planta.

**Cosecha.** Se llevó a cabo a los 10 meses después de la siembra (20 de junio del 2019), se tuvo en consideración los indicadores de cosecha (inflorescencia seca, senectud de la planta, etc., y la madurez comercial de cada entrada). Se realizó de forma manual con la ayuda de una barreta. Se cosechó cinco plantas de cada cultivar al azar, desechando las plantas de los extremos para evitar el efecto de borde. La cosecha consistió en extraer, contar, pesar y medir (longitud y diámetro) de las raíces.

#### **3.4.4. Evaluaciones realizadas.**

**3.4.4.1. Rendimiento de las raíces tuberosas.** Estas evaluaciones fueron realizadas a la cosecha. Se tomaron cinco plantas al azar para estimar:

**a. Peso (fresco) total de raíces por planta.** A cada planta cosechada, se tomó el peso de todas las raíces en una balanza y se registró como peso total de raíces.

**b. Peso (fresco) de raíces comerciales por planta.** Todas las raíces fueron separadas según su tamaño, se pesaron en una balanza y se consideró como raíces comerciales aquellas que registraron un peso mayor a 150 g.

**c. Rendimiento (fresco) total de raíces por hectárea.** Se aplicó la fórmula de Hay y Walker (1989) usada para papa, en donde:

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

En nuestro caso la densidad de plantación fue de 20 000 plantas ha<sup>-1</sup>.

**d. Rendimiento de raíces comerciales por hectárea.** Al número de plantas por hectárea se le multiplicó por el peso promedio de raíces comerciales por planta, en cada tratamiento o cultivar.

#### **3.4.4.2. Variables relacionadas con el rendimiento**

**a. Altura de planta:** Cuando las plantas se encontraban en la etapa de floración se tomaron las alturas de cinco plantas por tratamiento en las tres repeticiones. Se midió las plantas desde la base hasta la flor, esta media se consideró como altura de planta.

**b. Número de tallos por planta:** En la etapa de floración se realizó el conteo del número de tallos sobre la superficie del suelo por planta. Se evaluaron cinco plantas por tratamiento en las tres repeticiones.

**c. Área foliar por planta.** Se evaluó el área foliar de cada planta al momento de la floración, realizándose las siguientes evaluaciones:

**c.1. Número de pares de hoja por planta.** Esta evaluación se realizó en la etapa de floración. Se realizó el conteo de número de pares de hojas por tallo, éste dato se multiplicó por el número de tallos promedio que tiene una planta de acuerdo a cada tratamiento, de esta manera se obtuvo un promedio de número de pares de hojas por planta.

**c.2. Medida de largo y ancho de las hojas.** Se midió el largo y ancho mayor de 30 hojas de cada tratamiento, tomadas en los tres estratos (basal, intermedio, apical, antes del eje floral) y se procedió a estimar el área de la hoja aplicando la fórmula:  $A = 0.4167 (L \times W) + 17.284$  obtenida por Seminario *et al.* 2016. Con estos datos se obtuvo un promedio de todas las áreas de las hojas por tratamiento y se multiplicó por el número total de hojas por planta, para obtener el área foliar por planta de cada tratamiento.

**d. Número total de raíces tuberosas:** Al momento de la cosecha se contaron todas las raíces de cada planta evaluada (comercial y no comercial).

**e. Número de raíces comerciales:** Las raíces comerciales fueron separadas según su peso, se consideran comerciales a aquellas raíces que pesan mayor a 150 g, luego se contabilizaron por cada planta evaluada.

**f. Largo y diámetro de raíces comerciales:** Al momento de la cosecha, se tomaron las medidas (largo y diámetro) de las raíces comerciales. El largo se tomó con una regla y el ancho mayor se tomó con un vernier, en la parte más ancha de la raíz.

**f. Largo y ancho de corona:** Al momento de la cosecha, se tomaron las medidas (largo y ancho) de las coronas con una regla. Las medidas se tomaron en forma perpendicular.

**h. Peso fresco de corona:** Al momento de la cosecha, se tomó el peso de la corona en una balanza de aproximadamente 15 kg.

**i. Peso del follaje por planta (tallos más hojas):** Se realizó a la cosecha en cinco plantas tomadas al azar. El follaje incluyó a tallos, hojas e inflorescencias las cuales fueron pesadas en una balanza de aproximadamente 15 kg.

#### **3.4.4.3. Rendimiento de la materia seca**

**a. Contenido de materia seca de la raíz:** Se tomó una muestra de dos raíces tomadas al azar, por cultivar, se cortaron en pequeños trozos., Luego se tomó una muestra de 200 g, éste dato se registró como peso fresco, y se colocaron en papel aluminio. Estas muestras fueron puestas en estufa a 105 °C, durante 48 horas. Cumplido el tiempo, se sacaron las muestras y se pesaron., este dato se registró como peso seco. Luego se realizó el cálculo del porcentaje de materia seca de la raíz con la siguiente fórmula:

$$\text{MSR (\%)} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso fresco}} \times 100$$

**b. Contenido de materia seca de la cepa o corona:** Se tomó una muestra de 200 g de corona por cultivar, se cortó en pequeños trozos y se colocaron en bolsas de papel, y estas a su vez a estufa a 105 °C durante 48 horas. El porcentaje de materia seca de la corona se calculó mediante la fórmula:

$$\text{MSC (\%)} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso fresco}} \times 100$$

**c. Contenido de materia seca del follaje:** Se tomaron la parte aérea de dos plantas al azar, por cultivar., Se cortó en pequeños trozos y se tomó una muestra de 200 g y se

colocó en bolsas de papel, y éstas a su vez a estufa a 105 °C durante 48 horas. El porcentaje de materia seca del follaje se calculó mediante la fórmula:

$$\text{MSF (\%)} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso fresco}} \times 100$$

**d. Contenido y asignación de materia seca a cada órgano.** Para obtener la materia seca (g) de cada órgano de la planta se procedió aplicar el porcentaje de materia seca obtenido anteriormente al peso fresco de cada órgano. La materia seca total se obtuvo utilizando la siguiente fórmula: MS total = MS de raíces + MS corona + MS follaje, la cual representa el 100% y de acuerdo a ello se calculó el porcentaje correspondiente a cada uno de los órganos de la planta. De esta manera se pudo evaluar la distribución de la materia seca a la raíz, la corona y el follaje.

**e. Índice de cosecha.** Con los datos obtenidos de materia seca de cada órgano se calculó el índice de cosecha (IC), que corresponde al porcentaje de materia seca de la parte cosechable (raíz tuberosa) con relación al rendimiento biológico (materia seca de la planta completa). Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula (Gardner et al., 1985):

$$\text{IC (\%)} = \left( \frac{\text{MS de raíces (parte cosechable)}}{\text{MS de raíz + MS de corona + MS de follaje}} \right) \times 100$$

#### **3.4.4.4. Tratamiento de los datos**

Los datos fueron ordenados en una hoja de cálculo Microsoft Excel, luego fueron procesados en el programa Infostat (los datos referidos a conteos y porcentajes se les realizó la transformación). En primer lugar, se efectuó el análisis de varianza (ANOVA), esta prueba permitió determinar si existen diferencias estadísticas significativas en el rendimiento de los ocho cultivares de yacón. Si el ANOVA indicó la existencia de significación estadística, se realizó una prueba de rango múltiple de Tukey al 5 % de probabilidades. Esta prueba permitió determinar qué cultivares son superiores en rendimiento.

**3.4.5. Otras evaluaciones:** Por haberse presentado daños por comedores de hojas, con aparentes diferencias entre los cultivares, se procedió a realizar evaluaciones de daños y la identificación de las plagas.

**3.4.5.1. Nivel de daños ocasionado por plagas:** En la etapa de floración, se evaluó 100 hojas al azar por tratamiento y se contabilizó las hojas dañadas por insectos comedores y las sanas, esto se realizó mediante la observación directa.

**3.4.5.2. Identificación de principales plagas:** El daño lo causaron las larvas de dos tipos de insectos y para su identificación se procedió a coleccionar larvas presentes en el cultivo de yacón a partir de las siete de la noche. Estas larvas fueron criadas en recipientes y fueron proveídas de alimento (hojas de yacón) todos los días hasta que lleguen al estadio adulto para la identificación de éstas por un especialista de Entomología.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Rendimiento de las raíces tuberosas

##### 4.1.1. Peso total de raíces por planta.

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el peso total de las raíces por planta (Tabla 5) indican la existencia de significación estadística para los tratamientos, dado que, el valor de significación (p-valor = <0.0001) es menor al 5 %, lo cual indica que los pesos totales de raíces por planta de los cultivares de yacón son estadísticamente diferentes. El coeficiente de variación (16.3 %), tiene un valor aceptable para experimentos desarrollados en condiciones de campo.

**Tabla 5.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso total de raíces (kg planta<sup>-1</sup>) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	1.40E-03	2	7.00E-04	0.01NS	0.9936
Tratamiento	10.53	7	1.5	13.74**	<0.0001
Error	1.53	14	0.11		
Total	12.06	23			

E-03 = \*10<sup>-3</sup>, E-04 = \*10<sup>-4</sup>, \*\*= Altamente significativo, NS = No significativo.

**C.V. = 16.3 %**

La prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 6 y Figura 2), separa a los cultivares en estudio en cuatro grupos (A, B, C y D), con componentes (cultivares) estadísticamente semejantes entre sí. El primer grupo (A), conformado por los cultivares IV, VIII, II, VI y I con una media de peso total de raíces de 2.97, 2.67, 2.45, 2.14 y 2.03 kg por planta, respectivamente. El segundo grupo (B), conformado por los cultivares VIII, II, VI, I y V con una media de peso total de raíces de 2.67, 2.45, 2.14, 2.03 y 1.76 kg por planta, respectivamente. El tercer grupo (C), conformado por los cultivares VI, I, V y III con una media de peso total de raíces de 2.14, 2.03, 1.76 y 1.46 kg por planta,

respectivamente, y el cuarto grupo (D), conformado por los cultivares III y VII con una media de peso total de raíces de 1.46 y 0.75 kg por planta.

**Tabla 6.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el peso total de raíces (kg) por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

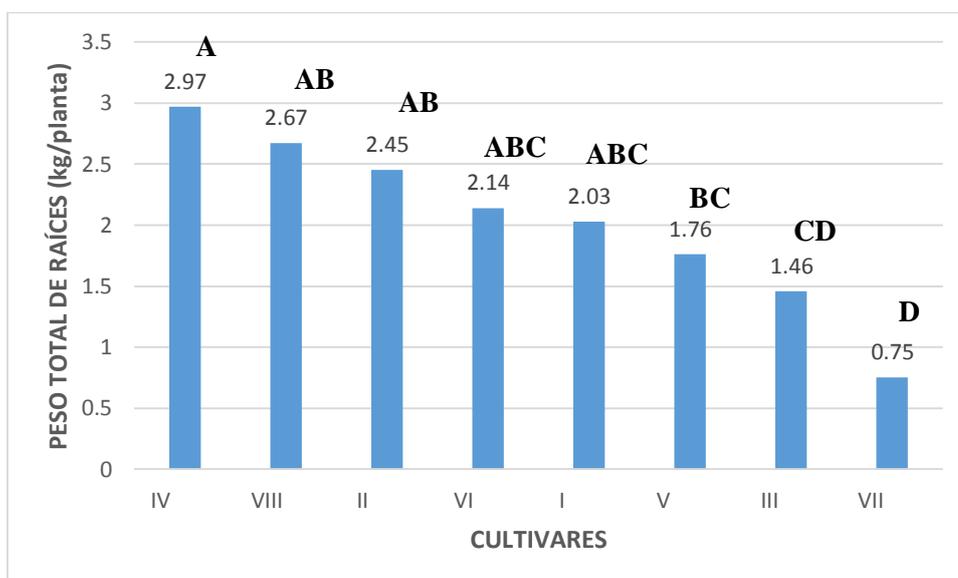
Tratamientos	Medias	Agrupación
IV	2.97	A
VIII	2.67	A B
II	2.45	A B
VI	2.14	A B C
I	2.03	A B C
V	1.76	B C
III	1.46	C D
VII	0.75	D

A pesar de la ausencia de claras diferencias estadísticas entre cultivares se deduce que el cultivar IV (San Ignacio) obtuvo el rendimiento más alto con 2.97 kg por planta y el cultivar VII (Moteado) obtuvo el rendimiento más bajo con 0.75 kg por planta. El rendimiento promedio fue 2.03 kg por planta. Estos datos coinciden con los de Aguilar (2017) quién analizó cinco cosechas de germoplasma de yacón que mantiene la UNC y reportó que el cultivar que obtuvo una mayor productividad fue el IV con 2.15 kg por planta. Por otro lado, Seminario y Cruzado (2004) en una evaluación de 110 entradas de yacón reportó rendimientos entre 225 – 3 600 g de raíces por planta y una media de 1 760 g por planta, datos que se asemejan a los encontrados en nuestra investigación. Asimismo, también realizaron una investigación en tres cultivares de yacón en Condebamba y registraron plantas que llegaban a 9 500 g de raíces, este dato se encuentra dentro de los rangos encontrados en esta investigación.

Douglas *et al.* (2005) reportó una productividad de 2 kg por planta con porciones de cepa de 50 g, pero cuando esta cepa aumentó a 180 g, la productividad aumentó a 5 kg por planta. Entonces el tamaño de la cepa es uno de los factores que influye en el rendimiento del yacón. Asimismo, Polanco (2011) señala que obtuvo un peso de 4 a 5.12 kg de raíces de yacón por planta instalados en Colombia, estos resultados son superiores a los obtenidos en el presente trabajo, pues el factor ecológico también influye en el peso de las raíces.

Tokita *et al.* (2015) reportó un rendimiento de 2 052 g por planta con densidades de 1.00

m entre surcos y 0.80 m entre plantas, este dato coincide con los resultados encontrados.



**Figura 2.** Peso total (kg) de raíces por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

#### 4.1.2. Peso de raíces tuberosas comerciales por planta

Los resultados del análisis de varianza para el peso comercial de las raíces por planta (Tabla 7) muestra la existencia de significación estadística para los tratamientos, dado que, el valor de significación ( $p$ -valor = 0.0001) es menor al 5 %, lo cual indica que el peso promedio de raíces tuberosas comerciales por planta difiere de los cultivares de yacón, pues son estadísticamente diferentes. El coeficiente de variación (19.66 %), es aceptable para las condiciones de campo.

**Tabla 7.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso comercial de raíces (kg planta<sup>-1</sup>) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	0.14	2.00	0.07	1.02NS	0.3844
Tratamiento	4.99	7.00	0.71	10.23**	0.0001
Error	0.98	14.00	0.07		
Total	6.11	23.00			

NS = No significativo, \*\*= Altamente significativo.

**C.V. = 19.66 %**

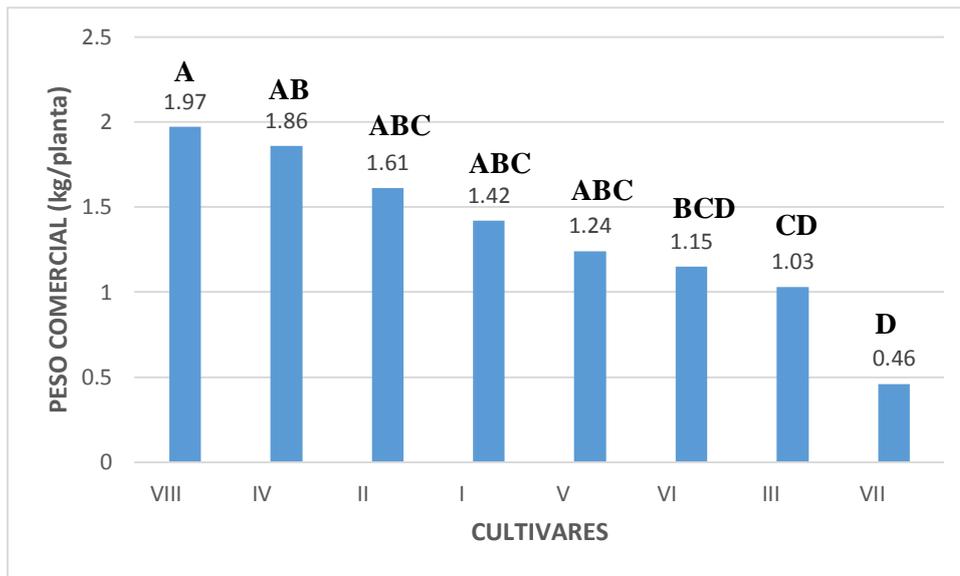
La prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 8 y Figura 3), separa a los cultivares en estudio en cuatro grupos (A, B, C y D), con componentes (cultivares) estadísticamente semejantes entre sí. El primer grupo (A), conformado por los cultivares

VIII, IV, II, I y V con una media de peso comercial de raíces de 1.97, 1.86, 1.61, 1.42 y 1.24 kg por planta, respectivamente. El segundo grupo (B), conformado por los cultivares IV, II, I, V y VI con una media de peso comercial de raíces de 1.86, 1.61, 1.42, 1.24 y 1.15 kg por planta, respectivamente. El tercer grupo (C), conformado por los cultivares II, I, V, VI y III con una media de peso comercial de raíces de 1.61, 1.42, 1.24, 1.15 y 1.03 kg por planta, respectivamente y el cuarto grupo (D), conformado por los cultivares VI, III y VII con una media de peso comercial de raíces de 1.15, 1.03 y 0.46 kg por planta, respectivamente.

**Tabla 8.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el peso comercial (kg) de raíces por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Tratamientos	Medias	Agrupación
VIII	1.97	A
IV	1.86	A B
II	1.61	A B C
I	1.42	A B C
V	1.24	A B C
VI	1.15	B C D
III	1.03	C D
VII	0.46	D

En conclusión, el cultivar VIII (Áncash) obtuvo el rendimiento más alto con 1.97 kg por planta y el cultivar VII (Moteado) obtuvo el rendimiento más bajo con 0.46 kg por planta. El rendimiento promedio de todos los cultivares fue 1.34 kg por planta, Romero (2005) realizó una investigación en 108 entradas de yacón instaladas en la Universidad Nacional de Cajamarca y registró un peso promedio de las raíces comerciales de 1.6 kg por planta, éste dato se posiciona dentro del rango encontrado en esta investigación. Por otro lado, Aguilar (2017) en una investigación de cinco cosechas de yacón reporta que el cultivar IV alcanzó el mayor peso de raíces comerciales con 1.45 kg por planta, mientras que el cultivar VII obtuvo el menor peso de raíces comerciales con 0.38 kg por planta, estos datos se encuentran dentro de los rangos obtenidos en nuestra investigación.



**Figura 3.** Peso comercial (kg) de raíces por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

#### 4.1.3. Rendimiento total de raíces (t ha<sup>-1</sup>)

Los resultados del análisis de varianza para el rendimiento total de las raíces por ha<sup>-1</sup> (Tabla 9) indican la existencia de significación estadística para los tratamientos, dado que, el valor de significación (p-valor = <0.0001) es menor al 5 %, lo cual indica que el rendimiento de los cultivares de yacón son estadísticamente diferentes. El coeficiente de variación (16.3 %), indica la variabilidad de los resultados respecto al rendimiento total en cada cultivar, éste valor es aceptable para condiciones de campo.

**Tabla 9.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable de rendimiento total de raíces (t ha<sup>-1</sup>) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	0.57	2.00	0.29	0.01NS	0.9935
Tratamiento	4212.29	7.00	601.76	13.74**	<0.0001
Error	612.94	14.00	43.78		
Total	4825.8	23.00			

NS = No significativo, \*\*= Altamente significativo.

**C.V. = 16.3 %**

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 10 y Figura 4), indica que se han formado cuatro grupos (A, B, C y D). El primer grupo (A), conformado por los cultivares IV, VIII, II, VI y I cuyos resultados son 59.4, 53.4, 49.1, 42.7 y 40.6 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El segundo grupo (B), conformado por los cultivares VIII, II, VI, I y V cuyos resultados son 53.4, 49.1, 42.7, 40.6 y 35.3 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El tercer grupo

(C), conformado por los cultivares VI, I, V y III cuyos resultados son 42.7, 40.6, 35.3 y 29.2 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente y el cuarto grupo (D), conformado por los cultivares III y VII cuyos resultados son 29.2 y 15.1 t ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 10.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el rendimiento total de raíces (t ha<sup>-1</sup>) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

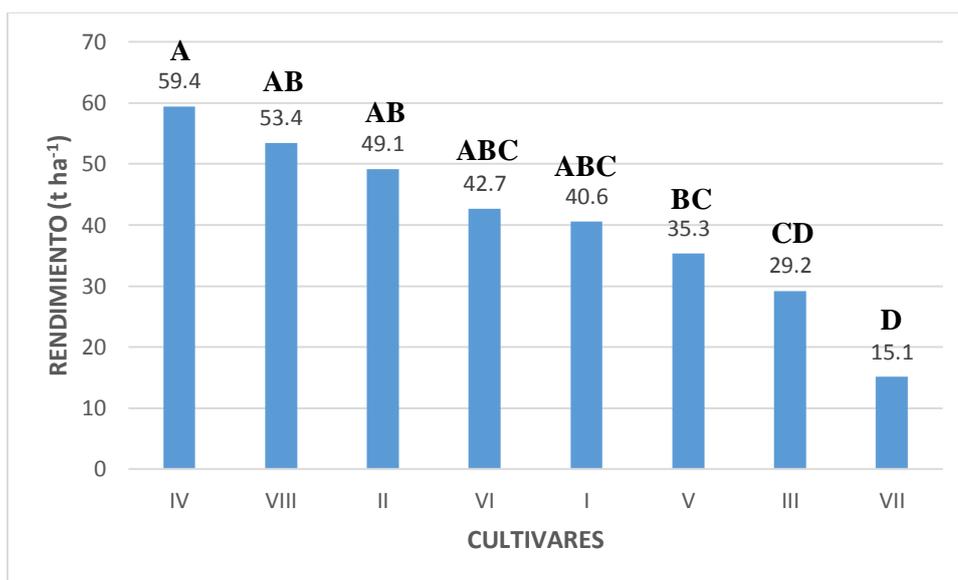
Tratamientos	Medias	Agrupación
IV	59.4	A
VIII	53.4	A B
II	49.1	A B
VI	42.7	A B C
I	40.6	A B C
V	35.3	B C
III	29.2	C D
VII	15.1	D

En conclusión, el cultivar IV alcanzó el mayor rendimiento con 59.4 t ha<sup>-1</sup> y el cultivar VII obtuvo el menor rendimiento con 15.1 t ha<sup>-1</sup>. En los cultivares restantes el rendimiento osciló entre 29.2 t ha<sup>-1</sup> y 53.4 t ha<sup>-1</sup>. El rendimiento promedio de todos los cultivares fue 40.59 t ha<sup>-1</sup>, estos datos concuerdan con el rendimiento encontrado por Aguilar (2017) en la evaluación realizada en la Universidad Nacional de Cajamarca, registrando los rendimientos más altos en los cultivares IV, V y II con 59.8 t ha<sup>-1</sup>, 48.4 t ha<sup>-1</sup> y 46.3 t ha<sup>-1</sup>. Asimismo, Balladares y Traves (2009) registraron rendimientos de 20.16 – 66.24 t ha<sup>-1</sup> y Seminario y Valderrama (2006) registraron rendimientos de 37 – 53 t ha<sup>-1</sup>., estos datos coinciden con los resultados encontrados en la presente investigación.

Valderrama (2005) en una investigación en Malcas obtuvo un rendimiento mayor a 50 t ha<sup>-1</sup> y en Chuquibamba registró rendimientos que oscilan entre 35 – 61 t ha<sup>-1</sup>. Por otro lado, Seminario y Cruzado (2004) en una prueba de tres cultivares de yacón en Condebamba, registró un rendimiento promedio de 37.11 t ha<sup>-1</sup>. Asimismo, Amaya (2002) reportó que la densidad de siembra influye significativamente en el rendimiento, indicando que a un distanciamiento de 1.0 m x 0.80 m el rendimiento fue de 65.8 t ha<sup>-1</sup> y mientras el distanciamiento aumentaba (1.0 m x 1.4 m) el rendimiento fue de 45.3 t ha<sup>-1</sup>. Estos datos se asemejan a los resultados encontrados, coincidiendo ligeramente en los distanciamientos, que en el caso de nuestra investigación fue de 1.0 m x 0.50 m.

(Amaya 2000 citado por Seminario *et al.* 2003) menciona que en una investigación se reportó que se obtuvo un rendimiento de 51.4 t ha<sup>-1</sup>, aplicando 160 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno y 100 kg ha<sup>-1</sup> de Potasio., por el contrario, el tratamiento que no recibió ningún tipo de abonamiento solo obtuvo un rendimiento de 14.4 t ha<sup>-1</sup>., éstos resultados se asemejan a los resultados obtenidos en la presente investigación, con la diferencia de que en nuestro caso se aplicó 6 t ha<sup>-1</sup> de compost.

Melgarejo (1999) en una investigación en Oxapampa (Pasco) en 24 entradas de yacón reporto que la entrada P-13-85 obtuvo el rendimiento más alto (107.36 t ha<sup>-1</sup>), con respecto a AKW-5075 con 83.76 t ha<sup>-1</sup>, AMM-5150 con 82.78 t ha<sup>-1</sup> y ARB-5564 con 71.66 t ha<sup>-1</sup>., estas tres últimas entradas se comportan estadísticamente similares. Estos resultados son superiores a los encontrados en nuestra investigación debido a las condiciones ecológicas de cada lugar.



**Figura 4.** Rendimiento total (t ha<sup>-1</sup>) de ocho cultivares de yacón del norte peruano.

#### 4.1.4. Rendimiento de raíces tuberosas comerciales (t ha<sup>-1</sup>)

Los resultados del análisis de varianza para el rendimiento comercial por ha<sup>-1</sup> (Tabla 11), indican la existencia de significación estadística para los tratamientos. El coeficiente de variación (19.66 %), indica la variabilidad de los resultados respecto al rendimiento de las raíces comerciales en cada cultivar, éste valor es aceptable para condiciones de campo.

**Tabla 11.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable de rendimiento comercial de raíces (t ha<sup>-1</sup>) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	57.14	2	28.57	1.03NS	0.3841
Tratamiento	2000.93	7	285.85	10.26**	0.0001
Error	390.11	14	27.87		
Total	2448.18	23			

NS = No significativo, \*\*= Altamente significativo.

**C.V. = 19.66 %**

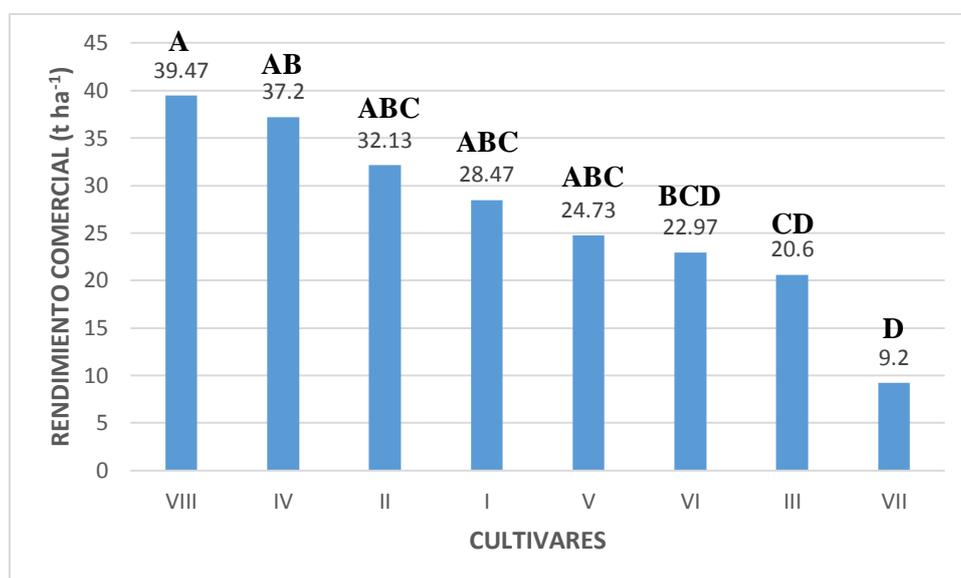
La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 12 y Figura 5), indica que se han formado cuatro grupos (A, B, C y D). El primer grupo (A), conformado por los cultivares VIII, IV, II, I y V con una media de rendimiento comercial de raíces de 39.47, 37.20, 32.13, 28.47 y 24.73 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El segundo grupo (B), conformado por los cultivares IV, II, I, V y VI con una media de rendimiento comercial de raíces de 37.20, 32.13, 28.47, 24.73 y 22.97 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El tercer grupo (C), conformado por los cultivares II, I, V, VI y III con una media de rendimiento comercial de raíces de 32.13, 28.47, 24.73, 22.97 y 20.60 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente y el cuarto grupo (D), conformado por los cultivares VI, III y VII con una media de rendimiento comercial de raíces de 22.97, 20.60 y 9.20 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Tabla 12.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el rendimiento comercial de raíces (t ha<sup>-1</sup>) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Tratamientos	Medias	Agrupación
VIII	39.47	A
IV	37.20	A B
II	32.13	A B C
I	28.47	A B C
V	24.73	A B C
VI	22.97	B C D
III	20.60	C D
VII	9.20	D

En conclusión, el cultivar VIII alcanzó el mayor rendimiento con 39.47 t ha<sup>-1</sup> y el cultivar VII obtuvo el menor rendimiento con 9.2 t ha<sup>-1</sup>. En los cultivares restantes el rendimiento osciló entre 20.60 t ha<sup>-1</sup> y 37.20 t ha<sup>-1</sup> (Figura 5). El rendimiento promedio de todos los cultivares fue 26.85 t ha<sup>-1</sup>., estos datos concuerdan con Aguilar (2017) que realizó una investigación en cinco cosechas de yacón y reportó que el cultivar IV obtuvo el mayor

rendimiento de raíces comerciales con 40.39 t ha<sup>-1</sup> y el cultivar VII obtuvo el menor rendimiento con 10 t ha<sup>-1</sup>.



**Figura 5.** Rendimiento comercial (t ha<sup>-1</sup>) de ocho cultivares de yacón del norte peruano.

## 4.2. Variables relacionadas con el rendimiento

A continuación, se muestran los resultados de las evaluaciones agronómicas y las variables que están relacionadas con el rendimiento de los ocho cultivares de yacón del norte peruano.

### 4.2.1. Altura de planta

Los resultados del análisis de varianza (Tabla 13) para la altura de planta indica la existencia de significación estadística para los tratamientos, es decir, la altura de planta de los cultivares de yacón son estadísticamente diferentes. El coeficiente de variación (6.94 %), es un valor aceptable para condiciones de campo.

**Tabla 13.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable altura de planta (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	524.33	2	262.17	3.57NS	0.056
Tratamiento	11298.63	7	1614.09	21.96**	<0.0001
Error	1029	14	73.5		
Total	12851.96	23			

NS = No significativo, \*\*= Altamente significativo.

**C.V. = 6.94 %**

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 14), indica que se han formado cuatro grupos (A, B, C y D). El primer grupo (A), conformado por los cultivares V, VI, IV y I con una media de altura de planta de 148.0, 143.7, 143.0 y 138.7 cm, respectivamente. El segundo grupo (B), conformado por los cultivares VI, IV, I y VIII con una media de altura de planta de 143.7, 143.0, 138.7 y 122.3 cm, respectivamente. El tercer grupo (C), conformado por los cultivares VIII, II y III con una media de altura de planta de 122.3, 105.3 y 98.0 cm, respectivamente y el cuarto grupo (D), conformado por los cultivares II, III y VII con una media de altura de planta de 105.3, 98.0 y 89.3 cm, respectivamente.

**Tabla 14.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para altura de planta (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Tratamientos	Medias	Agrupación
V	148.0	A
VI	143.7	A B
IV	143.0	A B
I	138.7	A B
VIII	122.3	B C
II	105.3	C D
III	98.0	C D
VII	89.3	D

La mayor altura promedio se registró en el cultivar V (Cachachi) con 148.0 cm, y la menor altura promedio se encontró en el morfotipo VII (Moteado) con 89.3 cm, éstas alturas se encuentran dentro del rango mencionado por Seminario *et al.* (2003) que considera que el yacón tiene una altura entre 100 cm a 250 cm de alto. Por otro lado, Aguilar (2017) reporta una altura promedio de todos los cultivares de 110 cm de alto. Asimismo, Romero (2005) en una investigación reporta una altura promedio de 99 cm de alto, estos datos concuerdan con los resultados de nuestra investigación., sin embargo, en muchas ocasiones este carácter se ve influenciado por las condiciones ambientales (clima, altitud) y por el manejo agronómico (riego, abonamiento).

#### 4.2.2. Número de tallos por planta

Los resultados del análisis de varianza para número de tallos por planta (Tabla 15), muestra que existe significación estadística para los tratamientos. El coeficiente de variación es de 6.88 %, lo que indica la confiabilidad para una adecuada comparación entre tratamientos.

**Tabla 15.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable número de tallos por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	0.26	2	0.13	4.87*	0.0247
Tratamiento	0.99	7	0.14	5.34**	0.0038
Error	0.37	14	0.03		
Total	1.61	23			

\* = significativo, \*\* = Altamente significativo. Estos datos fueron transformados para el ANOVA mediante  $Y = \sqrt{X}$  y  $Y = \sqrt{(X+1)}$ .

**C.V. = 6.88 %**

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 16), indica que en los tratamientos se han formado dos grupos (A y B). El primer grupo (A), conformado por los cultivares V, II, IV, III, I y VI, cuyos promedios son 6.33, 5.33, 5.00, 4.67, 4.67 y 4.33 tallos por planta, respectivamente y el grupo (B), conformado por los cultivares II, IV, III, I, VI, VII y VIII cuyos promedios son 5.33, 5.00, 4.67, 4.67, 4.33, 3.33 y 3.33 tallos por planta, respectivamente, siendo estadísticamente iguales.

**Tabla 16.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para número de tallos por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Tratamientos	Medias	Agrupación
V	6.33	A
II	5.33	A B
IV	5.00	A B
III	4.67	A B
I	4.67	A B
VI	4.33	A B
VII	3.33	B
VIII	3.33	B

Estos fueron transformados para el análisis estadístico  $Y = \sqrt{X}$  y  $Y = \sqrt{(X+1)}$ .

El mayor número de tallos promedio se registró en el cultivar V (Cachachi) con 6 tallos por planta, y el menor número de tallos promedio se encontró en los cultivares VII (Moteado) y VIII (Áncash) con 3 tallos por planta, estos datos coinciden con Romero (2005) pues en su investigación registra que el número promedio de tallos por planta es 5. Por otro lado, Aguilar (2017) registra 5 tallos promedio por planta de todos los cultivares evaluados., este dato concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación., Sin embargo, Seminario *et al.* (2003) señala un rango de 4 a 12 tallos por planta, por lo que el cultivar VII y VIII no se encuentran dentro de ese rango, esto

es debido a las condiciones ambientales y al manejo que se le dé al cultivo.

#### 4.2.3. Área foliar de la planta en plena floración

**4.2.3.1. Número de pares de hoja por planta:** En la Tabla 32 se muestra que el mayor número de pares de hojas promedio se registra en el cultivar V (Cachachi) con 135 pares de hojas por planta, y el menor número de pares de hojas promedio se registra en el cultivar VII (Moteado) con 32 pares de hojas por planta, estos datos coinciden con Seminario *et al.* (2003) que señala que cada tallo produce de 13 a 16 pares de hojas que multiplicado por los tallos (4 - 12) que tiene una planta, concuerda con los resultados encontrados.

**4.2.3.2. Largo de la lámina:** En la Tabla 32 se muestra que el mayor promedio de largo de lámina se registró en el cultivar III (Otuzco) con 20 cm, y el menor promedio de largo de lámina se registró en el cultivar VII (Moteado) con 14 cm.

**4.2.3.3. Ancho de la lámina:** En la Tabla 32 se muestra que el mayor promedio de ancho de lámina se registró en el cultivar III (Otuzco) con 21 cm, y el menor promedio de ancho de lámina se registró en el cultivar IV (San Ignacio) con 11 cm.

#### 4.2.3.4. Área foliar por planta.

Los resultados del análisis de varianza para el área foliar por planta (Tabla 17), muestra la existencia de significación estadística para los tratamientos. El coeficiente de variación (14.61 %), indica la confiabilidad para una adecuada comparación entre tratamientos.

**Tabla 17.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable de área foliar por planta (dm<sup>2</sup>) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	7834.77	2	3917.38	6.45*	0.0103
Tratamiento	92254.13	7	13179.16	21.7**	<0.0001
Error	8501.59	14	607.26		
Total	108590.49	23			

\* = Significativo, \*\* = Altamente significativo.

**C.V. = 14.61 %**

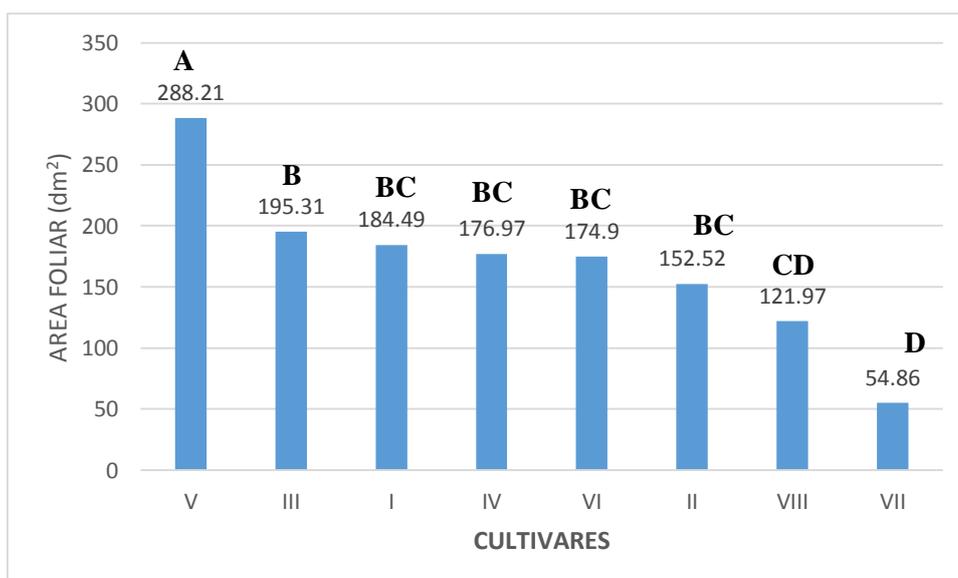
La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 18) indica que en los tratamientos se han formado cuatro grupos (A, B, C y D). El primer grupo (A), conformado por el cultivar

V que obtuvo la mayor media con 288.21 dm<sup>2</sup>, siendo superior estadísticamente a todos los cultivares. El segundo grupo (B), conformado por los cultivares III, I, IV, VI y II, son estadísticamente iguales. El grupo (C), conformado por los cultivares I, IV, VI, II y VIII, son estadísticamente iguales y el grupo (D), conformado por los cultivares VIII y VII que son estadísticamente iguales.

**Tabla 18.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el área foliar (dm<sup>2</sup>) por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Tratamientos	Medias	Agrupación
V	288.21	A
III	195.31	B
I	184.49	B C
IV	176.97	B C
VI	174.90	B C
II	152.52	B C
VIII	121.97	C D
VII	54.86	D

La mayor área foliar promedio (Figura 6) se registró en el cultivar V (Cachachi) con 288.21 dm<sup>2</sup>, y la menor área foliar promedio se registró en el cultivar VII (Moteado) con 54.86 dm<sup>2</sup>. Estos datos son muy bajos a comparación de los datos registrados por Seminario *et al.* (2003) que encontró un promedio de área foliar por planta de 485.7 dm<sup>2</sup>, esto se debe al mayor número de tallos (8 -11) que presentó la planta de yacón en ese entonces, lo que hace que aumente significante el área foliar de la planta.



**Figura 6.** Promedio de área foliar (dm<sup>2</sup>) por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

#### 4.2.4. Número total de raíces tuberosas

Los resultados del análisis de varianza (Tabla 19) para el número total de raíces, indica que existe significación estadística para los tratamientos, es decir, los cultivares son estadísticamente diferentes. El coeficiente de variación (11.33 %), indica la confiabilidad para una adecuada comparación entre tratamientos.

**Tabla 19.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable número total de raíces en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	0.2	2	0.1	0.49NS	0.6229
Tratamiento	8.95	7	1.28	6.4**	0.0016
Error	2.8	14	0.2		
Total	11.94	23			

NS= No significativo, \*\* = Altamente significativo. Estos datos fueron transformados para el ANOVA  $Y = \sqrt{X}$  y  $Y = \sqrt{(X+1)}$ .

**C.V. = 11.33 %**

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 20), se observa que en los tratamientos se han formado dos grupos (A y B). El primer grupo (A), conformado por los cultivares II, IV, I, VIII, VI, V y III que son estadísticamente iguales, pero diferentes y superiores estadísticamente al cultivar VII. El segundo grupo (B), conformado por los cultivares VIII, VI, V y III que son estadísticamente iguales.

**Tabla 20.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el número total de raíces en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

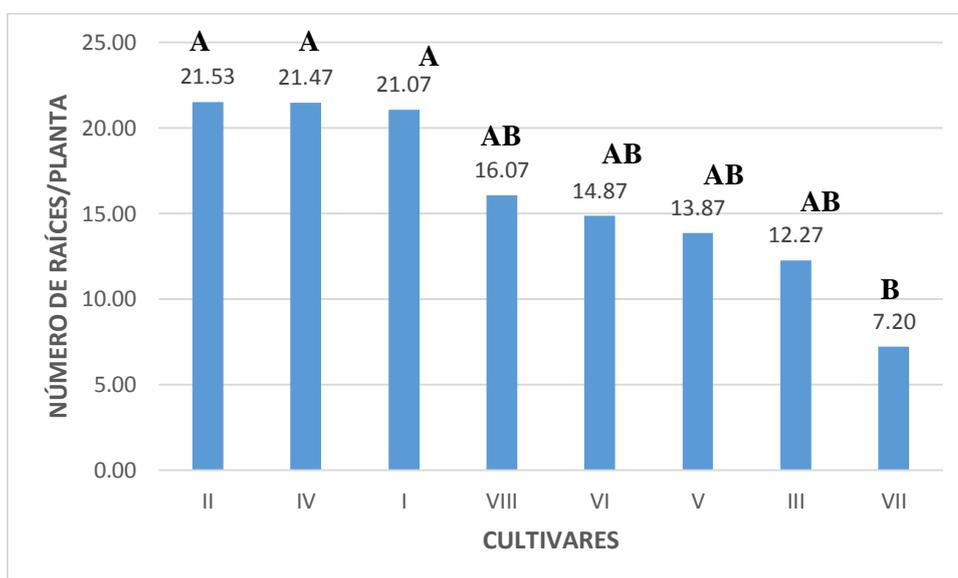
Tratamientos	Medias	Agrupación
II	4.65	A
IV	4.61	A
I	4.53	A
VIII	3.95	A B
VI	3.85	A B
V	3.69	A B
III	3.49	A B
VII	2.75	B

Estos datos fueron transformados para el análisis estadístico  $Y = \sqrt{X}$  y  $Y = \sqrt{(X+1)}$ .

En la Figura 7 se observa que el mayor número de raíces promedio lo registró el cultivar II (Hualqui) con 22 raíces y el menor número de raíces promedio lo registró el cultivar VII (Moteado) con 7 raíces, esto coincide con Aguilar (2017) que realizó una

investigación en cinco cosechas de yacón y registró 19 raíces por planta en el caso de los cultivares I y IV. Asimismo, Ramos (2007) realizó una investigación en Puno donde registró 8 – 14 raíces por planta. Por otro lado, Romero (2005) en una investigación reportó 16 raíces por planta. Estos datos coinciden con los resultados de nuestra investigación.

Tokita *et al.* (2015) en una investigación reportó 7.8 raíces por planta con densidades de 1.0 m entre surcos y 0.80 m entre plantas, este dato se asemeja al cultivar VII, quien obtuvo el mínimo número de raíces por planta, este resultado se puede deber a las diferentes ecologías en donde se realizaron las investigaciones.



**Figura 7.** Número promedio de raíces por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

#### 4.2.5. Número de raíces comerciales

Los resultados del análisis de varianza para el número de raíces comerciales (Tabla 21), indica que existe significación estadística para los tratamientos, es decir, son estadísticamente diferentes. El coeficiente de variación (8.97 %), indica la confiabilidad para una adecuada comparación entre tratamientos.

**Tabla 21.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable el número de raíces comerciales en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	0.67	2	0.33	6.71**	0.009
Tratamiento	2.16	7	0.31	6.17**	0.002
Error	0.7	14	0.05		
Total	3.52	23			

\*\* = Altamente significativo. Estos datos fueron transformados para el ANOVA mediante  $Y = \sqrt{X}$  y  $Y = \sqrt{(X+1)}$ .

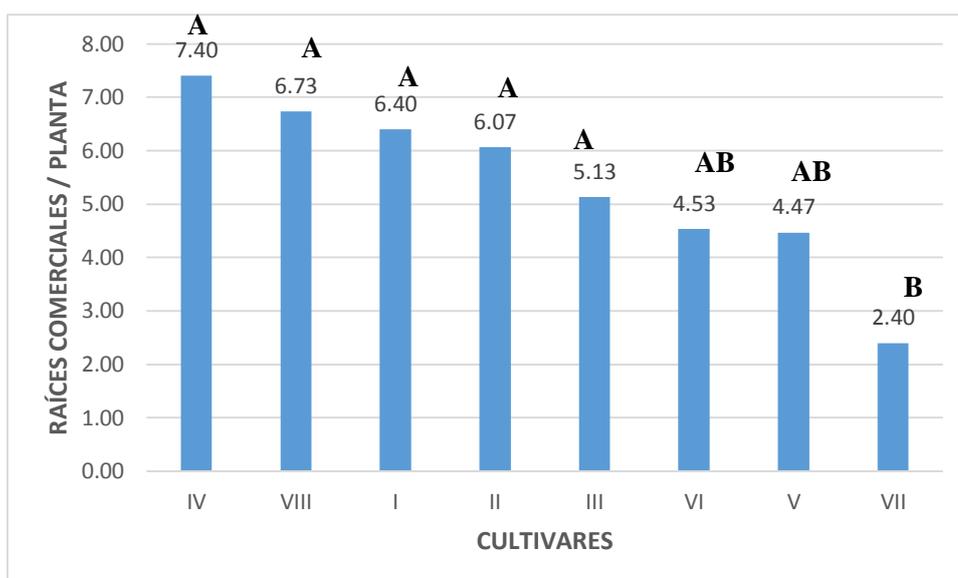
**C.V. = 8.97 %**

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 22), muestra que en los tratamientos se han formado dos grupos (A y B). El primer grupo (A), conformado por los cultivares VIII, IV, I, II, III, VI y V que son estadísticamente iguales, pero diferentes y superiores estadísticamente al cultivar VII. El segundo grupo (B), conformado por los cultivares VI, V y VII que son estadísticamente iguales.

**Tabla 22.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el número de raíces comerciales en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Tratamientos	Medias	Agrupación
VIII	2.77	A
IV	2.75	A
I	2.71	A
II	2.64	A
III	2.48	A
VI	2.38	A B
V	2.37	A B
VII	1.8	B

En la Figura 8 se observa que el mayor número de raíces promedio lo registró el cultivar IV (San Ignacio) con 7.40 raíces tuberosas por planta y el menor número de raíces promedio lo registró el cultivar VII (Moteado) con 2.40 raíces por planta., Éste resultado concuerda con Aguilar (2017) que registra en promedio 2.5 raíces comerciales por planta y con Romero (2005) que registra en promedio 7 raíces por planta.



**Figura 8.** Número promedio de raíces comerciales por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

#### 4.2.6. Largo de raíces comerciales

Los resultados del análisis de varianza para la longitud de las raíces (Tabla 23), indica que existe significación estadística para los tratamientos. El coeficiente de variación es de 8.29 %, lo que indica la confiabilidad para una adecuada comparación entre tratamientos.

**Tabla 23.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable de largo de las raíces comerciales (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	11.57	2	5.79	4.32*	0.0345
Tratamiento	35.12	7	5.02	3.75*	0.0169
Error	18.74	14	1.34		
Total	65.44	23			

\* = Significativo

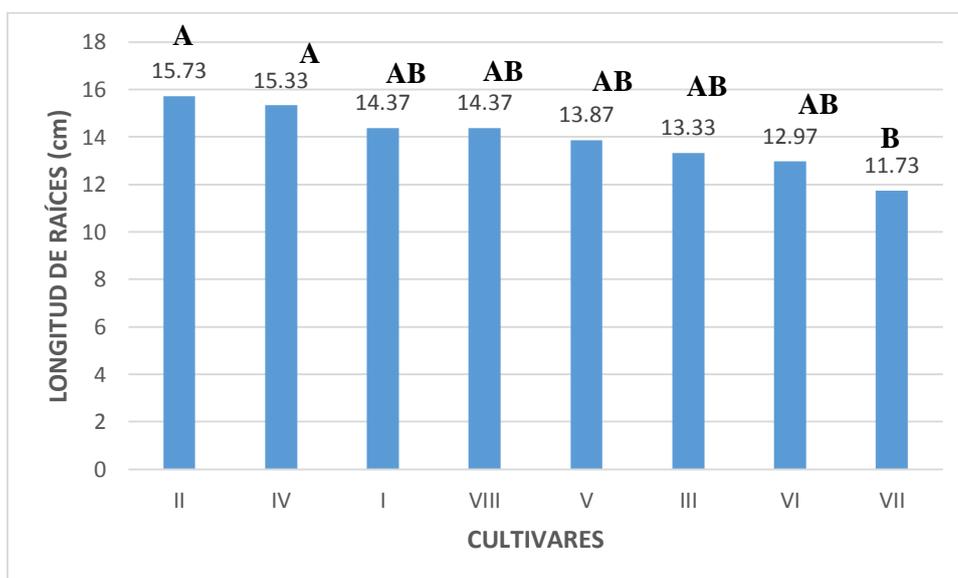
**C.V. = 8.29 %**

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 24), muestra que en los tratamientos se han formado dos grupos (A y B). El primer grupo (A), conformado por los cultivares II, IV, I, VIII, V, III y VI que son estadísticamente iguales, pero diferentes y superiores estadísticamente al cultivar VII. El segundo grupo "B", conformado por los cultivares I, VIII, V, III, VI y VII que son estadísticamente iguales.

**Tabla 24.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el largo de raíces (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Tratamientos	Medias	Agrupación
II	15.73	A
IV	15.33	A
I	14.37	A B
VIII	14.37	A B
V	13.87	A B
III	13.33	A B
VI	12.97	A B
VII	11.73	B

En la Figura 9 se observa que la mayor longitud promedio de la raíz lo registró el cultivar II (Hualqui) con 15.73 cm; y la menor longitud promedio fue registrada por el cultivar VII (Moteado) con 11.73 cm. Romero (2005) en una investigación en 108 entradas de yacón registró una longitud promedio de 16.7 cm, este dato supera ligeramente a los resultados obtenidos en esta investigación.



**Figura 9.** Longitud promedio de raíces (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

#### 4.2.7. Diámetro de raíces comerciales

Los resultados del análisis de varianza para el diámetro de raíces comerciales (Tabla 25), indica que no existe significación estadística para los tratamientos, es decir, hubo homogeneidad entre éstos. El coeficiente de variación es de 9.24 %, para condiciones de campo es aceptable, indicando la confiabilidad de los resultados del experimento.

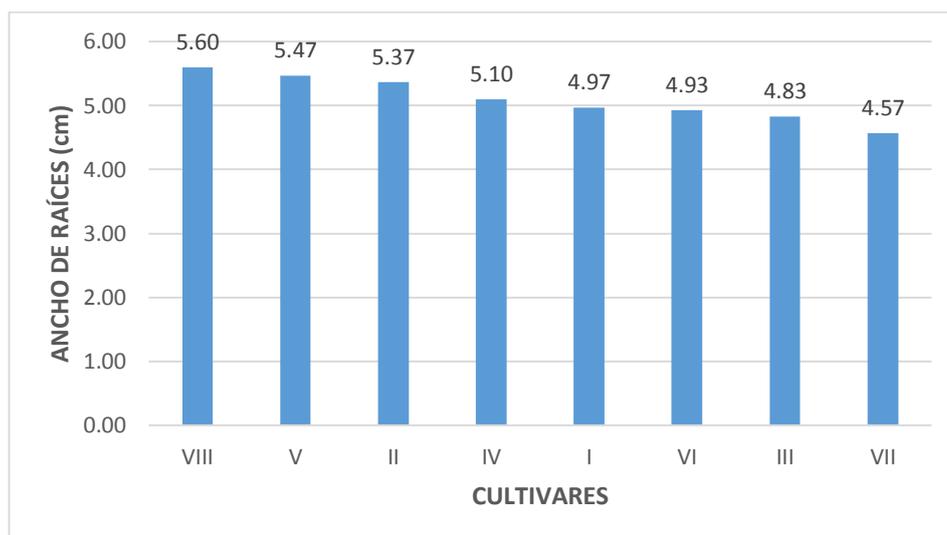
**Tabla 25.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable diámetro de raíces comerciales (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	2.24	2	1.12	5.04NS	0.0225
Tratamiento	2.57	7	0.37	1.65NS	0.2015
Error	3.12	14	0.22		
Total	7.93	23			

NS = no significativo

**C.V. = 9.24 %**

En la Figura 10 se observa que el mayor diámetro promedio de la raíz lo registró el cultivar VIII (Áncash) con 5.6 cm; y el menor diámetro promedio fue registrado por el cultivar VII (Moteado) con 4.6 cm. Romero (2005) registró un diámetro promedio de 5.8 cm.



**Figura 10.** Diámetro promedio de raíces (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

#### 4.2.8. Largo de corona

Los resultados del análisis de varianza para el largo de la corona (Tabla 26), muestra que no existe significación estadística para los tratamientos, lo cual indica que hubo homogeneidad entre éstos. El coeficiente de variación es de 9.03 %, para condiciones de campo es aceptable, indicando la confiabilidad de los resultados del experimento.

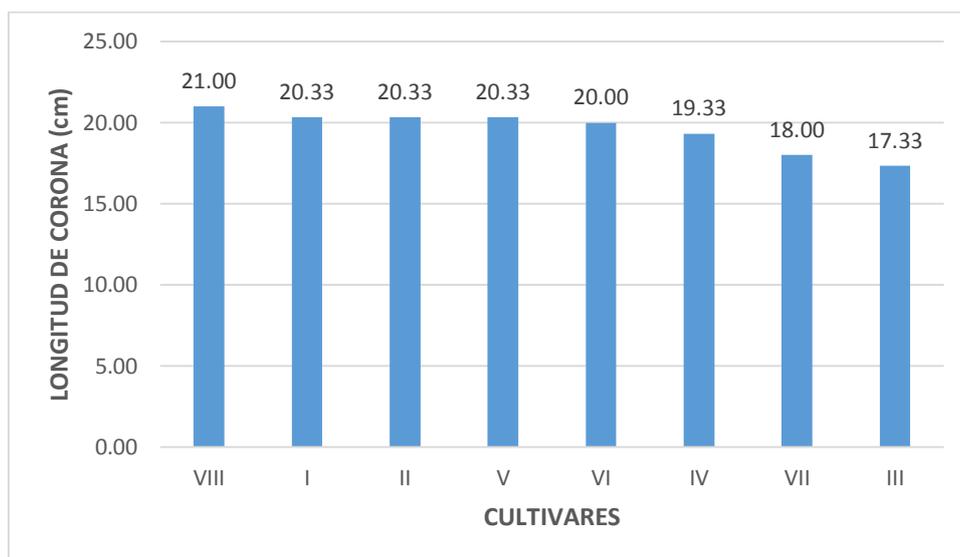
**Tabla 26.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable longitud de la corona (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	35.58	2	17.79	5.69*	0.0155
Tratamiento	34.5	7	4.93	1.58NS	0.2215
Error	43.75	14	3.13		
Total	113.83	23			

\* = Significativo, NS = No significativo

**C.V. = 9.03 %**

En la Figura 11 se observa que la mayor longitud promedio de la corona lo registró el cultivar VIII (Áncash) con 21 cm; y la menor longitud promedio fue registrada por el cultivar III (Otuzco) con 17.3 cm, estos datos concuerdan con Romero (2005) que registró una longitud promedio de 19.7 cm.



**Figura 11.** Longitud promedio de corona en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

#### 4.2.9. Ancho de corona

Los resultados del análisis de varianza para el ancho de la corona (Tabla 27), muestra que no existe significación estadística para los tratamientos, lo cual indica que hubo homogeneidad entre éstos. El coeficiente de variación es de 12.05 %, para condiciones de campo es aceptable, indicando la confiabilidad de los resultados del experimento.

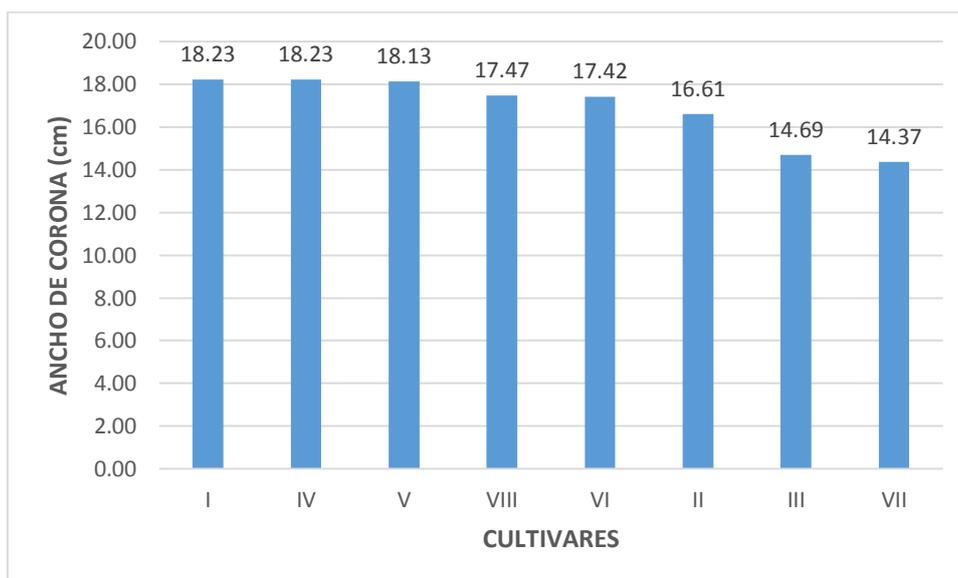
**Tabla 27.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable ancho de la corona (cm) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	84.43	2	42.21	10.18**	0.0019
Tratamiento	51.16	7	7.31	1.76NS	0.1735
Error	58.03	14	4.14		
Total	193.61	23			

\*\* = Significativo, NS = No significativo

**C.V. = 12.05 %**

En la Figura 12 el mayor ancho promedio de la corona lo registraron los cultivares I (Púrpura) y IV (San Ignacio) con 18.23 cm; y el menor fue registrado por el cultivar VII (Moteado) con 14.37 cm, estos datos son superiores a los resultados que registró Romero (2005), con un ancho promedio de 13.6 cm, esto es debido a las condiciones ecológicas.



**Figura 12.** Ancho promedio de corona en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

#### 4.2.10. Peso de la corona

Los resultados del análisis de varianza para el peso de la corona (Tabla 28), indica que se encontró significación estadística para los tratamientos. El coeficiente de variación es de 23.72 %, lo que indica la confiabilidad para una adecuada comparación entre tratamientos.

**Tabla 28.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso de la corona (kg) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	0.67	2	0.33	1.43NS	0.2731
Tratamiento	6.56	7	0.94	4.01*	0.0129
Error	3.27	14	0.23		
Total	10.5	23			

NS = No significativo, \* = Significativo

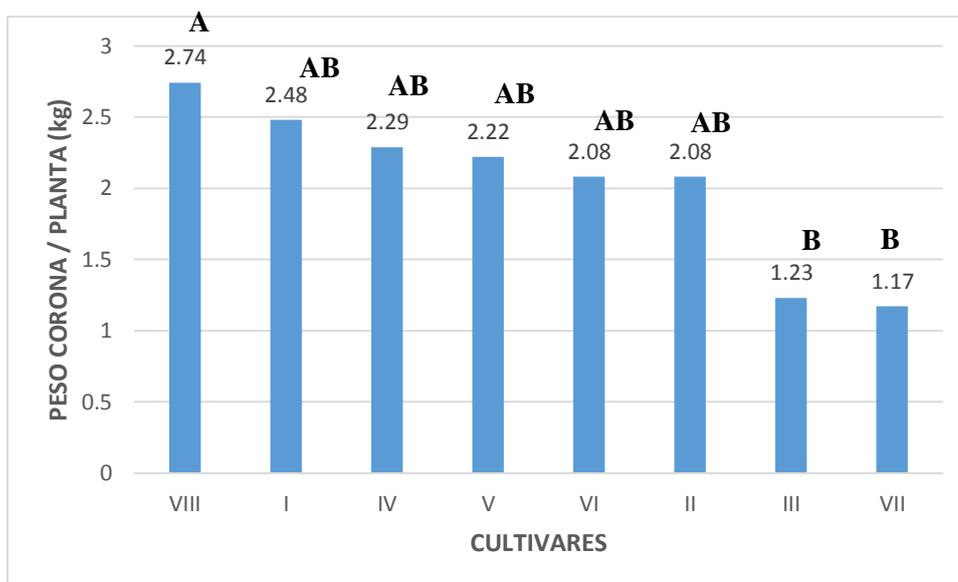
**C.V. = 23.72 %**

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 29), muestra que en los tratamientos se han formado dos grupos (A y B). El primer grupo (A), conformado por los cultivares VIII, I, IV, V, VI y II, que son estadísticamente iguales, pero diferentes y superiores estadísticamente a los cultivares III y VII. El segundo grupo (B), conformado por los cultivares I, IV, V, VI, II, III y VII que son estadísticamente iguales.

**Tabla 29.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para peso de corona (kg) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Tratamientos	Medias	Agrupación
VIII	2.74	A
I	2.48	A B
IV	2.29	A B
V	2.22	A B
VI	2.08	A B
II	2.08	A B
III	1.23	B
VII	1.17	B

En la Figura 13 se observa que el mayor peso promedio lo registró el cultivar VIII (Áncash) con 2.74 kg por planta y el menor peso promedio lo registró el cultivar VII (Moteado) con 1.17 kg por planta. Aguilar (2017) en una investigación registró que el peso promedio de la corona fue 3.3 kg por planta, este dato es superior a los resultados obtenidos en nuestra investigación, esto se pudo deber a las condiciones ambientales y a la presencia de heladas que existió a fines de octubre.



**Figura 13.** Peso promedio de corona (kg) por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

#### 4.2.11. Peso del follaje fresco por planta

Los resultados del análisis de varianza para el peso del follaje por planta (Tabla 30), indica se encontró significación estadística para los tratamientos. El coeficiente de variación es de 15.18 %, lo que indica la confiabilidad para una adecuada comparación entre tratamientos.

**Tabla 30.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso del follaje por planta (kg) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	0.02	2	0.01	1.73NS	0.2123
Tratamiento	0.51	7	0.07	11.66**	0.0001
Error	0.09	14	0.01		
Total	0.62	23			

NS = No significativo, \*\* = Altamente significativo

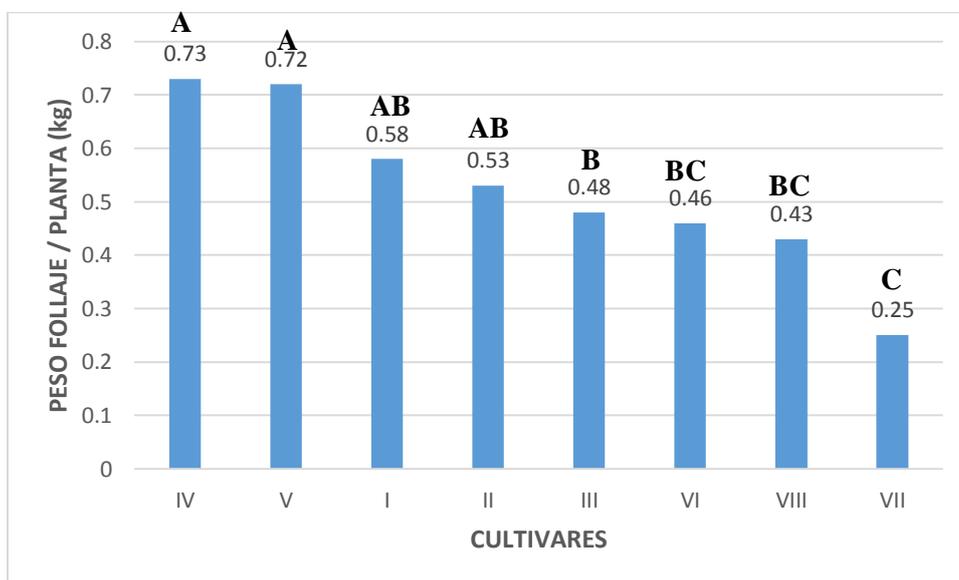
**C.V. = 15.18 %**

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 31), muestra que en los tratamientos se han formado tres grupos (A, B y C). El primer grupo (A), conformado por los cultivares IV, V, I y II que son estadísticamente iguales, pero diferentes y superiores estadísticamente a los cultivares III, VI, VIII y VII. El segundo grupo (B), conformado por los cultivares I, II, III, VI y VIII que son estadísticamente iguales y el tercer grupo (C), conformado por los cultivares VI, VIII y VII, que son estadísticamente iguales.

**Tabla 31.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para peso de follaje (kg) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Tratamientos	Medias	Agrupación
IV	0.73	A
V	0.72	A
I	0.58	A B
II	0.53	A B
III	0.48	B
VI	0.46	B C
VIII	0.43	B C
VII	0.25	C

En la Figura 14 se observa que el mayor peso promedio del follaje lo registró el cultivar IV (San Ignacio) con 0.73 kg y el menor peso promedio del follaje lo registró el cultivar VII (Moteado) con 0.25 kg. Seminario y Valderrama (2006) obtuvieron 0.15 a 0.31 kg de follaje por planta, estos valores bajos se deben a que cuando se pesó el follaje se encontraba en estado senescente y parte de éste se había perdido, también se debe a que el número de tallos fue menor al de nuestra investigación.



**Figura 14.** Peso promedio del follaje (kg) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

**Tabla 32.** Componentes relacionados con el rendimiento promedio de ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Cultivar	Altura prom. (cm)	N. tallos/planta	N. Pares de hojas/pl. prom.	Largo hoja (cm)	Ancho hoja (cm)	Área foliar/planta (dm <sup>2</sup> )	N°. Total Raíces	N° R.C	Largo de R.C (cm)	Diámetro de R.C (cm)	Largo corona (cm)	Ancho corona (cm)	Peso corona (kg)	Peso follaje/planta(kg)
I	139	5	101	15	12	184.49	21	6	14.4	5.0	20.3	18.2	2.48	0.58
II	105	5	71	17	13	152.52	22	6	15.7	5.4	20.3	16.6	2.08	0.53
III	98	5	52	20	21	195.31	12	5	13.3	4.8	17.3	14.7	1.23	0.48
IV	143	5	103	15	11	176.96	21	7	15.3	5.1	19.3	18.2	2.29	0.73
V	148	6	135	17	12	288.21	14	5	13.9	5.5	20.3	18.1	2.22	0.72
VI	144	4	89	17	12	174.90	15	5	13.0	4.9	20.0	17.4	2.08	0.46
VII	89	3	32	14	12	54.86	7	2	11.7	4.6	18.0	14.4	1.17	0.25
VIII	122	3	53	18	13	121.97	16	7	14.4	5.6	21.0	17.5	2.74	0.43
PROM.	123.5	4.5	79.5	16.63	13.25	168.65	16	5.4	13.96	5.1	19.6	16.9	2.04	0.52

RC = Raíces comerciales

### 4.3. Materia seca de yacón

#### 4.3.1. Porcentaje de materia seca de raíz, corona y follaje

##### 4.3.1.1. Porcentaje de materia seca de las raíces

Los resultados del análisis de varianza para el porcentaje de materia seca de las raíces (Tabla 33), muestra que no existe significación estadística para los tratamientos, lo cual indica que hubo homogeneidad entre éstos. El coeficiente de variación es de 1.78 %, para condiciones de campo es aceptable, indicando la confiabilidad de los resultados del experimento.

**Tabla 33.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de materia seca de las raíces (%) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	7.50E-05	2	0.00	0.01NS	0.9896
Tratamiento	0.04	7	0.01	1.64NS	0.2045
Error	0.05	14	0.00		
Total	0.09	23			

E-05 =  $\times 10^{-5}$ , NS = No significativo.

**C.V. = 1.78 %**

En la Tabla 38 se observa que el máximo porcentaje promedio de materia seca en la raíz lo presentó el cultivar IV (San Ignacio) con 11.78 % y el menor porcentaje de materia seca lo presentó el cultivar V (Cachachi) con 10.78 %, este dato coincide con Romero (2005) que reportó que el porcentaje promedio de materia seca de las raíces fue de 11.47 %.

##### 4.3.1.2. Porcentaje de materia seca de la corona

Los resultados del análisis de varianza para el porcentaje de materia seca de la corona (Tabla 34), muestra que existe significación estadística para los tratamientos. El coeficiente de variación es de 1.33 %, lo que indica la confiabilidad para una adecuada comparación entre tratamientos.

**Tabla 34.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de materia seca de la corona (%) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	4.20E-03	2	0.00	0.57NS	0.579
Tratamiento	0.2	7	0.03	7.74**	0.0006
Error	0.05	14	0.00		
Total	0.26	23			

E-03 =  $\times 10^{-3}$ , NS = No significativo, \*\* = Altamente significativo.

**C.V. = 1.33 %**

La prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 35), separa a los cultivares en estudio en dos grupos (A y B), con componentes (cultivares) estadísticamente semejantes entre sí. El primer grupo (A), conformado por el cultivar I, con una media de 23.32 % de materia seca de la corona. El segundo grupo (B), conformado por los cultivares VI, IV, III, II, VII, VIII y V con una media de 21.25 %, 21.15 %, 21.12 %, 20.98 %, 20.83 %, 20.45 % y 20.38 % de materia seca de la corona.

**Tabla 35.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la variable porcentaje de materia seca de la corona (%) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Tratamientos	Medias	Agrupación
I	4.83	A
VI	4.61	B
IV	4.6	B
III	4.6	B
II	4.58	B
VII	4.56	B
VIII	4.52	B
V	4.51	B

Estos datos fueron transformados para realizar la prueba de significación  $Y = \sqrt{X}$ .

En la Tabla 38 se observa que el máximo porcentaje promedio de materia seca en la corona lo presentó el cultivar I (Púrpura) con 23.32 % y el menor porcentaje de materia seca lo presentó el cultivar V (Cachachi) con 20.38 % este dato se asemeja con los resultados de Romero (2005) que reportó que el porcentaje promedio de materia seca de la corona fue de 18.60 %.

#### **4.3.1.3. Porcentaje de materia seca del follaje (tallos + hojas)**

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de materia seca del follaje (Tabla 36), que indica que existe significación estadística para los tratamientos.

El coeficiente de variación es de 2.33 %, lo que indica la confiabilidad para una adecuada comparación entre tratamientos.

**Tabla 36.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable porcentaje de materia seca del follaje (%) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	6.00E-02	2	0.03	2.33NS	0.1336
Tratamiento	2.37	7	0.34	28.44**	<0.0001
Error	0.17	14	0.01		
Total	2.59	23			

E-02 =  $\cdot 10^{-2}$ , NS = No significativo, \*\* = Altamente significativo.

**C.V. = 2.33 %**

La prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 37), separa a los cultivares en estudio en cuatro grupos (A, B, C y D), con componentes (cultivares) estadísticamente semejantes entre sí. El primer grupo (A), conformado por el cultivar I, con una media de 28.12 % de materia seca del follaje. El segundo grupo (B), conformado por los cultivares IV, II, V, VI y VIII con una media de 23.27 %, 23.07 %, 22.72 %, 21.10 % y 21.02 % de materia seca del follaje. El tercer grupo (C), conformado por los cultivares VI, VIII y III con una media de 21.10 %, 21.02 % y 18.57 % de materia seca del follaje y el grupo (D), conformado por los cultivares III y VII con una media de 18.57 % y 17.93 % de materia seca del follaje.

**Tabla 37.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la variable porcentaje de materia seca del follaje (%) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Tratamientos	Medias	Agrupación
I	5.3	A
IV	4.83	B
II	4.8	B
V	4.76	B
VI	4.59	B C
VIII	4.58	B C
III	4.31	C D
VII	4.23	D

En la Tabla 38 se observa que el máximo porcentaje de materia seca en el follaje lo presentó el cultivar I (Púrpura) con 28.12 % y el menor porcentaje de materia seca lo presentó el cultivar VII (Moteado) con 17.93 %.

**Tabla 38.** Porcentaje de materia seca de raíz, corona y follaje en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

<b>Cultivar</b>	<b>Peso seco raíz (g)</b>	<b>(%) MS</b>	<b>Peso seco corona (g)</b>	<b>(%) MS</b>	<b>Peso seco follaje (g)</b>	<b>(%) MS</b>
<b>I</b>	22.77	11.38	46.63	23.32	56.23	28.12
<b>II</b>	22.67	11.33	41.97	20.98	46.13	23.07
<b>III</b>	22.17	11.08	42.23	21.12	37.13	18.57
<b>IV</b>	23.57	11.78	42.30	21.15	46.53	23.27
<b>V</b>	21.57	10.78	40.77	20.38	45.43	22.72
<b>VI</b>	22.83	11.42	42.50	21.25	42.20	21.10
<b>VII</b>	22.20	11.10	41.67	20.83	35.87	17.93
<b>VIII</b>	22.17	11.08	40.90	20.45	42.03	21.02

#### 4.3.2. Materia seca total por planta y su asignación a los órganos principales

En la Tabla 39 se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la materia seca total por planta, que indica que existe significación estadística para los tratamientos. El coeficiente de variación es de 10.21 %, lo que indica la confiabilidad para una adecuada comparación entre tratamientos.

**Tabla 39.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable de materia seca total por planta (kg) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-VALOR</b>
Bloques	0.02	2	0.01	1.52NS	0.253
Tratamiento	1.06	7	0.15	25.52**	<0.0001
Error	0.08	14	0.01		
Total	1.17	23			

NS = No significativo, \*\* = Altamente significativo

$$\text{C.V.} = 10.21\%$$

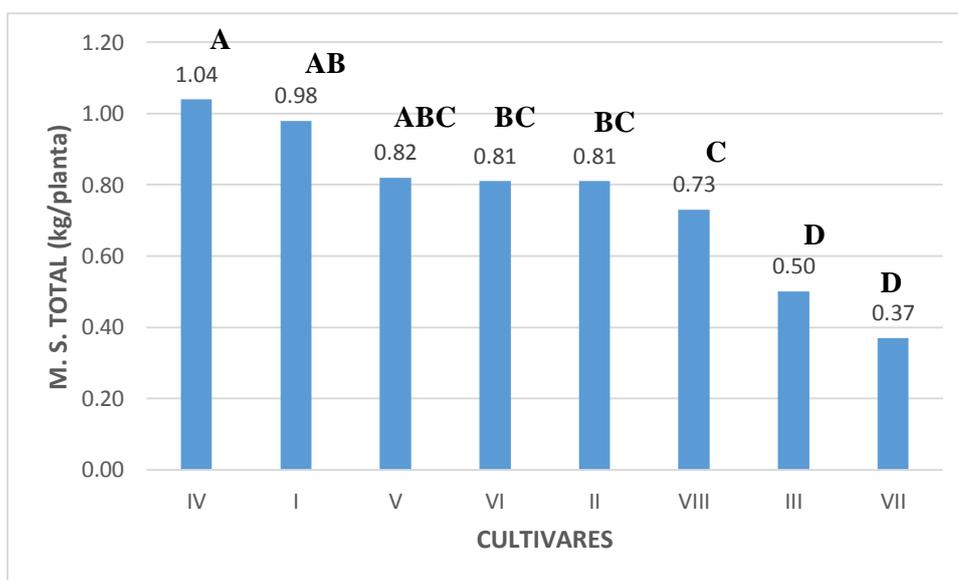
La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 40), se observa que en los tratamientos se han formado cuatro grupos (A, B, C y D). El primer grupo (A), conformado por los morfotipos IV, I y V, son estadísticamente iguales, pero diferentes y superiores estadísticamente a los morfotipos VI, II, VIII, III y VII. El grupo (B), conformado por los morfotipos I, V, VI y II, son estadísticamente iguales, pero diferentes y superiores estadísticamente a los morfotipos VIII, III y VII. El grupo (C), conformado por los morfotipos V, VI, II y VIII, son estadísticamente iguales, pero diferentes y superiores

estadísticamente a los morfotipos III y VII. El grupo (D), conformado por los morfotipos III y VII, que son estadísticamente iguales.

**Tabla 40.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la materia seca total (kg) por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Tratamientos	Medias	Agrupación
IV	1.04	A
I	0.98	A B
V	0.82	A B C
VI	0.81	B C
II	0.81	B C
VIII	0.73	C
III	0.50	D
VII	0.37	D

El cultivar IV (San Ignacio) presentó el mayor peso de materia seca total por planta con 1.04 kg y el menor peso de materia seca lo presentó el cultivar VII (Púrpura) con 0.37 kg (Figura 15).



**Figura 15.** Materia seca total (kg por planta) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

En la Tabla 41 y Figura 16, se muestra la distribución de la materia seca a los órganos principales por planta, el mayor contenido de materia seca lo presenta la corona con porcentajes entre 47.38 – 65.27 %, luego se distribuye a la raíz con porcentajes de 22.45 – 40.21 % y finalmente al follaje con 12.12 – 20.29 %. Seminario y Valderrama (2006) señalan que su investigación de tres cultivares de yacón la distribución de la materia seca

varió del siguiente modo: 53 a 64 % a las raíces tuberosas, 31 a 42 % a la cepa y entre 5 a 6 % al follaje, estos datos no concuerdan con la presente investigación, debido al manejo agronómico, presencia de heladas y a la cantidad de follaje que hubo.

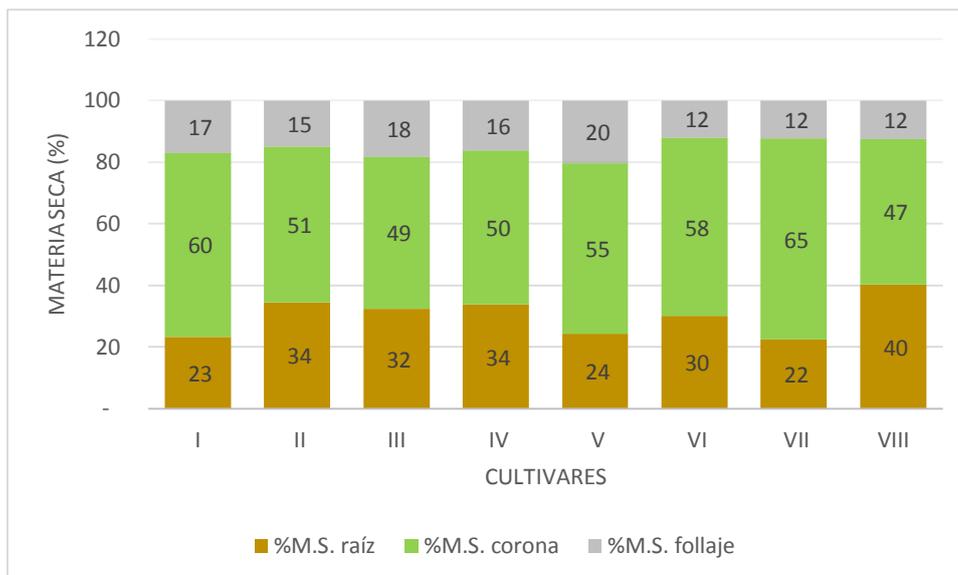
En la raíz el máximo porcentaje promedio de materia seca por planta lo presentó el morfotipo VIII (Áncash) con 40.21 % y el menor porcentaje de materia seca lo presentó el morfotipo VII (Moteado) con 22.45 %.

En la corona el máximo porcentaje promedio de materia seca por planta lo presentó el morfotipo VII (Moteado) con 65.27 % y el menor contenido de materia seca lo presentó el morfotipo VIII (Ancash) con 47.38 %.

En el follaje el máximo porcentaje promedio de materia seca por planta lo presentó el morfotipo V (Cachachi) con 20.29 % y el menor contenido de materia seca lo presentó el morfotipo VI (Taquia) con 12.12 %.

**Tabla 41.** Materia seca total (g por planta) y distribución a los órganos de la planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

<b>Cultivar</b>	<b>MS raíz (g)</b>	<b>(%) MS</b>	<b>MS corona (g)</b>	<b>(%) MS</b>	<b>MS follaje (g)</b>	<b>(%) MS</b>	<b>MS total (g)</b>	<b>(%) MS total</b>
<b>I</b>	229.25	23.34	587.50	59.71	163.12	16.95	979.87	100
<b>II</b>	277.94	34.47	406.94	50.51	121.43	15.02	806.30	100
<b>III</b>	161.87	32.34	244.25	49.39	90.26	18.27	496.37	100
<b>IV</b>	349.77	33.77	516.78	49.91	169.16	16.32	1035.71	100
<b>V</b>	190.36	24.37	462.47	55.34	164.26	20.29	817.09	100
<b>VI</b>	243.22	30.05	467.84	57.83	97.36	12.12	808.42	100
<b>VII</b>	83.15	22.45	242.12	65.27	45.26	12.29	370.54	100
<b>VIII</b>	295.09	40.21	347.52	47.38	90.79	12.41	733.39	100



**Figura 16.** Asignación de materia seca a los órganos de la planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

#### 4.3.3. Materia seca total de las raíces por planta

El ANOVA indicó que para la materia seca de raíces por planta existió diferencias altamente significativas para los tratamientos (Tabla 42). El coeficiente de variación es de 14.04 %, lo que indica la confiabilidad para una adecuada comparación entre tratamientos.

**Tabla 42.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable de materia seca total de las raíces por planta (g) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	0.24	2	0.12	1.20E-04NS	0.9999
Tratamiento	146464.13	7	20923.45	20.27**	<0.0001
Error	14451.99	14	1032.29		
Total	160916.36	23			

E-04 = \*10<sup>-4</sup>, NS = No significativo, \*\* = Altamente significativo

**C.V = 14.04 %**

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 43), indica que para los tratamientos se formaron cinco grupos (A, B, C, D y E). El primer grupo (A), conformado por los cultivares IV, VIII y II, son estadísticamente iguales, pero diferentes y superiores estadísticamente a los cultivares VI, I, V, III y VII. El grupo (B), conformado por los cultivares VIII, II, VI y I, son estadísticamente iguales, pero diferentes y superiores estadísticamente a los cultivares V, III y VII. El grupo (C), conformado por los cultivares II, VI, I y V, son estadísticamente iguales, pero diferentes y superiores estadísticamente

a los cultivares III y VII. El grupo (D), conformado por los cultivares VI, I, V y III, que son estadísticamente iguales, pero diferentes y superiores estadísticamente al cultivar VII. El grupo (E), conformado por los cultivares III y VII, que son estadísticamente iguales.

**Tabla 43.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la materia seca total (g) de raíces por planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Tratamientos	Medias	Agrupación
IV	349.77	A
VIII	295.09	A B
II	277.94	A B C
VI	243.22	B C D
I	229.25	B C D
V	190.36	C D
III	161.87	D E
VII	83.15	E

El cultivar IV (San Ignacio) presentó el mayor peso de materia seca de raíces por planta con 349.77 g y el menor peso de materia seca lo presentó el cultivar VII (Púrpura) con 83.15 g y el peso promedio fue 228.8 g.

#### 4.3.4. Índice de cosecha

En la Tabla 44 se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el índice de cosecha, que indica que existe significación estadística para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 49.66 %.

**Tabla 44.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable índice de cosecha en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	110.6	2	55.3	0.49NS	0.6236
Tratamiento	4039.94	7	577.13	5.1**	0.0047
Error	1584.52	14	113.18		
Total	5735.05	23			

NS = No significativo, \*\* = Altamente significativo. Estos datos fueron transformados  $Y = \sqrt{X}$ .

$$\text{C.V.} = 49.66 \%$$

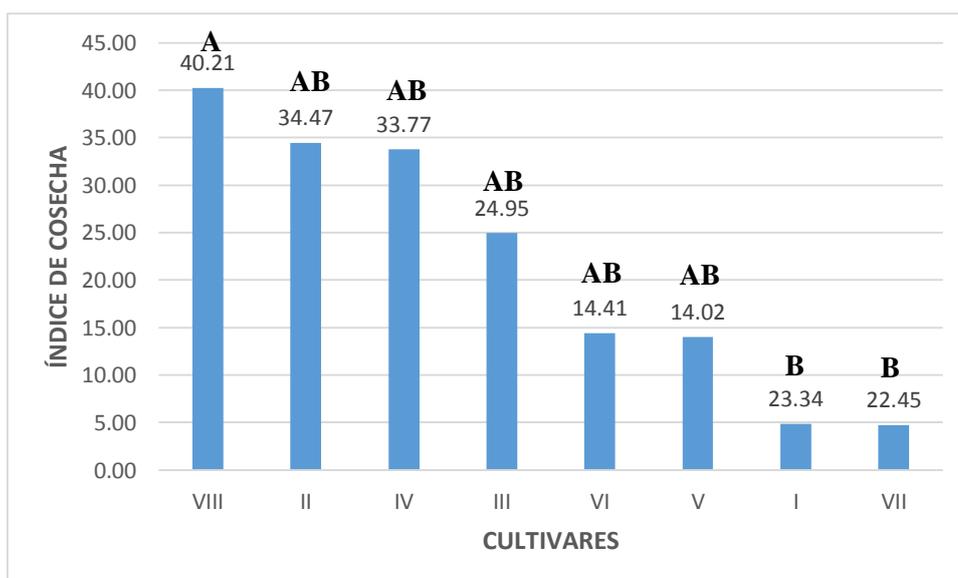
La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 45), se observa que se han formado dos grupos (A y B). El primer grupo (A), conformado por los cultivares VIII, II, IV, III, VI y V, son estadísticamente iguales pero diferentes y superiores estadísticamente

a los cultivares I y VII. El segundo grupo (B), conformado por los cultivares II, IV, III, VI, V, I y VII, que son estadísticamente iguales.

**Tabla 45.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la variable índice de cosecha en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Tratamientos	Medias	Agrupación
VIII	40.21	A
II	34.47	A B
IV	33.77	A B
III	24.95	A B
VI	14.41	A B
V	14.02	A B
I	4.83	B
VII	4.72	B

En la figura 17 se observa que el mayor índice de cosecha lo obtuvo el cultivar VIII (Áncash) con 40.21 %, el menor índice de cosecha lo obtuvo el cultivar VII (Moteado) con 22.45 % y el índice de cosecha promedio para todos los cultivares fue de 30.13 %. Aguilar (2017) registró que el índice de cosecha varió de 60 % en el cultivar VIII hasta 37 % en el cultivar IV y el índice de cosecha promedio fue 49 %, también Seminario y Valderrama (2006) registró que el índice de cosecha varió de 51 a 67 %, estos datos son superiores a los resultados de nuestra investigación debido a las condiciones ecológicas, al manejo del cultivo y posiblemente al mayor número de tallos.



**Figura 17.** Índice de cosecha (%) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

#### 4.4. Materia seca total en t ha<sup>-1</sup>

En la Tabla 46 se observa los resultados del análisis de varianza para el porcentaje de materia seca total, que indica que existe significación estadística para los tratamientos se encontró significación estadística entre ellos. El coeficiente de variación es de 10.04 %, lo que indica la confiabilidad para una adecuada comparación entre tratamientos.

**Tabla 46.** Análisis de varianza (ANOVA) para la variable materia seca total (t ha<sup>-1</sup>) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	6.96	2	3.48	1.51NS	0.2549
Tratamiento	424.57	7	60.65	26.3**	<0.0001
Error	32.28	14	2.31		
Total	463.81	23			

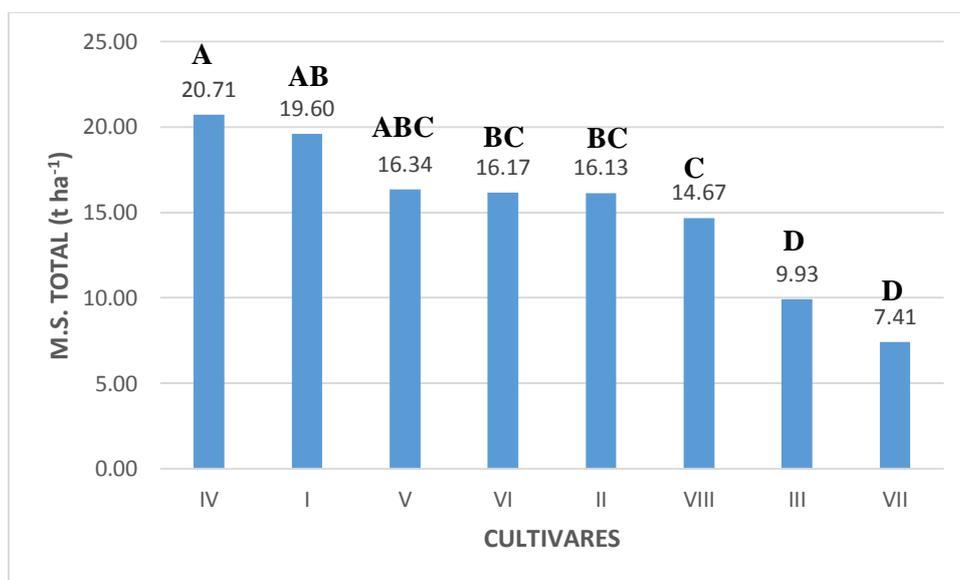
**C.V. = 10.04 %**

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 47), se observa que se han formado cuatro grupos (A, B, C y D). El primer grupo (A), conformado por los cultivares IV, I y V cuyos resultados son 20.71, 19.60 y 16.34 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El segundo grupo (B), conformado por los cultivares I, V, VI y II cuyos resultados son 19.60, 16.34, 16.17 y 16.13 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El tercer grupo (C), conformado por los cultivares V, VI, II y VIII cuyos resultados son 16.34, 16.17, 16.13 y 14.67 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente y el cuarto grupo (D), conformado por los cultivares III y VII cuyos resultados son 9.93 y 7.41 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Tabla 47.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la variable materia seca total (t ha<sup>-1</sup>) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Tratamientos	Medias	Agrupación
IV	20.71	A
I	19.60	A B
V	16.34	A B C
VI	16.17	B C
II	16.13	B C
VIII	14.67	C
III	9.93	D
VII	7.41	D

En la Figura 18, podemos apreciar el rendimiento promedio de materia seca de los ocho cultivares de yacón. El mayor rendimiento lo obtuvo el cultivar IV con 20.71 t ha<sup>-1</sup>, el menor rendimiento lo obtuvo el morfotipo VII con 7.41 t ha<sup>-1</sup> y el rendimiento promedio de materia seca fue 15.12 t ha<sup>-1</sup>. Kamp *et al.* (2019) en una investigación registro que el yacón propagado a partir de plántulas de piezas de rizomas pre cultivadas en invernadero alcanzó el mayor rendimiento de materia seca con 3426.86 kg ha<sup>-1</sup>, este dato es inferior a los resultados obtenidos en nuestra investigación debido a las condiciones ecológicas donde fue instalado el cultivo.



**Figura 18.** Rendimiento de materia seca total (t ha<sup>-1</sup>) de ocho cultivares de yacón del norte peruano

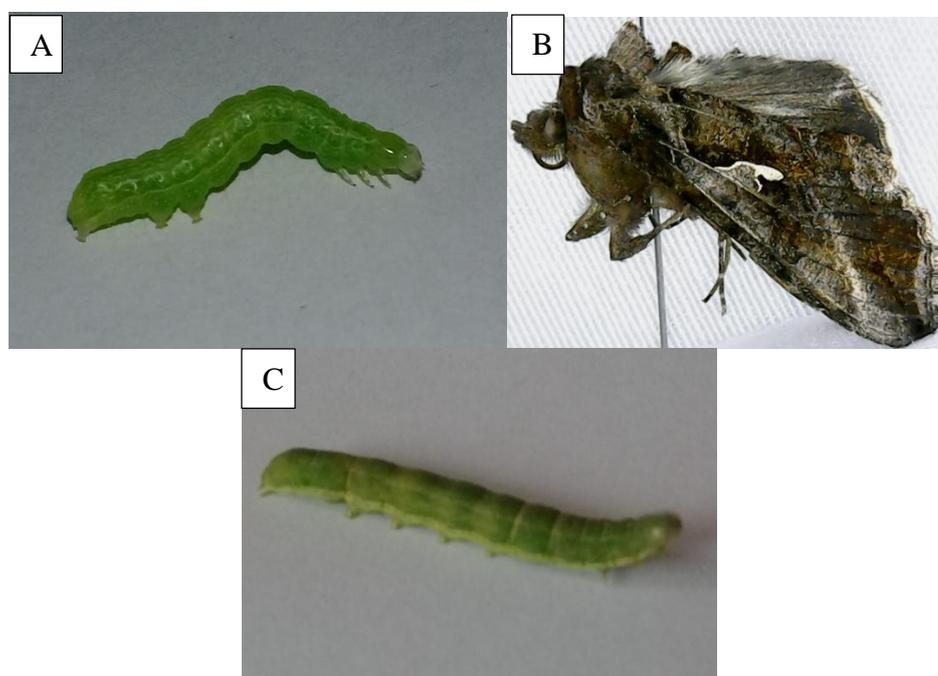
En la Tabla 40, nos muestra que el cultivar IV obtuvo el mayor rendimiento de Materia seca en raíz con 7 t ha<sup>-1</sup>, mientras que el cultivar VII obtuvo el menor rendimiento en raíz con 1.66 t ha<sup>-1</sup>. El mayor rendimiento de materia seca en la corona lo obtuvo el cultivar I con 11.75 t ha<sup>-1</sup>, mientras que el cultivar VII obtuvo el menor rendimiento en corona con 4.84 t ha<sup>-1</sup>, y finalmente el mayor rendimiento de materia seca en follaje lo obtuvo el cultivar IV con 3.38 t ha<sup>-1</sup>, mientras que el cultivar VII obtuvo el menor rendimiento en follaje con 0.91 t ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 48.** Rendimiento promedio de materia seca ( $t\ ha^{-1}$ ) en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Cultivar	M.S raíz ( $tha^{-1}$ )	M.S. corona ( $t\ ha^{-1}$ )	M.S. follaje ( $t\ ha^{-1}$ )	M.S Total ( $t\ ha^{-1}$ )
I	4.58	11.75	3.26	19.60
II	5.56	8.14	2.43	16.13
III	3.24	4.88	1.81	9.93
IV	7.00	10.34	3.38	20.71
V	3.81	9.25	3.29	16.34
VI	4.86	9.36	1.95	16.17
VII	1.66	4.84	0.91	7.41
VIII	5.90	6.95	1.82	14.67

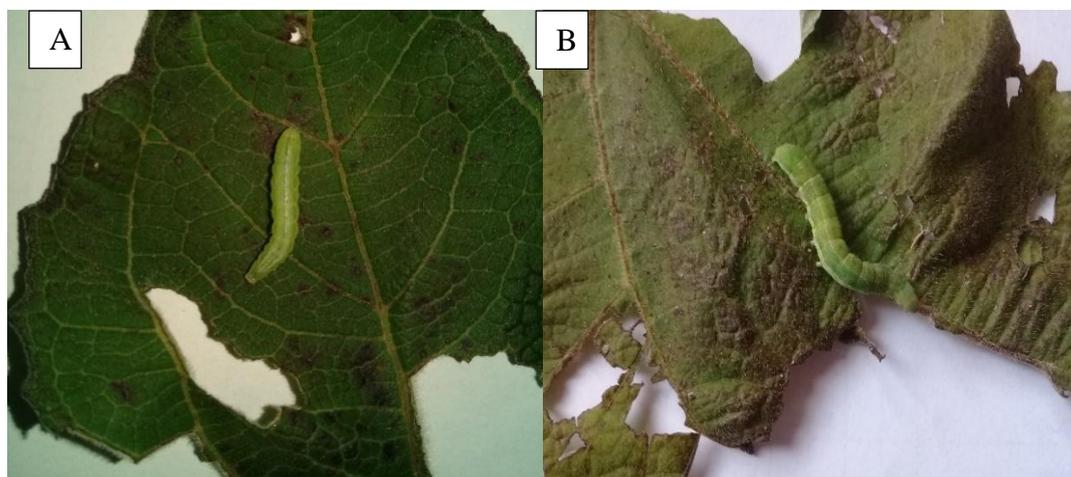
#### 4.1. Identificación de principales plagas comedores de hojas.

En el experimento con los ocho cultivares de yacón se observaron dos insectos noctuidos en estado larval que se alimentan de la parte foliar (láminas de hojas, brotes y flores) pero no de las nervaduras, por lo que esqueletizan a la planta. De esa forma reducen significativamente el área foliar. Estos insectos fueron identificados como *Pseudoplusia includens* y *Copitarsia turbata* (Figura 19).



**Figura 19.** A) Larva de *Pseudoplusia includens*, B) adulto de *Pseudoplusia includens*, C) Larva de *Copitarsia turbata*.

**4.1.2. Nivel de daños ocasionado por las plagas:** En los cultivares hubo un masivo ataque de larvas de *Pseudoplusia includens* y *Copitarsia turbata* hacia la laminas foliares (Tabla 49 y Figura 20). En el cultivar VII (Moteado) con un 96.33 % de hojas que mostraban comeduras internervales. El cultivar V (Cachachi) mostró menor porcentaje de daño a causa de estas larvas, con un 68.33 % de daño.



**Figura 20.** A) Daño ocasionado por larvas de *Pseudoplusia includens*, B) Daño ocasionados por larvas de *Copitarsia turbata*.

**Tabla 49.** Porcentaje de nivel de daño ocasionado por plagas en una muestra de 100 hojas.

Cultivar	Bloque I		Bloque II		Bloque III		Promedio (%)	
	hojas sanas	hojas dañadas	hojas sanas	hojas dañadas	hojas sanas	hojas dañadas	hojas sanas	hojas dañadas
I	25	75	16	84	15	85	18.67	81.33
II	18	82	8	92	13	77	13.00	83.67
III	9	91	9	91	1	99	6.33	93.67
IV	20	80	17	83	22	88	19.67	83.67
V	39	61	31	69	25	75	31.67	68.33
VI	30	70	15	75	27	73	24.00	72.67
VII	2	98	1	99	8	92	3.67	96.33
VIII	21	79	17	83	29	71	22.33	77.67

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- Se encontraron diferencias estadísticas en el rendimiento total de raíces de los ocho cultivares de yacón en estudio. El cultivar VII (Moteado) con 15.07 t ha<sup>-1</sup> estadísticamente diferente al cultivar IV (San Ignacio) con 59.40 t ha<sup>-1</sup>. El rendimiento promedio fue 40.59 t ha<sup>-1</sup>.
- Se encontraron diferencias estadísticas en el rendimiento de raíces comerciales de los ocho cultivares de yacón en estudio. El cultivar VII (Moteado) con 9.20 t ha<sup>-1</sup> estadísticamente diferente al cultivar VIII (Áncash) con 39.47 t ha<sup>-1</sup>. El rendimiento promedio fue 26.85 t ha<sup>-1</sup>.
- Se encontraron diferencias estadísticas en el rendimiento de materia seca total de los ocho cultivares de yacón en estudio. El cultivar VII (Moteado) con 7.41 t ha<sup>-1</sup> estadísticamente diferente al cultivar IV (San Ignacio) con 20.71 t ha<sup>-1</sup>. El rendimiento promedio fue 15.12 t ha<sup>-1</sup>.
- El mayor contenido de materia seca lo presentó la corona con 47.38 – 65.27 %, luego se distribuye a la raíz con 22.45 – 40.21 % y finalmente al follaje con 12.12 – 20.29 %, el índice de cosecha varió de 22.45 % (Moteado) a 40.21 % (Ancash). El promedio para los ocho cultivares fue 30.13 %.

#### **Recomendaciones**

- Se recomienda realizar estudios en diferentes localidades y variando los factores de producción (densidad, abono orgánico y químico) con la finalidad de determinar el rendimiento y eficiencia productiva de los cultivares de yacón en

diferentes localidades.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Aguilar, I. 2017. Análisis estadístico de la productividad del germoplasma de yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Rob). Tesis de Ing. Agr. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 127p.

Balladares, MH; Través, BR. 2009. Evaluación de seis morfotipos (ECU-1247, ECU-1251, ECU-9109, ECU-12767 del banco germoplasma del INIAP; (San Buenaventura y Loco) de jícama (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl) con tres fertilizaciones de fondo en San José Pichul–Cotopaxi (en línea). Tesis Ing. Agr. Cotopaxi, Ecuador, Universidad Técnica de Cotopaxi. 107 p. Consultado 15 jul. 2016. Disponible en <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/853/1/T-UTC-0614.pdf>.

Cano, MA. 2016. Propagación clonal del yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. and Endl.) H. Robinson) y determinación de los contenidos de inulina. Tesis de Mag. Medellin, Colombia. Universidad Católica de Oriente. Consultado el 28/04/2018. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2956/Trabajo%20de%20Grado%20Alejandra%20Cano%20Romero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Douglas, JA; Douglas, MH; Deo, B; Follett, JM; Scheffer, JJC; Sims, IM. 2005. Production in New Zealand. article :79-85.

Fernández, E. 2016. The cultivation and phenological growth stages of yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp ... The cultivation and phenological growth stages. article 3(January 2007):71-126.

Fernández, J. 2003. Yacón Importancia Prebiótica y Tecnológica Publicado en la Revista AGROENFOQUE. Ed. N°139. Noviembre, 2003. Pp. 46 - 47.

INEI (Instituto nacional de estadística e informática) 2014. Compendio estadístico Perú 2014. (en línea). consultado 30 enero. 2019. Disponible en [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1173/cap12/cap12.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1173/cap12/cap12.pdf).

Jiménez, KM. 2011. Propuesta para el cultivo y aprovechamiento sostenible del yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Rob) en Colombia. Bogotá, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. Consultado el 05/05/2018. Consultado en <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8868/tesis807.pdf>

Kamp, L; Hartung, J; Mast, B; Graeff-hönninger, S. 2019. Impact of Nitrogen Fertilization on Tuber Yield , Sugar Composition and Nitrogen Uptake of Two Yacon. article 9:22. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9030151>.

Kamp, L; Hartung, J; Mast, B; Grae, S. 2019. Industrial Crops & Products Plant growth, tuber yield formation and costs of three different propagation methods of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). article 132(February):1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.006>.

Lachman, J; Fernández, EC; Orsák, M. 2003. Yacon (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson) chemical composition and use – A review. *Plant, Soil and Environment*, 49(6), 283 – 290.

Lebeda, A; Dolezalová, I; Fernández,C; Viehmannová, I. 2011. Yacon (Asteraceae, *Smallanthus sonchifolius*). Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement series, 6, 642-702.

Manrique, I; Gonzales, R; Valladolid, A; Blas, R; Lizárraga, L. 2004. Producción de semillas en yacón (*smallanthus sonchifolius* (poepp. & endl.)) Mediante técnicas de polinización controladas. 13 (2), 2014. Consultado el 29/04/2018. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v13n2/a08v13n2.pdf>

Mansilla S. *Et al.* 2006. ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD MOLECULAR DE UNA COLECCIÓN PERUANA DE *Smallanthus sonchifolius* (Poepp & Endl) H. Robinson “YACÓN”. *Ecología Aplicada*. 5(1–2): 75.

Melgarejo, D. 1999. Potencial productivo de la colección nacional del yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poeppig & Endlicher) bajo condiciones de Oxapampa. Tesis ing. Agrónomo. Oxapampa, Perú, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. 97 p.

Polanco, M. 2011. Caracterización morfológica y molecular de materiales de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl) H. Robinson colectados en la eco región Eje Cafetero de Colombia (en línea). Universidad Nacional de Colombia. Coordinación General de Posgrados. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3715/1/7206010.2011.pdf>

Ramos, R. 2007. Estudio químico-bromatológico de algunas variedades de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (Poepp & Endl) H. Robinson. De la provincia de Sandia-Puno. Tesis de pregrado. Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 57p.

Romero, JD (2005). Caracterización Morfológica y Evaluación del Germoplasma de Yacón de la UNC (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl) H. Robinsón. Tesis Ing. Agrónomo. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.

Seminario, J; Cruzado, A. 2004. Introducción de tres cultivares de llacón, en el valle de Condebamba, Cajabamba, (Cajamarca). *Fiat Lux* 12(2):17-24.

Seminario, J; Valderrama, M. 2006. Productividad de tres cultivares de yacón, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, plantados mediante tres tipos de propágulo. *Fiat Lux* 2006(2):141-150.

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 y Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Lima, Perú. 60 p.

Tokita, N; Ichikawa, M; Kainuma, K; Kitazawa, T; Narai-kanayama, A; Sato, S; Kurita, T; Yoshimura, I. 2015. Effects of planting density and fertilizer type on growth and yield of yacon (*Smallanthus sonchifolius* ) tubers. 5(11):38-41.

Valderrama, M. 2005. Manual de cultivo de yacón. Cajamarca, Perú. p.30.

Vegas, DP; Guevara O; Valladolid, A. 2015. Caracterización morfológica de seis variedades parentales de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y trece cruas obtenidas de un plan de hibridación. Revista Peruana de Biología 22(2): 175-192 (2015). Consultado el 05/05/2018. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/11352/10172>

Vegas, DP. 2015. Desarrollo de material élite de yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob.) Mediante técnicas de mejoramiento genético. Tesis para optar el grado de magister. Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 140p.

## ANEXO

**Tabla 50.** Rendimiento total y comercial de las raíces en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

<b>Cultivar</b>	<b>Rdto Total raíces/ pl (kg)</b>	<b>Rdto de Raíces Comerciales (kg)</b>	<b>Rdto total raíces (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Rdto comercial (t ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>BLOQUE I</b>				
I	1.57	1.23	31.40	24.60
II	2.60	1.83	52.00	36.60
III	1.90	1.39	38.00	27.70
IV	2.72	1.63	54.40	32.60
V	1.99	1.34	39.80	26.80
VI	1.79	1.27	35.80	25.40
VII	0.70	0.49	14.00	9.80
VIII	3.01	2.18	60.20	43.60
<b>BLOQUE II</b>				
I	2.51	1.6	50.20	32.00
II	2.53	1.5	50.64	30.00
III	1.25	0.78	25.00	15.50
IV	3.01	1.53	60.20	30.60
V	1.46	1.02	29.20	20.40
VI	2.26	1.05	45.20	21.00
VII	0.61	0.32	12.20	6.40
VIII	2.65	2.1	53.00	42.00
<b>BLOQUE III</b>				
I	2.01	1.44	40.20	28.80
II	2.23	1.49	44.60	29.80
III	1.23	0.93	24.60	18.60
IV	3.18	2.42	63.60	48.40
V	1.84	1.35	36.80	27.00
VI	2.36	1.13	47.20	22.50
VII	0.95	0.57	19.00	11.40
VIII	2.35	1.64	47.00	32.80
PROM.	2.03	1.34	40.59	26.85

**Tabla 51.** Componentes relacionados con el rendimiento de ocho cultivares de yacón del norte peruano en tres repeticiones.

Cultivar	Altura prom. (cm)	N.tallos /pl. prom.	N. Pares de hojas/pl. prom.	Largo hoja (cm)	Ancho hoja (cm)	Área foliar/plant a (dm <sup>2</sup> )	N°. Total Raíces	N° R.C	Largo de R.C (cm)	Diámet. de R.C (cm)	Largo corona (cm)	Ancho corona (cm)	Peso corona (kg)	Peso follaje/ pl (kg)
<b>BLOQUE I</b>	-	-	-	-	-	-								
I	135	4	88	15.42	11.42	159.57	15	6	15.1	4.7	19.0	16	1.29	0.615
II	107	6	72	17.23	13.42	163.64	23	6	18.3	5.5	23.0	18.1	2.12	0.610
III	114	5	50	19.45	20.83	186.11	16	8	14.7	5.1	17.0	16.9	1.37	0.455
IV	153	5	100	14.87	10.87	169.28	18	6	16.7	5.1	19.0	20.2	2.24	0.765
V	146	6	132	18.09	12.86	301.55	15	5	14.2	5.1	21.0	17.3	1.59	0.660
VI	154	4	92	17.05	12.21	191.42	11	5	13.1	5.2	21.0	19.4	2.15	0.470
VII	94	3	36	14.43	12.59	66.95	6	3	11.8	5	20.0	17.3	1.49	0.230
VIII	122	3	48	18.01	13.34	112.7	17	7	15.5	6	22.0	16.8	2.31	0.355
<b>BLOQUE II</b>	-	-	-	-	-	-								
I	141	5	105	15.14	11.82	192.89	30	7	14	5.3	22.0	22.4	2.72	0.545
II	101	5	65	16.12	12.92	135.29	22	5	15.6	5.3	22.0	20	1.77	0.475
III	73	4	40	19.33	20.79	147.79	11	3	12.7	4.8	17.0	14.9	1.07	0.405
IV	134	5	105	15.34	10.94	183.15	24	5	15.1	5.2	19.0	19.4	2.28	0.790
V	151	6	132	16.86	11.47	258.37	12	3	12.9	6.5	23.0	21.8	2.77	0.695
VI	139	3	72	16.53	11.7	140.94	18	4	13	5.8	21.0	18.6	2.20	0.380
VII	79	3	27	12.67	10.53	39.35	5	1	9.8	4.4	19.0	13.6	1.05	0.260
VIII	119	2	32	18.17	12.87	73.43	16	6	13.4	6	22.0	18.4	2.69	0.345
<b>BLOQUE III</b>	-	-	-	-	-	-								
I	140	5	110	15.17	11.72	201.01	18	6	14	4.9	20.0	16.3	3.43	0.580
II	108	5	75	16.47	12.89	158.62	20	7	13.3	5.3	16.0	11.72	2.35	0.495
III	107	5	65	19.72	21.49	252.04	10	5	12.6	4.6	18.0	12.26	1.26	0.590
IV	142	5	105	14.96	10.86	178.47	22	10	14.2	5	20.0	15.08	2.35	0.625
V	147	7	140	17.49	12.56	304.7	14	6	14.5	4.8	17.0	15.3	2.29	0.805
VI	138	6	102	16.47	11.22	192.35	16	5	12.8	3.8	18.0	14.26	1.90	0.535
VII	95	4	32	14.62	12.11	58.28	10	3	13.6	4.3	15.0	12.2	0.98	0.265
VIII	126	5	80	17.84	12.79	179.78	14	7	14.2	4.8	19.0	17.2	3.23	0.590

R.C = Raíces comerciales.

**Tabla 52.** Contenido de materia seca en los diferentes órganos de la planta de ocho cultivares de yacón, en tres repeticiones, en base a un peso fresco de 200 g.

Cultivar	Peso seco raíz (g)	(%) MS	Peso seco corona (g)	(%) MS	Peso seco follaje (g)	(%) MS
<b>BLOQUE I</b>						
I	23.6	11.8	47.9	23.95	56.9	28.45
II	22.1	11.05	41.8	20.9	46	23
III	22.2	11.1	42.8	21.4	35	17.5
IV	23.7	11.85	42.5	21.25	46.6	23.3
V	21.5	10.75	40.7	20.35	41.2	20.6
VI	23.7	11.85	40.9	20.45	42.9	21.45
VII	22.1	11.05	43.9	21.95	33	16.5
VIII	21.3	10.65	40.9	20.45	40.8	20.4
<b>BLOQUE II</b>						
I	21.3	10.65	45.6	22.8	56.1	28.05
II	23	11.5	42.7	21.35	47	23.5
III	22.5	11.25	41.6	20.8	37	18.5
IV	23.9	11.95	42.9	21.45	46.8	23.4
V	21.2	10.6	41.6	20.8	47.2	23.6
VI	22.2	11.1	43.4	21.7	42.1	21.05
VII	23.1	11.55	40.7	20.35	40.1	20.05
VIII	22.4	11.2	40.5	20.25	42.2	21.1
<b>BLOQUE III</b>						
I	23.4	11.7	46.4	23.2	55.7	27.85
II	22.9	11.45	41.4	20.7	45.4	22.7
III	21.8	10.9	42.3	21.15	39.4	19.7
IV	23.1	11.55	41.5	20.75	46.2	23.1
V	22	11	40	20	47.9	23.95
VI	22.6	11.3	43.2	21.6	41.6	20.8
VII	21.4	10.7	40.4	20.2	34.5	17.25
VIII	22.8	11.4	41.3	20.65	43.1	21.55

**Tabla 53.** Contenido de materia seca (g) y su asignación a los órganos principales de la planta en ocho cultivares de yacón del norte peruano.

Cultivar	MS raíz (g)	(%) MS	MS corona (g)	(%) MS	MS follaje (g)	(%) MS	MS total (g)	(%) MS total
<b>BLOQUE I</b>								
I	185.26	22.27	471.82	56.71	174.97	21.03	832.04	100
II	287.30	33.81	422.18	49.68	140.30	16.51	849.78	100
III	210.90	38.99	250.38	46.29	79.63	14.72	540.91	100
IV	322.32	31.90	510.00	50.47	178.25	17.64	1010.57	100
V	213.93	33.17	295.08	45.75	135.96	21.08	644.96	100
VI	212.12	28.34	435.59	58.19	100.82	13.47	748.52	100
VII	77.35	19.96	272.18	70.24	37.95	9.79	387.48	100
VIII	320.57	43.28	347.65	46.94	72.42	9.78	740.64	100
<b>BLOQUE II</b>								
I	267.32	25.75	617.88	59.52	152.87	14.73	1038.07	100
II	291.18	36.50	394.98	49.51	111.63	13.99	797.78	100
III	140.63	30.64	243.36	53.03	74.93	16.33	458.91	100
IV	359.70	33.41	531.96	49.42	184.86	17.17	1076.52	100
V	154.76	16.27	632.32	66.48	164.02	17.25	951.10	100
VI	250.86	29.31	525.14	61.35	79.99	9.34	855.99	100
VII	70.46	19.87	231.99	65.43	52.13	14.70	354.58	100
VIII	296.80	40.43	364.50	49.65	72.80	9.92	734.10	100
<b>BLOQUE III</b>								
I	235.17	21.99	672.80	62.91	161.53	15.10	1069.50	100
II	255.34	33.10	403.65	52.33	112.37	14.57	771.35	100
III	134.07	27.40	239.00	48.84	116.23	23.75	489.30	100
IV	367.29	36.01	508.38	49.84	144.38	14.15	1020.04	100
V	202.40	23.67	460.00	53.79	192.80	22.54	855.20	100
VI	266.68	32.49	442.80	53.95	111.28	13.56	820.76	100
VII	101.65	27.51	222.20	60.13	45.71	12.37	369.56	100
VIII	267.90	36.93	330.40	45.54	127.15	17.53	725.45	100
PROM.	228.83	30.13	409.43	54.42	117.71	15.46	755.96	100

**Tabla 54.** Rendimiento de materia seca de ocho cultivares de yacón en tres repeticiones

Cultivar	M.S raíz (t ha <sup>-1</sup> )	M.S.corona (t ha <sup>-1</sup> )	M.S. follaje (t ha <sup>-1</sup> )	M.S Total (t ha <sup>-1</sup> )
<b>BLOQUE I</b>				
I	3.71	9.44	3.50	16.64
II	5.75	8.44	2.81	17.00
III	4.22	5.01	1.59	10.82
IV	6.45	10.20	3.56	20.21
V	4.28	5.90	2.72	12.90
VI	4.24	8.71	2.02	14.97
VII	1.55	5.44	0.76	7.75
VIII	6.41	6.95	1.45	14.81
<b>BLOQUE II</b>	-	-	-	-
I	5.35	12.36	3.06	20.76
II	5.82	7.90	2.23	15.96
III	2.81	4.87	1.50	9.18
IV	7.19	10.64	3.70	21.53
V	3.10	12.65	3.28	19.02
VI	5.02	10.50	1.60	17.12
VII	1.41	4.64	1.04	7.09
VIII	5.94	7.29	1.46	14.68
<b>BLOQUE III</b>	-	-	-	-
I	4.70	13.46	3.23	21.39
II	5.11	8.07	2.25	15.43
III	2.68	4.78	2.32	9.79
IV	7.35	10.17	2.89	20.40
V	4.05	9.20	3.86	17.10
VI	5.33	8.86	2.23	16.42
VII	2.03	4.44	0.91	7.39
VIII	5.36	6.61	2.54	14.51