

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL
GERMOPLASMA DE YACÓN [*Smallantus sonchifolius* (Poepp. &
Endl.) H. Rob], DE LA UNC.**

TESIS

Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller
ISAIAS AGUILAR LATORRE

ASESOR
Dr. JUAN FRANCISCO SEMINARIO CUNYA

CAJAMARCA - PERU

2017

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre María Lidia.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Antenor.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis familiares.

A mis hermanos por ser el ejemplo de lucha y perseverancia ante adversidades de la vida, y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

¡Gracias a ustedes!

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la vida, la salud y la sabiduría para realizar esta investigación. Al Dios que hace que todo sea posible.

A mi asesor Dr. Juan Francisco Seminario Cunya, por su apoyo, tiempo, dedicación y paciencia, en la ejecución de este trabajo. Por compartir con mi persona la sabiduría obtenida a través de su experiencia en la investigación.

A Irene. Por el apoyo incondicional y crítico para la mejora del presente trabajo.

A mis maestros, por el apoyo y la enseñanza brindada en estos años de formación académica y personal.

INDICE

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice	iv
Lista de Tablas	vi
Lista de figuras	xii
Resumen	xxi
Abstract	xxii
 CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN 1	
1.1. Problema de investigación	3
1.2. Formulación del Problema	3
1.3. Objetivo de la investigación	4
1.4. Hipótesis de la investigación	4
 CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA 5	
2.1. Antecedentes teóricos de la Investigación	5
2.2. Generalidades sobre el yacón	7
2.3. Estadísticas de producción y productividad en el Perú	13
2.4. Estadística	16
 CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS..... 21	
3.1. Ubicación de la investigación	21
3.2. Materiales	21
3.3. Metodología	28
 CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 32	
4.1. Estadísticos descriptivos por morfotipos	32
4.2. Análisis comparativo entre los morfotipos en estudio	104

4.3. Relación entre la productividad y la precipitación, temperatura en los meses y años de evaluación	111
--	-----

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
Conclusiones	113
Recomendaciones	114

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
----------------------------------	-----

CAPITULO VI

ANEXOS	120
--------------	-----

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Rendimiento de raíces de yacón en estudios experimentales, en diferentes localidades y países.	15
Tabla 2: Grado de correlación entre las Variables (X, Y).	17
Tabla 3: Descripción de morfotipos de yacón cultivado del norte peruano, mantenidos por PRTA-UNC. 2016.	23
Tabla 4: Formato Microsoft Excel para recojo y procesamiento de información	29
Tabla 5: Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	34
Tabla 6: Distribución de frecuencias de la cantidad de raíces por planta en el germoplasma de yacón, del morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	34
Tabla 7: Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	35
Tabla 8: Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	37
Tabla 9: Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	38
Tabla 10: Coeficientes de correlación y coeficientes de determinación para la relación entre productividad y variables relacionadas, morfotipo I.	39
Tabla 11: Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	43

Tabla 12:	Distribución de frecuencias del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, del morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	44
Tabla 13:	Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	45
Tabla 14:	Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	46
Tabla 15:	Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	47
Tabla 16:	Correlaciones entre la productividad total de raíces (kg/planta) vs variables morfológicas relacionadas para el morfotipo II	48
Tabla 17:	Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	52
Tabla 18:	Distribución de frecuencias del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, del morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	53
Tabla 19	Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	54
Tabla 20:	Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	55
Tabla 21:	Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	56

Tabla 22:	Correlaciones entre la productividad total de raíces (kg/planta) vs variables morfológicas relacionadas para el morfotipo III.	57
Tabla 23:	Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	61
Tabla 24:	Distribución de frecuencias del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, del morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	61
Tabla 25:	Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	62
Tabla 26:	Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	63
Tabla 27:	Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	64
Tabla 28:	Correlaciones entre la productividad total de raíces (kg/planta) vs variables morfológicas relacionadas para el morfotipo IV.	66
Tabla 29:	Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	70
Tabla 30:	Distribución de frecuencias del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, del morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	71
Tabla 31:	Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) del germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	72

Tabla 32:	Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	73
Tabla 33:	Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	74
Tabla 34:	Correlaciones entre la productividad total de raíces (kg/planta) vs variables morfológicas relacionadas para el morfotipo V.	75
Tabla 35:	Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	79
Tabla 36:	Distribución de frecuencias del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	80
Tabla 37:	Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	81
Tabla 38:	Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	82
Tabla 39:	Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	83
Tabla 40:	Correlaciones entre la productividad total de raíces (kg/planta) vs variables morfológicas relacionadas para el morfotipo VI.	84
Tabla 41:	Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	88

Tabla 42:	Distribución de frecuencias del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, del morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	88
Tabla 43:	Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	89
Tabla 44:	Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	90
Tabla 45:	Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	91
Tabla 46:	Correlaciones entre la productividad total de raíces (kg/planta) vs variables morfológicas relacionadas para el morfotipo VII.	93
Tabla 47:	Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	96
Tabla 48:	Distribución de frecuencias de la cantidad de raíces por planta en el germoplasma de yacón, del morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	97
Tabla 49:	Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	98
Tabla 50:	Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	99
Tabla 51:	Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, del morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	100

Tabla 52:	Correlaciones entre la productividad total de raíces (kg/planta) vs variables morfológicas relacionadas para el morfotipo VIII.	101
Tabla 53	Datos de pasaporte del germoplasma de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp. &Endl.) H. Robinson), UNC.	120
Tabla 54:	Datos de pasaporte del germoplasma de Yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp. &Endl) H. Robinson). UNC.	121
Tabla 55:	Datos de pasaporte del germoplasma de Yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp. &Endl) H. Robinson). UNC.	122
Tabla 56:	Datos de pasaporte del germoplasma de Yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp. &Endl) H. Robinson). UNC.	123

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Correlación positiva	19
Figura 2: Correlación negativa	19
Figura 3: Correlación nula o ausencia de correlación	19
Figura 4: Principales características de ocho morfotipos de yacón del norte peruano, mantenidos por PRITA-UNC. 2016.	24
Figura 5: Diagrama box plot	30
Figura 6: Histograma y polígono de frecuencias relativas para el número total de raíces por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	35
Figura 7: Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (kg/planta) en el germoplasma de yacón, del morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	36
Figura 8: Histograma y polígono de frecuencias relativas para la cantidad de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, del morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	37
Figura 9: Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso raíces comerciales (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	38
Figura 10: Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) altura de planta (m) en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	39
Figura 11: Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de tallos en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	40

Figura 12:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de raíces en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) peso de cepa (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	40
Figura 13:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) peso de cepa (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	41
Figura 14:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	44
Figura 15:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (kg/planta) en el germoplasma de yacón, del morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	45
Figura 16:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para la cantidad de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	46
Figura 17:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso raíces comerciales (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	47
Figura 18:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) altura de planta (m) en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	48
Figura 19:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de tallos en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	49

Figura 20:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de raíces en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	49
Figura 21:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) peso de cepa (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	50
Figura 22:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	53
Figura 23:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (kg/planta) en el germoplasma de yacón, del morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	54
Figura 24:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el número de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	55
Figura 25:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso raíces comerciales (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	56
Figura 26:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) altura de planta (m) en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	57
Figura 27:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de tallos en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	58
Figura 28:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de raíces en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	58

Figura 29:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) peso de cepa (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	59
Figura 30:	Histograma y polígono de frecuencias relativas del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	62
Figura 31:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (kg/planta) en el germoplasma de yacón, del morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	63
Figura 32:	Histograma y polígono de frecuencia relativas para la cantidad de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	64
Figura 33:	Histograma y polígono de frecuencia relativas para el peso raíces comerciales (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	65
Figura 34:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) altura de planta (m) en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	66
Figura 35:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de tallos en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	67
Figura 36:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de raíces en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	67
Figura 37:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) peso de cepa (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	68

Figura 38:	Histograma y polígono de frecuencias relativas del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	71
Figura 39:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (kg/planta) en el germoplasma de yacón, del morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	72
Figura 40:	Histograma y polígono de frecuencias relativas el número de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	73
Figura 41:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso raíces comerciales (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	74
Figura 42:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) altura de planta (m) en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	75
Figura 43:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de tallos en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	76
Figura 44	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de raíces en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	76
Figura 45:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) peso de cepa (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	77
Figura 46:	Histograma y polígono de frecuencias relativas del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	80

Figura 47:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (kg/planta) en el germoplasma de yacón, del morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	81
Figura 48:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para la cantidad de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	82
Figura 49:	Histograma y polígono de frecuencia relativas para el peso raíces comerciales (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	83
Figura 50:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) altura de planta (m) en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	84
Figura 51:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de tallos en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	85
Figura 52:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de raíces en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	85
Figura 53:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) peso de cepa (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	86
Figura 54:	Histograma y polígono de frecuencias relativas del número de raíces de raíces por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	89
Figura 55:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (kg/planta) en el germoplasma de yacón, del morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	90

Figura 56:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para la cantidad de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	91
Figura 57:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso raíces comerciales (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	92
Figura 58:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) altura de planta (m) en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	93
Figura 59:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de tallos en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	93
Figura 60:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de raíces en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	94
Figura 61:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) peso de cepa (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	94
Figura 62:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	97
Figura 63:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (kg/planta) en el germoplasma de yacón, del morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	98
Figura 64:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el número de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, del morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	99

Figura 65:	Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso raíces comerciales (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	101
Figura 66:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) altura de planta (m) en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	101
Figura 67:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de tallos en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016	102
Figura 68:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de raíces en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	102
Figura 69:	Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) peso de cepa (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.	103
Figura 70:	Asignación de materia seca a los órganos de la planta e índice de cosecha (% de materia seca en raíces tuberosas), de ocho morfotipos de yacón del norte peruano.	106
Figura 71:	Promedios de altura de planta para ocho morfotipos de yacón.	106
Figura 72:	Promedios para número de tallos por planta para ocho morfotipos de yacón.	107
Figura 73:	Promedios para número total de raíces por planta para ocho morfotipos de yacón.	107
Figura 74:	Promedios para peso total de raíces para ocho morfotipos de yacón.	108
Figura 75:	Promedios para número de raíces comerciales para ocho morfotipos de yacón.	108

Figura 76:	Promedios para peso de raíces comerciales para ocho morfotipos de yacón.	109
Figura 77:	Promedios para peso de raíces comerciales para ocho morfotipos de yacón.	109
Figura 78:	Porcentajes de número y peso de raíces comerciales, respecto al número y peso total de raíces.	110
Figura 79:	Diagrama de caja y bigotes para productividad total (kg/planta) de raíces en ocho morfotipos de yacón.	110
Figura 80:	Producción promedio por año (kg/planta), en relación con la precipitación media anual (mm/año).	111
Figura 81:	Producción promedio por año (kg/planta), en relación con la temperatura media anual (mm/año).	112
Figura 82:	Precipitación media mensual de los años en evaluación.	124
Figura 83:	Temperatura mínima media mensual de los años en evaluación.	125
Figura 84:	Temperatura máxima media mensual de los años en evaluación.	126
Figura 85:	Humedad relativa media mensual de los años en evaluación.	127

RESUMEN

Se analizó mediante estadística descriptiva, la productividad del germoplasma de yacón que mantiene el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad de Cajamarca. Este germoplasma comprende 98 entradas, agrupadas en ocho Morfotipos. Se analizaron las cosechas de los años 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016. En todos los casos, las siembras, se realizaron a 0.90 m entre surcos y 0.40 m entre plantas ($27\ 778$ plantas ha^{-1}), la cosecha se realizó a los 11 meses, después de la siembra y se evaluaron 10 plantas por entrada. La productividad fue expresada kg/planta . Otras variables evaluadas fueron altura de planta, número de tallos, peso total de raíces, número de raíces comerciales, peso de raíces comerciales, peso de corona, e índice de cosecha. La productividad más alta correspondió al morfotipo IV 2.15 kg/planta (59.77 ha^{-1}), la más baja al morfotipo VII -0.80 kg/planta (22.12 t/ha) y el promedio para todos los morfotipos fue 1.55 kg/planta (43.03 t/ha). El índice de cosecha más alto correspondió al morfotipo VIII (60 %) y el más bajo al morfotipo IV (37 %). Se encontró alta correlación entre el rendimiento y número de raíces en los morfotipos V y VII, también, se mostró una alta correlación para la variable peso de corona para los morfotipos IV y V, el morfotipo VII es el único cuya correlación es alta para la relación entre productividad y el número de tallos.

ABSTRACT

In the present research, the productivity of the yacón germplasm that maintains the Andean roots and tubers program of the national university of Cajamarca is analyzed through descriptive statistics. This germplasm comprises 98 entries, grouped into eight Morphotypes. The harvests of the years 2005, 2010, 2014, 2015 and 2016 were analyzed. Planting was done at 0.90m between rows and 0.40m between plants ($27\ 778$ plants ha^{-1}) and the harvest was performed at 11 months after sowing, Taking 10 plants per entry of each morphotype. The productivity was expressed kg / plant. Other variables evaluated were plant height, number of stems, total root weight, number of commercial roots, weight of commercial roots, weight of strain. The percentage of dry matter of root and foliage was determined and the harvest index was calculated. The highest productivity corresponded to morphotype IV 2.15 kg / plant (59.77 t/ha), the lowest to morphotype VII 0.80 kg/plant (22.12 t/ha) and the average productivity for all morphotypes was 1.55 kg/plant (43.03 t/ha). The highest harvest index corresponded to morphotype VII (60%) and the lowest to morphotype IV (37%). High correlation between yield and number of roots in the morphotypes V and VII, was found also, demonstrated a high correlation to the variable weight of Crown for the morphotypes IV and V, the morphotype VII is the only one whose correlation is high for the relationship between productivity and the number of stems.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob.) es una planta domesticada hace varios siglos por los pobladores de las culturas preincaicas. Hasta hace poco tiempo se cultivaba solo en los jardines y huertos familiares de la serranía para el autoconsumo y para el consumo ocasional en festividades religiosas especiales. Sin embargo, debido a que se descubrieron algunas de sus propiedades nutraceuticas y se han difundido los beneficios que tendría su consumo para la salud, se ha generado un creciente interés por este producto. Los fructooligosacáridos y otros compuestos contenidos en las raíces y hojas del yacón se han asociado con efectos benéficos como la reducción del colesterol LDL, prevención y tratamiento del estreñimiento, reducción del riesgo de cáncer de colon, restauración de la microflora benéfica del colon, y disminución de peso en personas obesas, entre otros. Estos efectos benéficos han convertido al yacón en un recurso importante en el mercado de los productos dietéticos y en las personas que padecen diabetes (Seminario *et al.* 2003).

El género *Smallanthus* incluye 21 especies americanas, distribuidas desde el sur de México hasta los Andes, en climas templados montañosos, entre los 1800 y 2800 msnm. Sin embargo, se adapta fácilmente a diversos climas y suelos, desde el nivel del mar hasta los 3500 msnm (Muñoz 2009).

Según Valderrama (2005), en los últimos años, su cultivo ha dejado de ser marginal para convertirse en una excelente alternativa para generar ingresos económicos a los agricultores. Su presencia en cantidades importantes en los mercados nacionales se debe, entre otros aspectos, a la divulgación de los beneficios nutricionales de los azúcares dietéticos presentes en esta raíz.

Sin embargo, uno de los aspectos menos estudiados del yacón es la productividad de los diferentes morfotipos o cultivares que existen en el Perú. Algunos estudios preliminares indican que es una planta altamente productiva a nivel experimental, se alcanzan rendimientos comprendidos entre 16 a más de 100 t/ha de raíces. Asimismo, se considera que los agricultores en los andes obtienen en promedio, entre 20 a 40 t/ha (Seminario *et al.* 2003).

La Universidad Nacional de Cajamarca, a través del Programa de raíces y Tubérculos Andinos, mantiene una colección de yacón, de aproximadamente 110 entradas. Esta colección de trabajo se inició en 1993 y está formada, principalmente, por materiales del norte peruano (Cajamarca, La Libertad, Lambayeque, Piura) y se mantiene mediante siembras y cosechas anuales que han servido para caracterizar el germoplasma, agruparlo en morfotipos y hacer la evaluación preliminar de la productividad (Seminario *et al.* 2004).

El registro de evaluaciones de variables determinadas es una práctica común en el marco de la investigación. Estas evaluaciones surgen como resultado de un proceso de observación predefinido, bajo condiciones dadas. En otras circunstancias, las observaciones son el resultado de la provocación de un fenómeno de modo experimental, bajo condiciones controladas. Generalmente, la información registrada en un proceso de observación es tratada, en un primer momento, con el objeto de describir y resumir las características más sobresalientes, esto se conoce como estadística descriptiva y generalmente se basa en el cálculo de medidas de tendencia central (media, mediana, moda), en el uso de tablas de frecuencia y representaciones gráficas (Di Rienzo *et al.* 2009). Las medidas de tendencia central y dispersión permitirán presentar de forma resumida y comparativa los niveles de productividad de cada morfotipo en estudio.

1.1. Problema de investigación

Dentro del germoplasma de yacón que mantiene el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la UNC, se han identificado, mediante caracteres cualitativos, ocho morfotipos. Además, de la caracterización morfológica, durante varios años, se han realizado evaluaciones de la producción de raíces por planta y de las variables asociadas al rendimiento. Sin embargo, estos datos de evaluaciones de rendimiento y sus componentes, de las entradas y los morfotipos, no se han analizado estadísticamente. Por este motivo, en la presente investigación se evaluó de modo preciso, la performance productiva de las entradas y de los morfotipos en estudio. El propósito es conocer cuáles son las entradas y los morfotipos de mayor rendimiento, así como las tendencias de las variables asociadas con el rendimiento, de manera que, se pueda seleccionar el material más productivo, esto permitirá realizar pruebas de rendimiento, mediante diseño experimental adecuado y así tener un conocimiento más profundo de la capacidad productiva del germoplasma. De esta forma también, se podrán seleccionar las mejores entradas para otros estudios y recomendar su cultivo a nivel comercial.

La determinación del nivel productivo de cada entrada y morfotipo, en el tiempo (2004-2005, 2010-2011, 2013-2014, 2014-2015 y 2015-2016) constituye un parámetro fundamental para hacer recomendaciones sobre el uso del germoplasma.

1.2. Formulación del Problema

El problema de investigación se formuló del siguiente modo:

¿Cuál es el comportamiento estadístico de la productividad del germoplasma de yacón que mantiene el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la UNC?

1.3. Objetivo de la investigación

Evaluar la productividad del germoplasma de yacón que mantiene el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la UNC, desde el punto de vista estadístico.

1.4. Hipótesis de la investigación

Estadísticamente, el germoplasma de yacón que mantiene el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la UNC, tiene un comportamiento productivo altamente variable, en relación con las entradas, los morfotipos y entre años.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes teóricos de la Investigación

En el 2009 se realizó una investigación respecto a la respuesta productiva de seis morfotipos de yacón (ECU – 1247, ECU – 1251, ECU – 9109, ECU – 12767) del Banco de Germoplasma de INIAP-Ecuador, a la aplicación de una fertilización de fondo. Se utilizó el diseño de Bloques Completos al Azar, con 18 tratamientos y tres repeticiones, en arreglo factorial A x B. 6 morfotipos por 3 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), 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 tuvo un rendimiento que varió de 20.16 y 66.24 t/ha (Balladares y Través 2009).

El rendimiento obtenido en un estudio realizado en la región Piura, por Córdova y Galecio (2006) para los biotipos amarillo y blanco, en dos zonas varió entre 20 y 26.7 t/ha. Este rendimiento se obtuvo sin aplicación de fertilizante o abono.

En la investigación desarrollada por Melgarejo (1999) en Oxapampa (1800 msnm) región Pasco (agosto de 1997 a mayo de 1998) se logró determinar el potencial productivo de raíces reservantes de 24 entradas de yacón. Se usó el diseño de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones. La densidad de siembra fue 0.60 m entre plantas y 1.20 m entre líneas. La fórmula de fertilización fue de 200-180-180. Se encontró diferencias estadísticas significativas entre la entrada P-13-85 con un rendimiento de 107,36 t/ha que expuso el más alto valor, respectó a las entradas AKW-5075 con 83,76 t/ha (segundo lugar), AMM-5150 con 82.78 t/ha (tercer lugar), y ARB-5564 con 71,66 t/ha (cuarto lugar) se comportaron estadísticamente similares en este carácter.

Polanco (2011) en su investigación caracterización morfológica y molecular de materiales de yacón, en cinco departamentos de la ecorregión Eje Cafetero colombiano realizó evaluaciones morfoagronómicas empleando 18 descriptores cuantitativos y ocho cualitativos, y caracterización molecular con la técnica RAMs, utilizando seis cebadores. La caracterización morfoagronómica clasificó los diez biotipos colectados en tres grupos, siendo la variable peso de tubérculos con 58.77 % la que más contribuyó a explicar la variabilidad. La caracterización molecular diferenció cuatro grupos, que guardan estrecha relación con el agrupamiento según los caracteres cualitativos encontrados. Al analizar el peso de las raíces tuberosas de cada una de las accesiones, encontró dos grupos. El mayor peso encontrado en cada accesión estuvo muy correlacionado con el número de tubérculos, (Neira, Calarcá, Palocabildo, Ibagué, Salento y Dovio). El peso promedio de éstas estuvo por encima de los 04 kg/planta y hasta los 05.12 kg/planta. Estos valores equivalen a producciones de 28.5 a 36 t/ha, respectivamente. Las accesiones de rendimiento más bajo (0.63 a 1.30 kg/planta) la equivalencia fue de 4.5 a 9.3 t/ha. Distancias de siembra de 1.4 x 1.0 m para un total de 7.142 plantas por hectárea.

Seminario y Valderrama (2006) evaluaron la productividad de tres cultivares de yacón, plantados mediante tres tipos de propágulos (corona, esqueje y nudo). El estudio se realizó en el campo experimental del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad Nacional de Cajamarca. Se evidenciaron diferencias estadísticas para los tipos de propágulo y los tratamientos propagados por corona o cepa, estos fueron superiores en las variables número de tallos, número de raíces y peso de corona. El rendimiento fue de 44 t/ha en promedio, con un rango de variación de 37 a 53 t ha⁻¹.

Seminario y Cruzado (2004) realizaron un estudio en el valle Condebamba, Cajamarca, en el cual se evaluó la productividad de los tres cultivares 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), con aplicación de gallinaza, a razón de 2415 kg/ha. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. El rendimiento promedio total de raíces fue de 79.9 t/ha, y el rendimiento promedio de raíces comerciales fue de 55.9 t/ha.

2.2. Generalidades sobre el yacón

2.2.1. Nomenclatura y nombres vulgares

El yacón (*Asteraceae*), está clasificado como *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. Debe su nombre a Robinson (1978) el cual clasifico al yacón dentro del género *Smallanthus* aceptando lo propuesto por Mackensie (1933). El yacón, es una de las 21 especies pertenecientes al género *Smallanthus*, de las cuales, siete han sido encontradas en Perú: *S. fruticosus* (Benth.) H. Robinson, *S. glabratus* (DC.) H. Robinson, *S. jelksii* (Hieron.) H. Robinson, *S. parviceps* (Blake) H. Robinson, *S. riparius* (H.B.K.) H. Robinson, *S. siegesbeckius* (DC.) H. Robinson, *S. sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson (Seminario *et al.* 2003).

A través del tiempo y en diferentes culturas el yacón ha recibido diversos nombres comunes, por ejemplo, en Aymara de Bolivia es denominado Aricoma y Aricama. En quechua, el yacón es conocido como llaqom, llacum, llacuma o yacumpi, donde yacu y unu significan “agua” y yakku es un adjetivo que significa aguachento o insípido. En Ecuador, esta especie es conocida como jicama, chicama, shicama, jíquima o jiquimilla, término que parece derivado de xicama, nombre comúnmente utilizado en México para definir a la jícama (*Pachyrhizus erosus*), el cual puede haber sido acuñado [por error] cuando los conquistadores arribaron a los Andes, procedentes de Centro América. Por otra parte, el yacón es conocido como arboloco en Colombia, mientras que también ha recibido términos acuñados por europeos como poire de terre (francés) y yacón strawberry (inglés) (Grau y Rea 1997).

En Venezuela y algunas partes de Colombia es conocido como jiquima y jiquimilla. Una modificación más, del término yacón es racón, como es conocido en algunas partes de Ancash, y yacumi como es conocido en diversas partes del centro del Perú. En el norte del Perú se le denomina llacón y llakwash, este último término es propio de Incawasi (Ferrenáfe, Lambayeque) que significa alimento aguanoso (Seminario *et al.* 2003). Según Rea (1998) citado por Seminario *et al.* (2003) indica que en el idioma chiriguano se le conoce como ipio, en la frontera de Bolivia con Brasil, Argentina y Paraguay.

2.2.2. Origen y distribución

Es difícil determinar con precisión el ámbito y las culturas donde fueron domesticadas cada una de las raíces andinas. Sin embargo, varios autores, tomando en cuenta las fuentes históricas, arqueológicas, lingüísticas y botánicas, han intentado definir las regiones donde fueron domesticadas. Es necesario destacar que, en la mayoría de los casos, está implicado el territorio peruano y principalmente la zona alto andina y la ceja de selva (Seminario y Valderrama 2002).

El yacón es cultivado desde el sur de Colombia hasta el norte de Argentina, entre los 1800 a 2800 msnm y es mantenido de forma *in situ*, por los pobladores, quienes lo producen para autoconsumo y para abastecer el mercado local; También se mantiene de forma *ex situ*, en los bancos de germoplasma de Bolivia, Ecuador y Perú (Svobodová *et al.* 2013).

Según Grau y Rea (1997) el yacón tiene su origen en los Andes. Cuando esta planta fue adaptada fácilmente a espacios libres, sin vegetación, empezó a colonizar hábitats, teniendo un estatus de mala hierba, pero, al descubrir sus propiedades, los campesinos cambiaron dicho estatus a planta manejable y más tarde a cultivable. Las primeras áreas que pudieron ser cubiertas por yacón, son las laderas húmedas de los Andes occidentales, en la región comprendida entre el noreste de Bolivia y el centro del Perú; habiendo también manifestación de éste en la zona de Ecuador, presumiéndose su llegada allí por la colonización Inca.

Según Seminario *et.al.* (2003) los principales nichos de producción en el Perú se encuentran en Amazonas (Utcubamba, Bongará, Chachapoyas); Ancash (Huaraz, Caraz, Yungay); Apurímac (Andahuaylas y Abancay); Arequipa (Arequipa); Ayacucho (Huamanga, Huanta); Cajamarca (Cajamarca, Contumazá, San Marcos, San Ignacio y Jaén); Cerro de Pasco (Oxapampa); Cusco (Urubamba, Cusco, Calca, Paucartambo, La Convención); Huánuco (Huánuco); Junín (Huancayo, Concepción, Jauja y Tarma); La Libertad (Otuzco, Santiago de Chuco, Sánchez Carrión); Lambayeque (Incahuasi); Lima (Pachacamac y Yauyos); Piura (Ayabaca y Huancabamba) y, Puno (Sandia y

Carabaya). De estos nichos de producción, los que destacan son Cajamarca, Puno, Oxapampa, Huánuco, Ancash y Junín.

2.2.3. Descripción morfológica del yacón

Según Valderrama y Seminario (2002), Seminario *et al.* (2003), Seminario *et al.* (2004), Grau y Rea (1997), la morfología del yacón está constituida por raíz, corona o cepa, tallo, hojas, inflorescencia (con flores femeninas y masculinas) a continuación, se describen estas partes.

2.2.3.1. Raíz

El sistema radical está compuesto principalmente por raíces reservantes engrosadas, fusiforme u ovadas, exteriormente de color crema, blanquecino o púrpura, de forma irregular, (también cumplen la función de absorción y fijación). Existen también pocas raíces delgadas a manera de cables, ubicadas generalmente en la parte superior, cuya función es de fijación y absorción.

2.2.3.2. Corona o cepa

Es un órgano subterráneo sobre el cual se desarrollan abundantes yemas vegetativas. Se forma por el engrosamiento de la parte basal del tallo que está dentro de la tierra, unida a las raíces. Sus tejidos almacenan sustancias de reserva en forma de carbohidratos simples y fructooligosacáridos, los cuales posiblemente sirven de alimento a las yemas cuando éstas brotan y se transforman en nuevos tallos (Valderrama y Seminario 2002).

Este órgano no ha recibido una denominación precisa desde el punto de vista botánico. Agronómicamente se denomina corona o cepa, pero los agricultores le asignan nombres como cabeza, macuzo. En un intento por definir botánicamente este órgano Machado (2004) lo denomina Rizóforo descrito como estructura cónica tierna y ligeramente engrosada, cuyo ápice tiene coloración blanquecina y muestra entrenudos nítidos, además de numerosas yemas protegidas por catafilos frecuentemente ligados a la planta madre, pudiendo originar varios brotes aéreos simultáneamente. En la época de brotamiento, los nudos distales del rizóforo, presentan coloración rosácea y en los nudos basales son castaños, las yemas originan ramas caulinares aéreas erectas y nuevos rizóforos,

primordios de raíces adventicias se observan en torno a la base de cada rizóforo, originando raíces delgadas y raíces tuberosas.

De la descripción hecha por el autor, se colige que se refiere a cada brote o talluelo que se origina de la corona o cepa y no al conjunto de este órgano que es una masa de tejido parenquimático con abundantes yemas y con haces vasculares que conectan a cada una. Cada una de estas yemas se puede convertir en tallo aéreo, sin embargo, por competencia, sólo algunos se convierten en tales, de modo que cada planta originada de corona o cepa puede tener entre cuatro y ocho tallos. Por otro lado, Font Quer (2001, p. 1066) define al rizóforo del siguiente modo: “en las selaginelas pequeño órgano cilíndrico alargado que brota de las ramas folíferas en sus bifurcaciones y trae una o varias raíces endógenas cerca del ápice; por su origen exógeno, y porque en ciertas circunstancias puede transformarse en una ramita foliada, se le atribuye naturaleza caulinar, cual si se tratara de un vástago profundamente alterado. Como se puede notar esta definición no concuerda con la definición propuesta por Machado (2004) y queda pendiente una definición botánica más precisa.

2.2.3.3. Tallos

Son cilíndricos verdes a purpuras, pilosos, huecos a la madurez. Si la planta 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 entre 4 a 12.

2.2.3.4. Hojas

Son pecioladas, opuestas y decusadas, de lámina triangular, de base trunca, hastada, cordada (acorazonada) o sub cordada. En cada tallo se producen entre 13 a 16 pares de hojas, hasta el inicio de la floración. Después de la floración la planta solo produce hojuelas pequeñas.

2.2.3.5. Inflorescencia

La rama floral es terminal de ramificación dicásica, compuesta de inflorescencias llamadas capítulos o cabezuelas. Cada rama floral puede presentar entre 20 a 40 capítulos. Una planta puede producir 20 a 80

capítulos. Cada capítulo está formado por flores femeninas y masculinas. Las flores femeninas se ubican en el verticilo externo, cuya parte más vistosa y coloreada de amarillo es la lígula. Las flores masculinas son tubulares y más pequeñas, se ubican en los verticilos internos del receptáculo. El involucro es acampanado y hemisférico, con brácteas involucrales (5 a 6) en una sola serie envolviendo al receptáculo. Uniendo al capítulo está el pedúnculo que mide unos 35 a 37 mm. Cada capítulo presenta entre 14 a 16 flores femeninas y entre 80 a 90 flores masculinas. Las flores femeninas (zigomorfas), al abrirse el botón floral, aparecen como puntos amarillos; abren antes que las flores masculinas y por lo general se marchitan antes que las últimas flores masculinas. Variabilidad morfológica.

Según Mansilla (2001) desde la década de 1990, varias instituciones de los países andinos retomaron un trabajo sostenido de conservación de germoplasma de yacón y otras raíces. Las principales instituciones que conservan germoplasma de yacón en el Perú son las Universidades de Cajamarca, Huánuco, Huancayo, Ayacucho, Cerro de Pasco y La Molina.

El germoplasma motivo del presente estudio se distribuye entre 1220 (San Ignacio, Cajamarca) y 3500 msnm (San Miguel, Cajamarca), con mayor frecuencia alrededor de los 2500 msnm. Sin embargo, es necesario anotar que existen plantaciones desde los 1100 msnm también, es evidente la mayor distribución en la vertiente oriental de la región, esta favorecida tal vez por las condiciones meteorológicas (mayor precipitación pluvial y temperatura, ausencia de heladas).

La Universidad Nacional de Cajamarca (UNC) ha colectado 119 entradas de yacón, 91 % de las cuales corresponden a los departamentos de Cajamarca, Amazonas, Piura, Lambayeque y La Libertad, en el norte peruano. La exploración no fue exhaustiva, se dirigió preferentemente a las localidades de mayor tradición de cultivo y, no cubrió toda el área. No se exploró, por ejemplo, el departamento de San Martín, ni la provincia de Huancabamba en Piura y varias provincias de la Libertad, en las tablas 53 ,54,55 y 56, se detallan los lugares de procedencia.

2.2.4. Requerimientos agroclimáticos

Las mejores condiciones para el desarrollo del yacón se encuentran en el piso alto de la región yunga y el piso medio de la región quechua, según la clasificación de Pulgar Vidal (1996), en el rango altitudinal de 1100 a 2500 msnm. Sin embargo, el yacón ha demostrado ser un cultivo de adaptación amplia, pudiendo sembrarse en varios lugares de la costa y la selva del Perú. En el norte peruano, no soporta ambientes arriba de los 3000 msnm, pero su cultivo se extiende hacia la Ceja de Selva de los departamentos de Cajamarca, Amazonas y San Martín (Seminario *et al.* 2003).

El yacón requiere de ciertas condiciones de temperatura, altitud y agua para su óptimo desarrollo. Respecto a la temperatura esta debe ser de alrededor de entre 18°C a 25°C, sin embargo, es capaz de resistir altas temperaturas con una cantidad adecuada de agua. Asimismo, parece ser que las bajas temperaturas favorecen la formación de raíces reservantes de agua. En cuanto a la altitud la gran ventaja del Yacón es que se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 3600 metros, no obstante, las raíces reservantes suelen darse en mejores condiciones en una altitud media de entre 1500 metros y 2000 metros. Por otro lado, la demanda hídrica respecto al cultivo de yacón es de cerca de 800 mm, pero tiene la ventaja de que puede sobrevivir largos periodos de sequía. Sin embargo, la productividad se ve reducida en estas condiciones (Lugo 2016)

Los requerimientos de suelo para su cultivo el yacón tiene la capacidad de adaptarse a una amplia variedad de tipos. Sin embargo, el yacón “responde mejor a suelos ricos, moderadamente profundos a profundos sueltos (francos, arenosos), con buena estructura y bien drenados. En suelos pesados el crecimiento es pobre. Pueden tolerar un amplio rango de pH, de ácidos a ligeramente alcalinos.” A pesar de que se adapta a varios suelos la época de siembra varía de acuerdo con las condiciones ambientales de cada tipo de suelo, aun así, se recomienda su siembra a inicios de las precipitaciones pluviales (Lugo 2016).

Los requerimientos de agua están entre los 650 y 1000 mm de lluvia anuales, no soportan heladas. Se comportan mejor en suelos sueltos, francos a francos arenosos, con pH desde ligeramente ácido hasta neutro. Requieren entre 14 a 18° C para el periodo de crecimiento y, de 20 a 28° C para el llenado de raíces. La cosecha se realiza entre los 9 a 12 meses, según el lugar y el cultivar (Seminario *et al.* 2003).

2.3. Estadísticas de producción y productividad en el Perú

La producción de yacón según el reporte de producción agropecuaria presentada por el Ministerio de Agricultura y riego citado por el INEI (2014) ha variado en los últimos años. Así, se reporta que 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. Si se considera una producción de 20 t/ha. Los datos anteriores implicarían 283.6 ha, 450 ha y 591 ha, respectivamente.

Los datos anteriores se refieren a rendimientos que obtienen, en promedio, los agricultores. Sin embargo, los ensayos experimentales muestran que el yacón puede alcanzar rendimientos más elevados, si se mejoran las condiciones de manejo.

Así, en un ensayo realizado el 2004 en el Valle de Condebamba, en la zona de Malcas, se registraron promedios superiores a los 50 t/ha y; en el 2005, en una parcela experimental ubicada en Chuquibamba, los rendimientos fluctuaron desde 35 a 61 t/ha, usando porciones de corona o cepa e incorporando gallinaza a 5 t/ha. Cuando se usa esquejes enraizados, los rendimientos varían de 20 a 57 t/ha. 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 (Valderrama 2005).

Si bien en Sao Paulo (Brasil) se han reportado rendimientos de raíces de hasta 100 t/ha, el rendimiento promedio en condiciones alto andinas varía entre 20 a 40 t/ha. 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 una evaluación de 110 entradas del norte peruano se encontraron entre 225 a 3 600 g de raíces/planta, con una media de 1 670 g de raíces/planta. Por otro lado, en una prueba de tres cultivares en el valle de Condebamba, Cajamarca, se encontró planta con hasta 9 500 g de raíces, considerando un distanciamiento de siembra de 0.9 m. entre surco y 0.50 entre plantas se estima una producción promedio de 37.11 t/ha (Seminario y Cruzado 2004).

En el germoplasma de la UNC, se encontró que una entrada produjo 9 500 g/planta, en una muestra de cinco plantas tomadas al azar (Romero citado por Seminario 2008).

Según Seminario *et al.* (2004). el rendimiento promedio evaluado durante varias campañas y en cuatro sitios (Los Eucaliptos, Universidad Nacional de Cajamarca, Baños del Inca y Hualqui) es alrededor de 40 a 50 t/ha. Amaya (2002) ha reportado que la densidad de siembra tiene un efecto grande sobre el rendimiento de raíces y sobre su tamaño. Así, en un experimento en el que evaluó el efecto combinado 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) se obtuvo con la combinación de los menores distanciamientos (0.8 m x 1.0 m). La combinación de los mayores distanciamientos (1.0 x 1.4 m) produjo tan sólo 45.3 t/ha, pero en compensación produjo raíces mucho más grandes.

Tsukihashi *et al.* (1989) y Doo *et al.* (2001) citados por (Seminario *et al.* 2004). han reportado que con distanciamientos menores de 0.50 x 0.70 la proporción de raíces pequeñas (menos de 200 gramos) se incrementa significativamente. Estos trabajos demuestran que a una mayor densidad de siembra se puede conseguir un mayor rendimiento de raíces, pero ello significa también que las raíces serán de menor tamaño. La fertilización de yacón, especialmente en nitrógeno y potasio, tiene una fuerte incidencia en el rendimiento de las raíces reservantes.

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

Localidad	t/ha	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)

* Datos tomados de (Seminario *et al.* 2003)

2.4. Estadística

El propósito de la estadística es ofrecer una base objetiva para el análisis de datos observados o medidos, los cuales están sujetos a la variación del azar. Estos datos, en muchos casos, son provenientes de estudios realizados a propósito y en condiciones previamente especificadas y controladas (experimentos). El estudio de los experimentos y sus etapas: planeación, ejecución, toma y análisis de datos es lo que constituye el objetivo de la estadística experimental (López y Gonzales 2014).

El registro de observaciones es una práctica común en el marco de la investigación. Surgen como resultado de un proceso de observación bajo condiciones dadas, o de un proceso experimental. Generalmente la información registrada en un proceso de observación es tratada, en un primer momento, con el objeto de describir y resumir sus características más sobresalientes. Esto se conoce como estadística descriptiva y generalmente, se basa en el uso de tablas de frecuencia y representaciones gráficas y a la presentación de algunas metodologías para la extracción de muestras (Di Rienzo *et al.* 2009).

La estadística descriptiva consiste en la presentación de datos en forma numérica, tablas y graficas. Esta comprende cualquier actividad relacionada con los datos y está diseñada para resumir o describir los mismos, sin factores pertinentes adicionales; esto es, sin intentar inferir nada que vaya más allá de los datos, como tales. Es en general utilizada en la etapa inicial de los análisis, cuando se tiene contacto con los datos por primera vez (López y Gonzales 2014).

La estadística descriptiva se define como el conjunto de técnicas estadísticas que se realiza para describir, en forma numérica, gráfica y tabular el comportamiento de un grupo de datos. Si la variable "X" es cuantitativa, se medirán su tendencia central promedio, moda, mediana, y su dispersión, así como la simetría y la cuartosis (López y Gonzales 2014).

2.4.1. Medidas de tendencia central y dispersión

Los aspectos relevantes de la información son generalmente descritos usando medidas de posición o de tendencia central y de dispersión. Estas medidas, sirven para aproximar los parámetros de posición y de dispersión de una variable. Las medidas de posición miden alrededor de cual número están concentradas las observaciones de una variable cuantitativa (punto medio de una distribución de datos), las más usadas son: media mediana y moda, sin embargo, deben ser considerados también los percentiles y cuartiles llamados también medidas de posición relativa. Las medidas de dispersión miden que tan diferentes o distantes son las observaciones de una medida de tendencia central, las más usadas son: rango de amplitud, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación (López y Gonzales 2014).

2.4.2. Análisis de correlación y regresión lineal y su interpretación

El análisis de correlación agrupa técnicas para medir el grado de asociación o relación entre dos o más variables, el cual describe la magnitud entre dos conjuntos de variables de intervalo o razón. El grado de correlación se mide o interpreta mediante el coeficiente de correlación (r), que expresa la mutua asociación entre las variables en estudio. De modo que si $r = 0$, significa que no existe asociación entre variables. En cambio, cuando existe asociación entre variables los valores pueden variar de + 1 a -1 (Infante y Zárate 1984)

Hernández y Fernández (1998), presentan rangos que sirven para interpretar el valor o grado de correlación que existe entre las variables independientes (x) y dependientes (y), como se presenta en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Grado de correlación entre las Variables (X, Y).

Valor	Interpretación
± 1.00	Correlación perfecta
± 0.90 a ± 0.99	Correlación muy alta
± 0.70 a ± 0.89	Correlación alta
± 0.40 a ± 0.69	Correlación moderada
± 0.20 a ± 0.39	Correlación baja
0.00	Correlación nula

Fuente: Hernández y Fernández (1998)

De forma general, lo primero que suele hacerse para ver si dos variables aleatorias están relacionadas o no (llamadas X e Y, denotando con Y a la variable dependiente o de respuesta, y X a la variable independiente o regresora), consiste en tomar una muestra aleatoria. Sobre cada individuo de la muestra se analizan las dos características en estudio, de modo que para cada individuo tenemos un par de valores (X_1, Y_1) ($i=1, 2, \dots, n$) (Universidad de Salamanca 1990).

Seguidamente, se representa dichos valores en el plano cartesiano, dando lugar al diagrama de dispersión o nube de puntos. Así, cada individuo vendrá representado por un punto en el gráfico, de coordenadas, X_i, Y_i . De esta forma, podemos obtener una primera idea acerca de la forma y de la dispersión de la nube de puntos ya sea lineal, parabólica, exponencial, etc. (Vila *et al.* 2003)

Un diagrama de dispersión es una gráfica en la que cada punto trazado representa un par de valores observados de las variables independiente y dependiente. El valor de la variable independiente X se identifica respecto al horizontal, mientras que el valor de la variable dependiente Y se identifica respecto al eje vertical (Universidad de Salamanca 1990).

Los diagramas de dispersión no solo muestran la relación existente entre las variables, sino también resaltan las observaciones individuales que se desvían de la relación general. Estas observaciones son conocidas como *outlier* o valores inusitados, que son puntos de los datos que aparecen separados del resto (Gonzales 2009).

En las siguientes figuras, se muestran las diferentes correlaciones que existen, en la cual se diferencian claramente la disposición de los puntos de los diagramas de dispersión respecto a la línea de regresión.

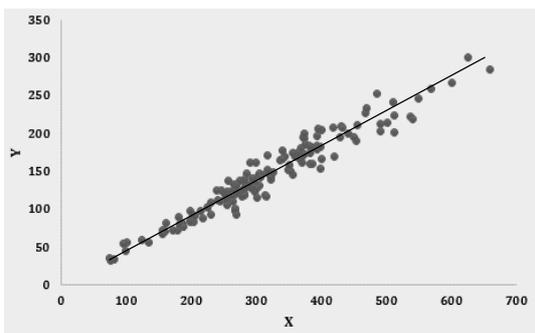


Figura. 1. Correlación positiva (Gonzales 2009)

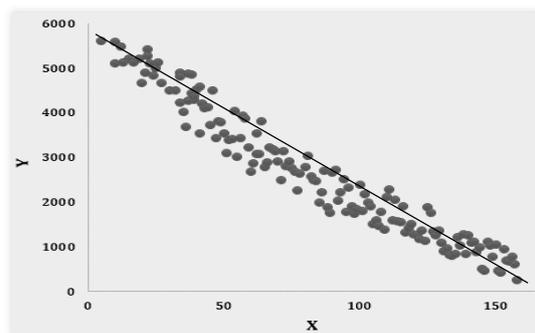


Figura. 2. Correlación negativa (Gonzales 2009).

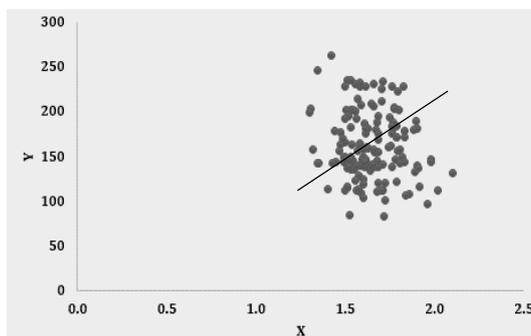


Figura. 3. Correlación nula o ausencia de correlación (Gonzales 2009).

De modo general, diremos que existe regresión de los valores de una variable con respecto a los de otra, cuando hay alguna línea, llamada línea de regresión que se ajusta más o menos claramente a la nube de puntos. Si existe regresión, a la ecuación que nos describe la relación entre las dos variables la denominaremos ecuación de regresión (Universidad de Salamanca 1990).

Por otro lado, la ecuación de regresión es una herramienta estadística poderosa y versátil, que permite cuantificar, a través de una función matemática, la relación entre dos o más variables. En la relación de variables se considera la presencia de una variable dependiente en función de una o más variables independientes (Bula 2014).

La ecuación de regresión tiene el objetivo de determinar si dichas variables están asociadas y en qué sentido se da la asociación (es decir, si los valores de una de las variables tienden a aumentar o disminuir los valores de la otra), y estudiar si los valores de una variable pueden ser utilizados para predecir el valor de la otra (Azor 2001).

Toda función de la forma $Y = a + bX$, determina, al representarla en un plano una línea recta, donde X e Y son variables y a y b son constantes:

Y = variable dependiente.

X = variable independiente o regresora.

a: Es la ordenada en el origen, es decir, es la altura a la que la recta corta al eje Y , se denomina también término independiente.

b: También denominada pendiente, es la inclinación de la recta, es decir, es el incremento que se produce en la variable Y cuando la variable X aumenta una unidad.

Otra forma de estudiar el grado de asociación entre las variables correlacionadas es a través de coeficiente de determinación (r^2). Este mide la proporción de la variación en la variable Y (medida por la suma de cuadrados de Y) que es explicada por las variaciones en la variable X . Por ejemplo, si al correlacionar dos variables existe un $r = 0.6$, significa que $r^2 = 0.36$, o sea que el 36 % del valor de Y (o de la suma de cuadrados de Y) está explicado por las variaciones de la variable X y el porcentaje restante se explica por otras variables o factores desconocidos (Infante y Zárate 1984, Vásquez 1990).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de la investigación

La investigación se realizó en el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, distrito, provincia y departamento de Cajamarca. Esta institución se encuentra situada a 3.5 km de la ciudad de Cajamarca, cuyas características geográficas son las siguientes: altitud 2650 msnm, 7° 10´ latitud sur, 78° 30´ longitud esta, temperatura media 14°C, humedad relativa 65 %, precipitación promedio anual 650 mm/año.

3.2. Materiales

a. Datos de rendimiento

Los datos que se analizaron corresponden a cinco cosechas del germoplasma de yacón que mantiene el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. Esta colección se empezó a realizar en 1993, con apoyo del Programa Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos que lideró el Centro Internacional de la Papa con fondos de la Cooperación Suiza (COTESU). Las cinco cosechas analizadas corresponden a los años agrícolas 2004-2005, 2009-2010, 2013-2014, 2014-2015 y 2015-2016. Los datos de las cuatro primeras cosechas se encontraban en los archivos del PRTA y los datos de la última cosecha fueron tomados en campo, por el responsable de la presente tesis.

b. Material vegetal

La colección de yacón del PRTA consta de 98 entradas o accesiones, principalmente del norte peruano, con algunas entradas de otras zonas del país. El germoplasma se mantiene mediante siembras anuales, en donde cada entrada se ubica en un surco de 10 a 12 plantas. Los distanciamientos de siembra fueron de 0.90 m entre surcos y 0.40 entre plantas (27 778 plantas/ha). A la cosecha, que se realizó a los 11 meses y las evaluaciones fueron altura de planta (tallo principal), número de tallos, número total de raíces tuberosas, número de raíces comerciales (separadas por observación directa), peso total de raíces tuberosas, peso de raíces comerciales, peso de la corona o cepa.

Las características morfológicas principales de los morfotipos de yacón utilizados se presentan en la Tabla 3. Esta descripción fue realizada mediante descriptores probados y estandarizados en varias campañas (Seminario 2004) y, fue revisada y actualizada en la campaña 2015-2016 (J. Seminario, comunicación personal) Como se puede apreciar, Las variables más importantes con relación a la presente investigación son tallos, hoja, raíz y corona, como se muestran en la figura 4.

Tabla 3. Descripción de morfotipos de yacón cultivado del norte peruano, mantenidos por PRTA-UNC. 2016.

Morfotipo	Color tallo	Ramificación	Color follaje	Pig. Hojas apicales	Forma lamina	Borde hoja	Color lígula	Forma lígula	Color externo raíces	Color pulpa	Color propágulos
I	Púrpura grisácea	Todo el tallo	Verde amarillento	Presente	Triangular	Dentado	Amarillo anarj. osc	Ovado elip, trident	164 ^a	164D	187D
II	Verde amarillento	Ausente	Verde amarillento	Ausente	Triangular	Dentado	Amarillo anaranj claro	Ovada, bident	165C	164B	196D
III	Verde amarillento	Apical	Verde oscuro	Presente	Triangular	Doblemente dentado	Amarillo osc	Oblonga, trident	165C	165D	184D
IV	Púrpura grisáceo oscuro	Basal	Verde amarillento	Presente	Cordada	Dentada	Amarillo anarj. claro	Oblonga, trident	180B	19D	187D
V	¿Púrpura grisácea o	Ausente	verde	Ausente	Cordada	Dentada	Amarillo	?	157B	157D	54C
VI	Púrpura grisácea	Todo el tallo	Verde oscuro	Ausente	Deltoides	Crenado	Amarillo anaranj osc	Ovado elipt, triden	168D	165D	61B
VII	Verde amarillento, púrpura en nudos	Ausente	Verde oscuro	Presente	Triangular	Dentado	Amarillo	Ovada, trident.	165D	11D + 60A	58A
VIII	Verde amarillento	Apical	Verde amarillento	Presente	Triangular	Dentado	Amarillo anaranj osc	Ovado elíptica, trident	164C	164C	186C

Fuente: Seminario (2016), revisada y actualizada en la campaña 2015-2016.

Notas:

PRTA-UNC: Programa de Raíces y Tubérculos Andinos, Universidad Nacional de Cajamarca.

El color externo de raíces, de pulpa y de propágulos fue calificado con la tabla "RHS Colour chart" (The Royal Horticultural Society 1995).

El morfotipo VII presenta dos colores en la pulpa: Color primario: 11D y color secundario 60 A.

Morfotipo	Tallo	Hoja	Raíz	Cepa	
I					
II					
III					

Figura 4. Principales características de ocho morfotipos de yacón del norte peruano, mantenidos por PRITA-UNC. 2016. Continuación...

Morfotipo	Tallo	Hoja	Hoja	Raíz	Cepa
IV					
V					
VI					

Figura 4. Principales características de ocho morfotipos de yacón del norte peruano, mantenidos por PRTA-UNC. 2016. Continuación...

Morfotipo	Tallo	Hoja	Raíz	Cepa
VII				
VIII				

Figura 4. Principales características de ocho morfotipos de yacón del norte peruano, mantenidos por PRTA-UNC. 2016. Continuación...

c. Otros materiales

- Barreta.
- Zapapico.
- Cuchillas.
- Tijeras.
- Bolsa de polietileno.
- Bolsas de papel.
- Papel bond.
- Wincha.
- Balanza.
- Libreta de apuntes.
- Formato de evaluación.
- Etiquetas de identificación.
- Material de escritorio.

d. Equipos

- Estufa.
- Computadora equipada.
- Calculadora.
- Balanza analítica.
- Cámara digital.

3.3. Metodología

3.4. Trabajo de campo

a. Toma de muestras

Los datos de la presente investigación provienen de dos fuentes: 1) las cosechas: 2005, 2010, 2014 y 2015, fueron realizadas en los años anteriores, por personal del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos. 2) Los datos de la cosecha 2016, fueron tomados por el tesista y corresponden a la siembra realizada en agosto de 2015. En todos los casos, la cosecha se realizó a los 11 meses después de la siembra.

En cada cosecha se tomaron los datos de 5 a 10 plantas. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, número de tallos, peso de corona, número total de raíces tuberosas, número de raíces comerciales, peso total de raíces, peso de raíces comerciales. Además, en algunas cosechas se tomó el peso seco del follaje. También se determinó el contenido de materia seca (%) de raíces, corona y de follaje.

b. Determinación de la materia seca

Esta variable fue evaluada en la última cosecha. La toma de estos datos se realizó mediante un muestreo de tres plantas por cada morfotipo de las cuales se obtuvo el peso fresco de tallos, corona y raíces, seguidamente, estas muestras fueron colocadas en estufa a 105°C, por 72 horas, para ser secadas y realizar las pesadas correspondientes. El porcentaje de materia seca se obtuvo mediante la fórmula: $(\text{peso seco} / \text{peso fresco}) \times 100$.

Los valores obtenidos de cada entrada y morfotipo fueron introducidos en una base de datos de *Microsoft Excel*, para realizar el cálculo de los estadísticos y las regresiones correspondientes, referidos a cada entrada, al conjunto de entradas y a los morfotipos. Es decir, la hoja de cálculo comprendía los datos que se describen en la Tabla 4.

Tabla 4. Formato para recojo y procesamiento de información

MORFOTIPO N°									
Entrada	Altura de planta (m)	N° tallos	Número de raíces tuberosas	Peso fresco de raíces tuberosas (g)	Número de raíces comerciales	Peso fresco de raíces comerciales (g)	Peso fresco de corona o cepa (g)	Peso seco follaje (g)	Peso seco raíz (g)

3.1.1. Trabajo de gabinete

a. Análisis estadístico para estimar el nivel productivo del yacón

Por la naturaleza de los datos, los cuales corresponden a promedios de cinco cosechas, tomados en campo, para cada variable indicada, el análisis estadístico se realizó mediante estadística descriptiva, el cual incluyó medidas de tendencia central; media mediana y moda. Asimismo, se trabajó con una única medida de dispersión, la desviación estándar de cada variable. Este análisis fue realizado para cada morfotipo. De este modo, se pudo hacer comparaciones entre éstos. También se realizaron agrupamientos según rangos de productividad, para determinar la producción más frecuente en el conjunto de entradas de cada morfotipo. Además, se realizaron correlaciones estadísticas entre la productividad (variable dependiente) y sus componentes y otras variables relacionadas (variables independientes), para determinar qué variables están más relacionadas con la productividad. La información se presenta en tablas y gráficas. La información fue analizada y discutida, en relación con la información sobre rendimiento, que existe en la literatura sobre yacón, a nivel del Perú y otros países.

Los gráficos de frecuencias relativas son el resultado del análisis estadístico obtenido a partir de las tablas de frecuencias que incluyen número de clases, límite superior (LS), límite inferior (LI), marca de clase (MC), frecuencia absoluta (FA), frecuencia relativa (FR), frecuencia absoluta acumulada (FAA) y frecuencia relativa acumulada (FRA).

La elaboración de los diagramas Box-Plot (diagrama de caja o bigotes) que se presentan fueron elaborados a partir de los percentiles (P90 y P10), los cuales representan a los brazos indicando valores mínimos y máximos, cuartiles (Q3 Y Q1) que representan las tapas de las cajas de orden superior e inferior. Estas indican qué tan dispersos están los datos analizados. La mediana de acuerdo con la posición representada en la caja indica la normalidad de la distribución de los datos y los puntos extremos (*outlier*) muestran datos fuera de lo común, superando los valores mínimos o máximos.

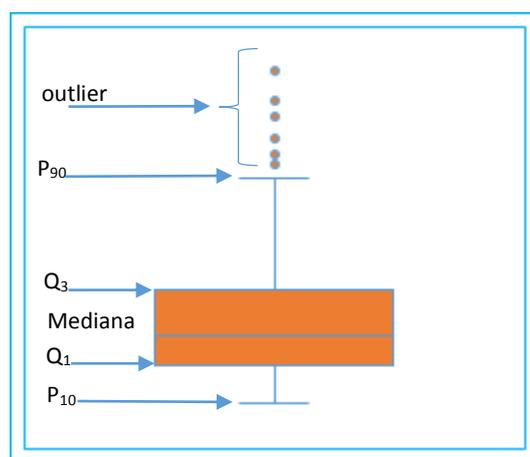


Figura 5. Diagrama box plot.

Se obtuvo el promedio para cada variable de los datos por planta y por entrada, recogidos y consolidados de los cinco años evaluados. El rendimiento por hectárea se obtuvo mediante la extrapolación del promedio de rendimiento por planta para posteriormente expresarlo en toneladas por hectárea. Para tal fin se usó la fórmula propuesta por Hay y Walker (1989, p. 190) para papa: $\text{Rendimiento (kg/ha)} = \text{N}^\circ \text{ de plantas por hectárea} \times \text{N}^\circ \text{ raíces por planta} \times \text{Peso promedio de la raíz fresca (kg)} = \text{kg/ha}$, la cual resultó funcional para yacón.

Se realizaron correlaciones entre la productividad, expresada en kg/planta (como variable dependiente) y cada una de las variables relacionadas (altura de planta, número de tallos, número de raíces y peso de corona) como variables independientes.

El análisis tomó en cuenta los datos meteorológicos de los años y meses de cultivo de cada cosecha, puesto que la productividad está estrechamente relacionada con las condiciones ambientales y es posible que existan tendencias relacionadas, principalmente, con las precipitaciones pluviales y las temperaturas de cada campaña agrícola.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estadísticos descriptivos por morfotipos

4.1.1. Morfotipo I (Purpura)

La productividad media de este morfotipo (Tabla 5) fue de 1.44 kg/planta (40.14 t/ha), con valores mínimos y máximos de 0.22 y 3.67 kg/planta, la desviación estándar indica que existe una dispersión en productividad de ± 0.74 kg/planta. El valor promedio es menor al encontrado por Seminario *et al.* (2003) que en un experimento realizado en el valle Cajamarca, reportan una productividad promedio de 97.8 t/ha, en plantación de yacón en monocultivo y 82.1 t/ha en plantación asociada con maíz. Seminario y Valderrama (2006) en una investigación donde se comparó la productividad de tres cultivares de yacón plantados mediante tres tipos de propágulo, registraron una productividad entre de 36.85 y 54.14 t/ha dentro de este rango se encuentra la productividad media (40.14 t/ha) obtenido en la presente investigación. Seminario y Cruzado (2004) en el estudio de introducción de tres cultivares de yacón en el valle Condebamba (Cajamarca), encontraron una productividad media de 88.88 t/ha con aplicación de gallinaza, a razón de 2 415 t/ha, este rendimiento es superior al promedio, pero dentro del rango encontrado en el presente estudio para este morfotipo.

La altura de planta para este morfotipo (Tabla 5) presentó una media de 1.11 m, con valores mínimos y máximos de 0.50 m, y 1.54 m La desviación estándar indica que existe una dispersión en altura de ± 0.22 m. Considerando la información reportada por Seminario y Valderrama (2006) para este morfotipo, la altura de planta promedio fue de 2.11 m, este reporte proviene de un estudio realizado en el valle Condebamba a una altitud de 2 670 msnm, lo que posiblemente influyó para que el cultivar alcance una mayor altura. Asimismo, Seminario y Cruzado (2004) reportan una altura de tallos de 1.30 m para este morfotipo bajo el efecto de abonamiento con gallinaza, en el valle de Condebamba (a 2020 msnm y temperatura promedio de 20 °C).

El número de tallos de este morfotipo (Tabla 5) presenta una media de 06 tallos por planta, con valores mínimos y máximos de 02 y 13 tallos por planta, respectivamente, la desviación estándar nos indica que existe una dispersión de ± 02 tallos por planta. Seminario *et al.* (2003) reportan la presencia de 11 tallos por planta. Este valor, se encuentra dentro del rango encontrado en la presente investigación, sin embargo, el valor promedio seis tallos por planta encontrado provienen de la evaluación de cinco campañas que permiten tener una mayor precisión.

Seminario *et al.* (2003), en un estudio realizado en el valle Cajamarca, en donde se trabajó con yacón asociado con maíz reporta una producción de 26 raíces por planta y 34.3 raíces por planta para el morfotipo I en monocultivo, en la presente investigación para esta variable (Tabla 6) se encontró una media de 19 raíces por planta con valores mínimos y máximos de 03 y 34 raíces por planta, respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión en productividad de ± 07 raíces por planta.

El número de raíces comerciales de este morfotipo (Tabla 5) presentó una media de cuatro raíces por planta con valores mínimos y máximos de 01 y 14 raíces por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión en productividad de ± 03 raíces por planta, sin embargo, Seminario *et al.* (2003) reporta un promedio de 22 raíces comerciales por planta para el morfotipo I en plantación asociada con maíz.

La productividad comercial media de este morfotipo (Tabla 5) fue de 0.79 kg/planta (21.95 t/ha), con un rango de producción de 0.1 a 2.85 kg/planta lo cual representa 2.78 a 79.17 t/ha, la desviación estándar indica que existe alta dispersión en esta variable ± 0.57 kg/planta (± 15.91 t/ha). Los valores encontrados son menores a los encontrados por Seminario *et al.* (2003) el cual reporta una producción de 69.7 t/ha para yacón purpura asociado con maíz y una producción de 82.7 t/ha para plantación en monocultivo en el valle Cajamarca.

La productividad de corona de este morfotipo (Tabla 5) fue de 2.03 kg/planta (56,32 t/ha), con valores mínimos y máximos de 0.7 y 5.83 kg/planta (19.44 t/ha y 161.81 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión en productividad de corona de 1.1 kg/planta (± 30.51 t/ha). Los valores encontrados son menores a los reportados por Seminario *et al.* (2003), Los autores reportan 87 t/ha para cultivo de yacón asociado con maíz y de 103 t/ha para plantación de yacón en monocultivo.

Tabla 5. Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo I (Purpura). Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Resumen	Altura de planta (m)	Número de tallos	Número de raíces	Peso de raíces (kg/planta)	Número de raíces comerciales.	Peso de raíces comerciales (kg/planta)	Peso de corona (kg/planta)
Media	1.11	6.00	19.00	1.44	4.00	0.79	2.03
Mediana	1.10	6.00	20.00	1.37	4.00	0.60	1.73
Moda	1.04	6.00	26.00	1.70	3.00	1.68	4.38
D.E.	0.22	2.00	7.00	0.74	3.00	0.57	1.10
Mín.	0.50	2.00	3.00	0.22	1.00	0.1	0.7
Máx.	1.54	13.00	34.00	3.67	14.00	2.85	5.83

D.E.=Desviación estándar, Min= Mínimo, Max. = máximo

Tabla 6. Distribución de frecuencias del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, del morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[3.00	8.17]	6	15	0.13	15	0.13
2	(8.17	13.33]	11	11	0.09	26	0.22
3	(13.33	18.50]	16	23	0.19	49	0.41
4	(18.50	23.67]	21	38	0.32	87	0.73
5	(23.67	28.83]	26	20	0.17	107	0.89
6	(28.83	34.00]	31	13	0.11	120	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

La mayoría de plantas presentaron un número de raíces en el rango de 13.33 a 28.83 raíces por planta. Según los datos mostrados en la Tabla 6 y Figura 6, 38 plantas (32 %) presentaron 21 raíces, 23 plantas (19 %) produjeron 16 raíces y 20 plantas (17 %) presentaron 26 raíces. La producción máxima y mínima para esta variable fue de 34 y 3.00 raíces por planta respectivamente.

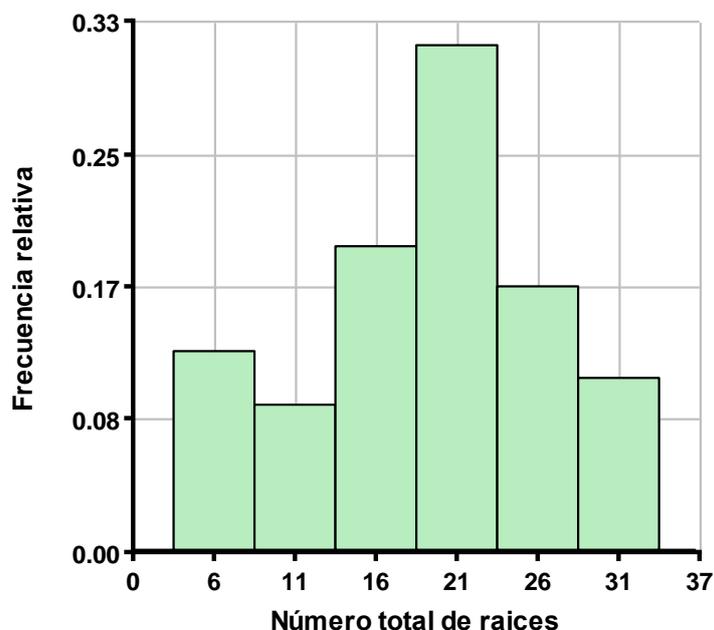


Figura 6. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el número total de raíces por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 7. Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.22	0.80]	0.51	23	0.19	23	0.19
2	(0.80	1.37]	1.08	39	0.33	62	0.52
3	(1.37	1.95]	1.66	32	0.27	94	0.78
4	(1.95	2.52]	2.23	19	0.16	113	0.94
5	(2.52	3.10]	2.81	02	0.02	115	0.96
6	(3.10	3.67]	3.38	05	0.04	120	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

Según los datos mostrados en la Tabla 7 y Figura 7, los valores 1.08, 1.66 y 0.51 de la variable peso total de raíces en kg/planta, fueron los que se observaron con mayor frecuencia, 39 plantas (33 %) mostraron una productividad de 1.08 kg/planta (29.96 t/ha), 32 plantas (27 %) tuvieron 1.66 kg/planta (45.94 t/ha), 23 plantas (19 %) mostraron una productividad de 0.51 kg/planta (13.99 t/ha), la productividad del 16 % de las plantas fue de 2.23 kg/planta (61.91 t/ha); el 6 % mostró una productividad variable entre 2.52 a 3.67 kg/planta (69.90 y 101.85 t/ha).

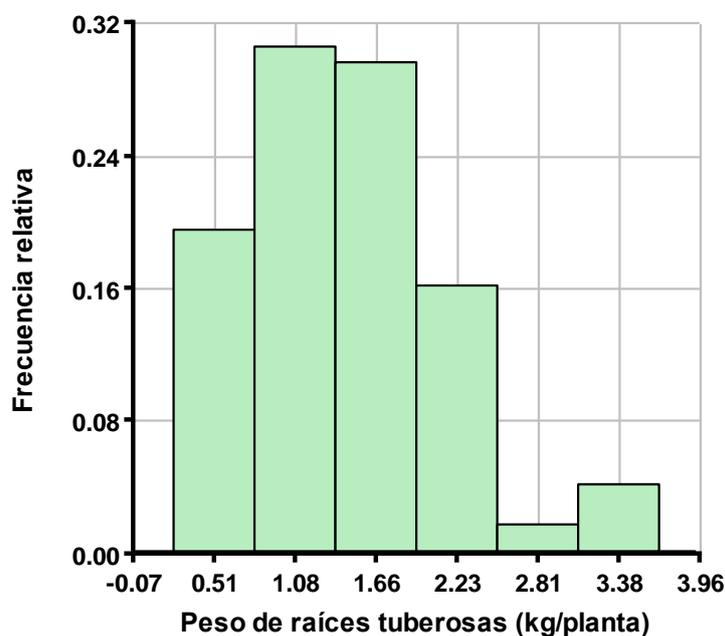


Figura 7. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (kg/planta), en el germoplasma de yacón, del morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 8. Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.00	2.33]	1	30	0.25	30	0.25
2	(2.33	4.67]	3	45	0.38	75	0.63
3	(4.67	7.00]	6	24	0.2	99	0.83
4	(7.00	9.33]	8	12	0.1	111	0.93
5	(9.33	11.67]	11	7	0.06	118	0.98
6	(11.67	14.00]	13	2	0.02	120	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

Según los datos mostrados en la Tabla 8 y Figura 8 los valores 03 y 01 de la variable número de raíces comerciales, fueron los que se observaron con mayor frecuencia, 45 plantas (38 %) tuvieron 03 raíces, 30 plantas (25 %) tuvieron 01 raíz, 24 plantas (20 %) tuvieron de 06 raíces, el 10 % de las plantas presentaron 08 raíces comerciales; 09 plantas presentaron un número variable entre 9.33 y 14.00 raíces por planta.

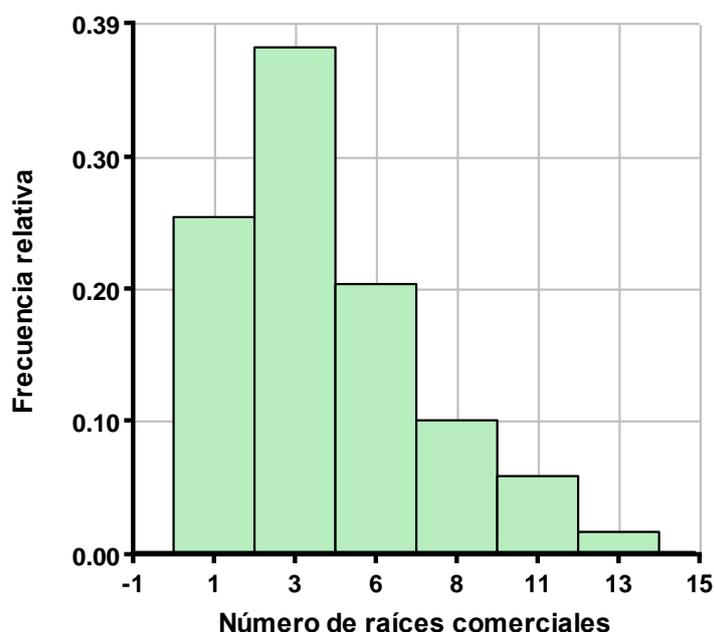


Figura 8. Histograma y polígono de frecuencias relativas para la cantidad de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, del morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 9. Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.10	0.56]	0.33	52	0.43	52	0.43
2	(0.56	1.02]	0.79	38	0.32	90	0.75
3	(1.02	1.48]	1.25	14	0.12	104	0.87
4	(1.48	1.93]	1.70	10	0.08	114	0.95
5	(1.93	2.39]	2.16	3	0.03	117	0.98
6	(2.39	2.85]	2.62	3	0.03	120	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

El valor 0.33 de la variable peso total de raíces comerciales en kg/planta, fue el que se observa con mayor frecuencia Tabla 9 y Figura 9, 52 plantas (43 %) mostraron una productividad de 0.33 kg/planta (9.15 t/ha) ,38 plantas (32 %) tuvieron una productividad de 0.79 kg/planta (21.88 t/ha), la productividad de 31 plantas (26 %) estuvo en un rango de 1.2 a 2.85 kg/planta, siendo este último la productividad máxima alcanzada por esta variable.

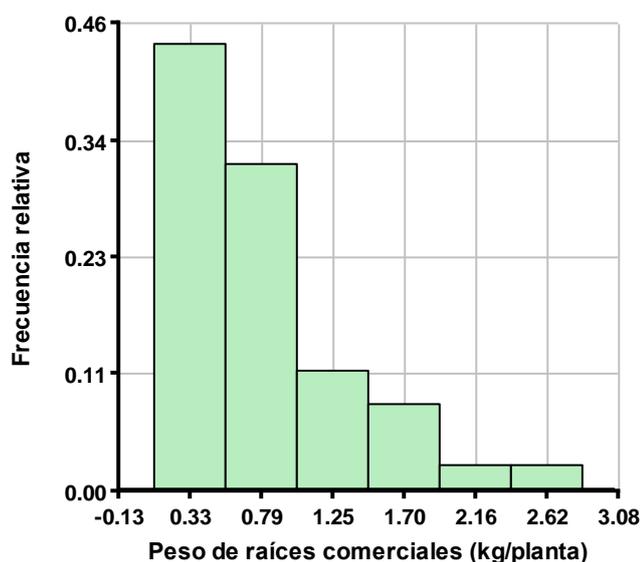


Figura 9. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso de raíces comerciales (kg/planta), en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.1.1.1. Correlaciones y regresiones para el morfotipo I

A continuación, se presentan las diversas correlaciones (Tabla 10) entre el peso de raíces (kg/planta) y las variables (altura de plantas, número de tallos, número de raíces y peso de corona o cepa) del morfotipo I. La mejor correlación se presenta entre el peso total de raíces y número de raíces, valor de $r= 0.64$ y coeficiente de determinación $r^2=0.415$, ambos indican que existe correlación moderada entre las dos variables, es necesario destacar que también existe una correlación nula entre el peso total de raíces y altura de planta, valores de $r = -0.199$ y con un coeficiente de determinación de $r^2= 0.0368$.

Tabla 10. Coeficientes de correlación y coeficientes de determinación para la relación entre productividad y variables relacionadas, morfotipo I.

	Altura de planta(m)	Número de tallos	Número de raíces	Peso de corona (kg/planta)
r	0.192	0.225	0.644	0.496
r²	0.0368	0.057	0.415	0.247

r = Coeficiente de correlación, r²= Coeficiente de determinación.

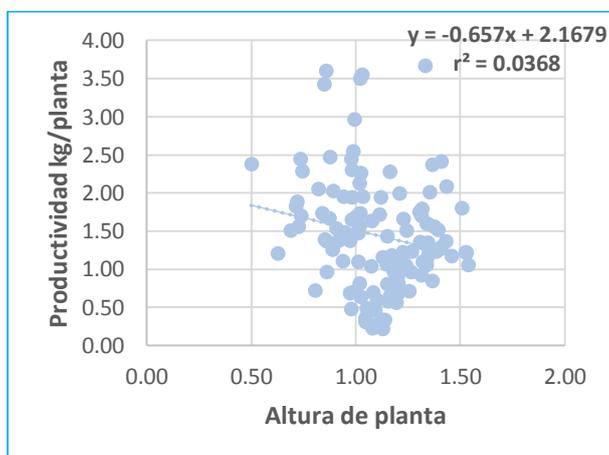


Figura 10. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y altura de planta (m), en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

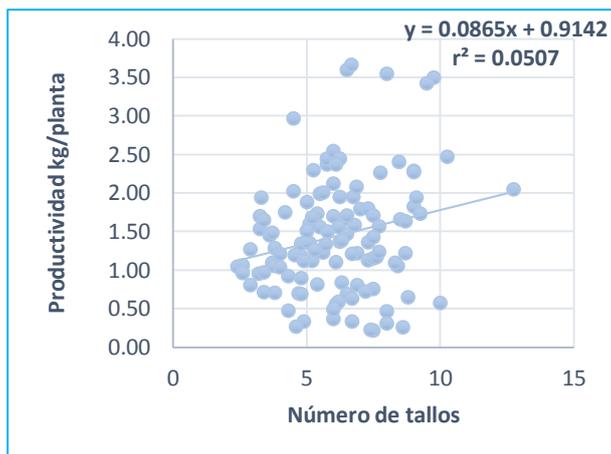


Figura 11. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y número de tallos, en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

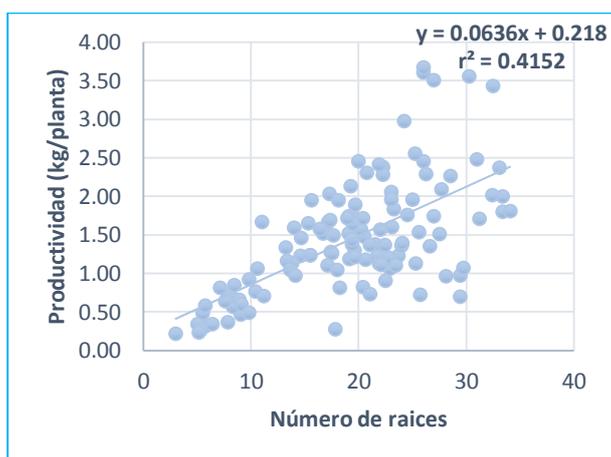


Figura 12. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y número de raíces, en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

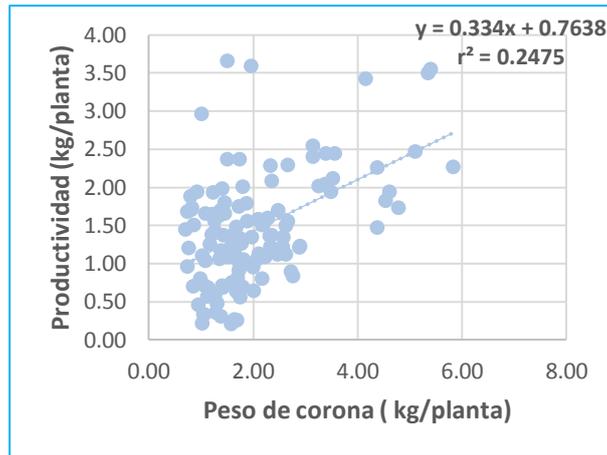


Figura 13. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y peso de corona (kg/planta), en el germoplasma de yacón, morfotipo I. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.1.2. MORFOTIPO II (Verde – Hualqui)

La productividad promedio para total de raíces (Tabla 11) fue de 1.67 kg/planta lo que representa 46.26 t/ha, con valores mínimos y máximos de 0.17 y 4.03 kg/planta (4.65 t/ha y 112.04 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión en productividad de ± 0.7 kg/planta, el valor promedio encontrado es menor al encontrado por Seminario *et al.* (2003) el cual reporta un rendimiento promedio de 119.1 t/ha de plantación de yacón en monocultivo y 83.3 t/ha en plantación asociada con maíz en un experimento realizado en el valle Cajamarca.

La altura de planta promedio alcanzado por el morfotipo II (Tabla 11) es de 0.93 m con valores mínimos y máximos de 0.56 m, y 1.58 m, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.23 m, considerando que no existen antecedentes para esta variable, no es posible contrastar esta información.

Para la variable número de tallos (Tabla 11) se encontró una media de 05 tallos por planta con valores mínimos y máximos de 03 y 09 tallos por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 01 tallo por planta, Seminario *et al.* (2003) reporta la presencia de 10 tallos por planta este valor, se encuentra dentro del rango encontrado en la presente investigación, sin embargo, el valor promedio seis tallos por planta encontrado proviene de la evaluación de cinco campañas lo que permite tener mayor precisión.

Seminario *et al.* (2003), en un estudio realizado en el valle Cajamarca de yacón asociado con maíz reporta una producción de 29.3 raíces por planta y 37.3 raíces por planta para plantación de yacón en monocultivo, en la presente investigación para esta variable (Tabla 12) se encontró una media de 18 raíces por planta con valores mínimos y máximos de 05 y 59 raíces por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 8 raíces por planta.

El número de raíces comerciales de este morfotipo (Tabla 11) presentó una media de 05 raíces por planta con valores mínimos y máximos de cero y 11 raíces por planta respectivamente, la desviación estándar nos indica que existe una dispersión en de ± 02 raíces por planta, sin embargo, Seminario *et al.* (2003) reporta un promedio de 22 raíces comerciales por planta para el morfotipo II en plantación asociada con maíz.

La productividad comercial media de este morfotipo (Tabla 11) fue de 1.04 kg/planta (28.94 t/ha), con un rango de producción de 0.04 a 2.42 kg/planta (1.04 a 67.08 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.49 kg/planta este valor menor al encontrado por Seminario *et al.* (2003) el cual reporta una producción de 70.8 t/ha para cultivo de yacón purpura asociado con maíz y una producción de 101.2 t/ha para plantación en monocultivo en el valle Cajamarca.

La productividad de corona del morfotipo II (Tabla 11) fue de 1.49 kg/planta lo que representa 41.20 t/ha, con valores mínimos y máximos de 0.48 y 3.88 kg/planta (13.19 t/ha y 107.78 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.69 kg/planta. Los valores encontrados son menores a los reportados por Seminario *et al.* (2003), estos son de 79.63 t/ha para cultivo asociado con maíz y de 103.70 t/ha para plantación en monocultivo.

Tabla 11. Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010,2014,2015 y 2016.

Resumen	Altura de planta (m)	Número de tallos/planta	Número total de raíces.	Peso total de raíces (kg/planta)	Número de raíces comercial	Peso de raíces comerciales (kg/planta)	Peso de corona (kg/planta)
Media	0.93	05	18	1.67	05	1.04	1.49
Mediana	0.93	05	18	1.67	05	1.01	1.39
Moda	0.83	05	20	1.71	05	0.48	1.6
D.E.	0.23	01	08	0.7	02	0.49	0.69
Mín.	0.56	03	05	0.17	00	0.04	0.48
Máx.	1.58	09	59	4.03	11	2.42	3.88

D.E= Desviación Estándar, Mín.= Mínimo, Máx.= Máximo

Tabla 12. Distribución de frecuencias del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, del morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[5.00	14.00]	10	46	0.37	46	0.37
2	(14.00	23.00]	19	56	0.45	102	0.82
3	(23.00	32.00]	28	21	0.17	123	0.98
4	(32.00	41.00]	37	01	0.01	124	0.99
5	(41.00	50.00]	46	00	00	124	0.99
6	(50.00	59.00]	55	01	0.01	125	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

La mayoría de plantas presentaron un número de raíces en el rango de 05 a 23 raíces por planta, según los datos mostrados en la Tabla 12 y Figura 14, 56 plantas (45 %) presentaron 19 raíces, 46 plantas (37 %) produjeron 10 raíces, 21 plantas (17 %) presentaron 28 raíces. La producción máxima y mínima para esta variable es de 59 y 5.00 raíces por planta respectivamente.

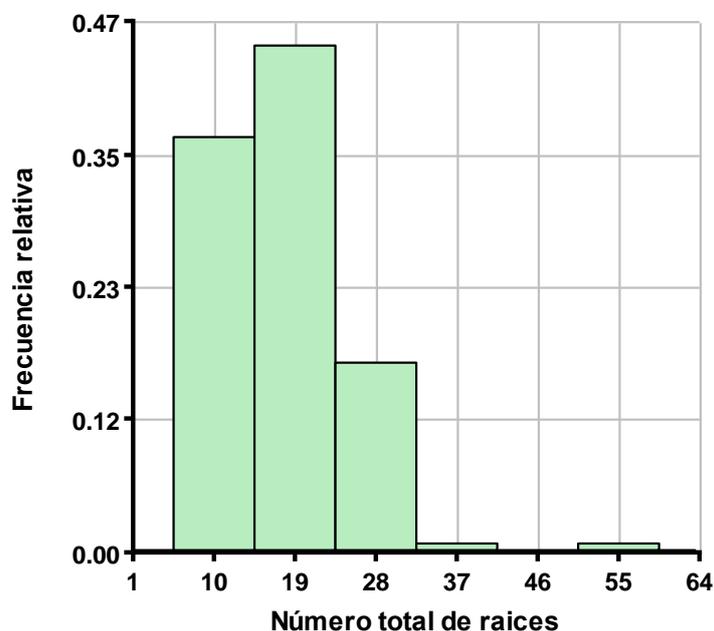


Figura 14. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el número de raíces por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 13. Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.17	0.81]	0.49	17	0.14	17	0.14
2	(0.81	1.46]	1.13	30	0.24	47	0.38
3	(1.46	2.10]	1.78	44	0.35	91	0.73
4	(2.10	2.74]	2.42	29	0.23	120	0.96
5	(2.74	3.39]	3.07	03	0.02	123	0.98
6	(3.39	4.03]	3.71	02	0.02	125	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA = Frecuencia relativa acumulada.

Según los datos mostrados en la Tabla 13 y Figura 15, los valores 1.78, 1.13 y 2.42 de la variable peso total de raíces en kg/planta, fueron los que se observaron con mayor frecuencia, 44 plantas (35 %) mostraron una productividad de 1.78 kg/planta , 30 plantas (24 %) alcanzaron una productividad de 1.14 kg/planta, 29 plantas (23 %) produjeron 2.42 kg/planta, el 14 % de las plantas mostraron una productividad de 0.49 kg/planta o menor; el 4 % mostró una productividad variable entre 2.74 y 4.03 kg/planta (76.24 y 112.04 t/ha).

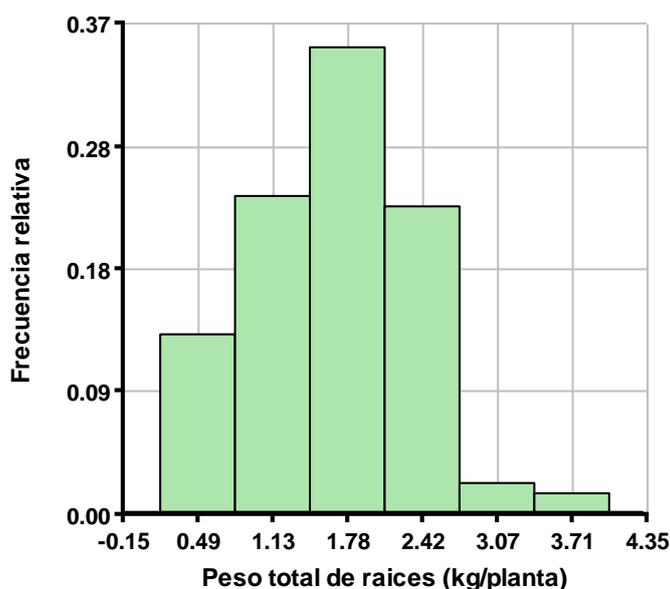


Figura 15. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (kg/planta), en el germoplasma de yacón, del morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 14. Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.25	2.06]	01	13	0.10	13	0.1
2	(2.06	3.87]	03	27	0.22	40	0.32
3	(3.87	5.68]	05	38	0.30	78	0.62
4	(5.68	7.48]	07	30	0.24	108	0.86
5	(7.48	9.29]	08	12	0.10	120	0.96
6	(9.29	11.10]	10	05	0.04	125	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA = Frecuencia relativa acumulada.

Según los datos mostrados en la Tabla 14 y Figura 16, los valores 5, 7 y 3 de la variable número de raíces comerciales, fueron los que se observaron con mayor frecuencia, 38 plantas (30 %) tuvieron 5 raíces, 30 plantas (24 %) tuvieron 7 raíces, 27 plantas (22 %) tuvieron de 3 raíces, el 13 % de las plantas presentaron 1 raíz comercial; 17 plantas presentaron un número variable entre 7.48 y 11.10 raíces comerciales por planta.

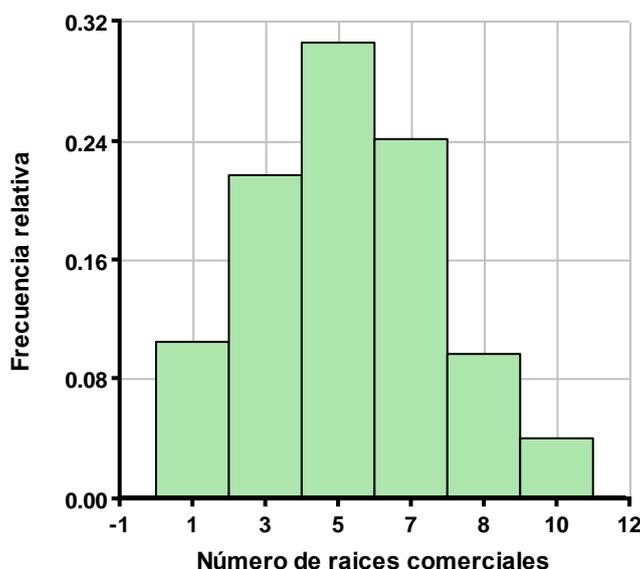


Figura 16. Histograma y polígono de frecuencias relativas para número de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 15. Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.04	0.44]	0.24	11	0.09	11	0.09
2	(0.44	0.83]	0.64	27	0.22	38	0.3
3	(0.83	1.23]	1.03	43	0.34	81	0.65
4	(1.23	1.63]	1.43	28	0.22	109	0.87
5	(1.63	2.02]	1.83	12	0.1	121	0.97
6	(2.02	2.42]	2.22	04	0.03	125	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

Los valores 1.03, 0.64 y 1.43 de la variable peso total de raíces comerciales kg/planta, fueron los que se observaron con mayor frecuencia Tabla 15 y Figura 17, 43 plantas (34 %) mostraron una productividad de 1.03 kg/planta (28.56 t/ha), la productividad de 27 plantas (22 %) fue de 0.64 kg/planta (38.56 t/ha), 27 plantas (22 %) tuvieron una productividad de 1.43 (17.55 t/ha) , solamente cuatro plantas evaluadas alcanzaron una productividad máxima promedio de 2.22 kg/planta (61.58 t/ha).

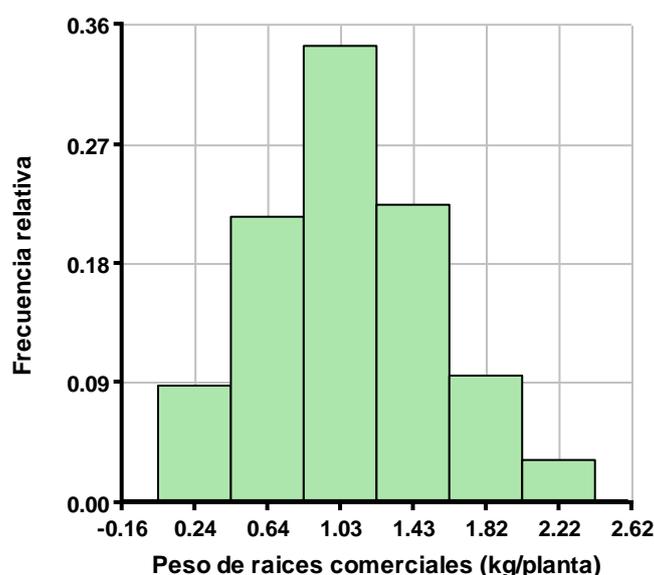


Figura 17. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso de raíces comerciales (kg/planta), en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.1.2.1. Correlaciones y regresiones para el morfotipo II

A continuación, se presentan las diversas correlaciones entre el peso de raíces (kg/planta) y las variables (altura de plantas, número de tallos, número de raíces y peso de corona) del morfotipo II (Tabla 16). La mejor correlación se presenta entre el peso total de raíces y número de raíces, valor de $r = 0.68$ y coeficiente de determinación $r^2 = 0.547$, ambos indican que existe correlación moderada entre las dos variables, de igual manera para la correlación entre peso de raíces y número de tallos. Las otras dos variables tienen poca influencia en la productividad de raíces.

Tabla 16. Coeficientes de correlación y coeficientes de determinación para la relación entre productividad y variables relacionadas, morfotipo II

	Altura de planta(m)	Número de tallos	Número de raíces	Peso de corona (kg/planta)
r	0.455	0.548	0.686	0.342
r²	0.2069	0.2998	0.4708	0.116

r = coeficiente de correlación, r^2 = coeficiente de determinación.

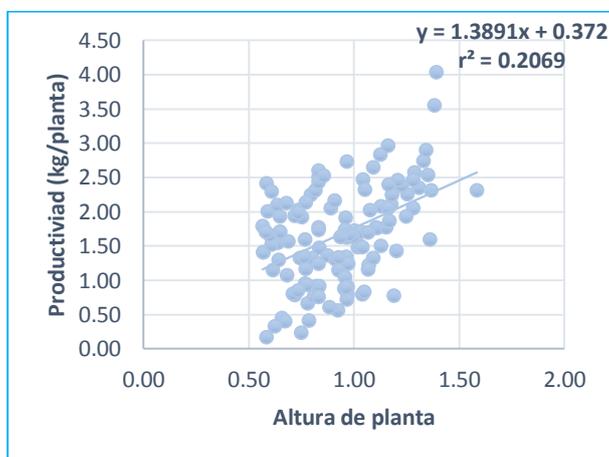


Figura 18. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y altura de planta (m), en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

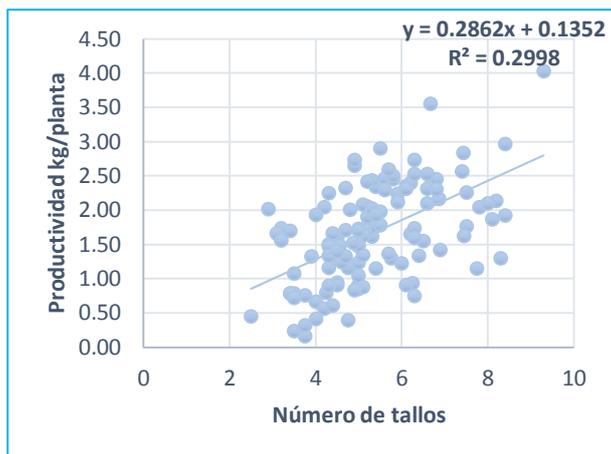


Figura 19. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y número de tallos, en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

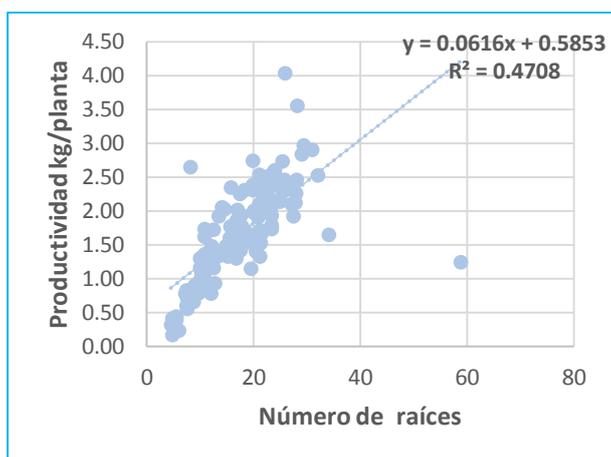


Figura 20. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y número de raíces, en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

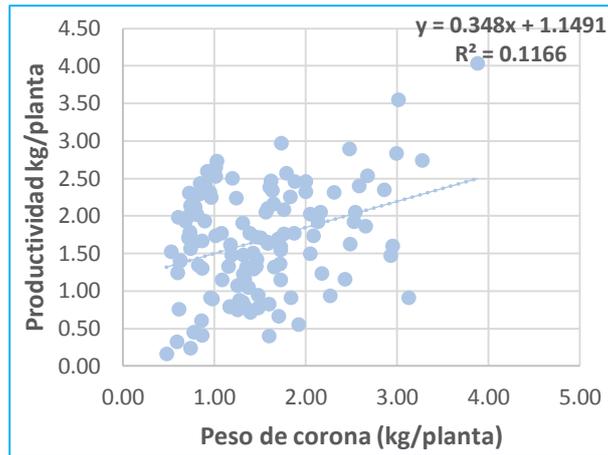


Figura 21. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y peso de corona (kg/planta), en el germoplasma de yacón, morfotipo II. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.1.3. MORFOTIPO III. (Verde claro- Otuzco)

La productividad promedio de raíces (Tabla 17) es de 1.43 kg/planta (39.58 t/ha), con valores mínimos y máximos de 0.12 y 6.94 kg/planta (3.31 y 192.71 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión en productividad de ± 0.85 kg/planta. Los valores encontrados son menores a los encontrados por Seminario *et al.* (2003) el cual reporta una producción media de 115.4 t/ha de plantación de yacón en monocultivo y 88.5 t/ha en plantación asociado con maíz en un experimento realizado en el valle Cajamarca.

La altura promedio de planta alcanzada por el morfotipo III (Tabla 17) fue de 0.71 m. con valores mínimos y máximos de 0.23 m, y 1.80 m, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.23 m. Balladares y Trávez (2009) reporta una altura variable de 0.90 m a 1.06 m teniendo en consideración que estos datos no necesariamente son para el mismo morfotipo.

Para la variable número de tallos (Tabla 17) se encontró una media de 06 tallos por planta con valores mínimos y máximos de 02 y 12 tallos por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 2 tallos por planta. Seminario *et al.* (2003). Reporta 08 tallos por planta este valor, se encuentra dentro del rango encontrado en la presente investigación, sin embargo, el valor promedio 06 tallos por planta encontrado proviene de la evaluación de cinco campañas que permiten tener una mayor precisión.

Seminario *et al.* (2003) en un estudio realizado en el valle Cajamarca de cultivo de yacón asociado con maíz reporta una producción de 29.3 raíces por planta y 29.6 raíces por planta para el morfotipo III en monocultivo. En la presente investigación para esta variable (Tabla 17) se encontró una media de 14 raíces por planta con valores mínimos y máximos de 02 y 42 raíces por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 06 raíces por planta.

El número promedio de raíces comerciales (Tabla 17) fue de 04 raíces por planta con valores mínimos y máximos de cero y 19 raíces por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 03 raíces comerciales por planta, sin embargo, Seminario *et al.* (2003). Reporta

un promedio de 24 raíces comerciales por planta para el morfotipo III en plantación asociada con maíz y 25 raíces por planta para plantación en monocultivo.

La productividad comercial media del morfotipo III (Tabla 17) es de 0.97 kg/planta (26.94 t/ha), con un rango productivo de 0.13 y 5.38 kg/planta (3.47 a 149.31 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.61 kg/planta, los valores encontrados son similares a los encontrados por Seminario *et al.* (2003). El cual reporta una productividad de 70.8 t/ha para yacón purpura asociado con maíz y una producción de 101.2 t/ha para plantación en monocultivo en el valle Cajamarca, estos valores se encuentran dentro del rango obtenido en el presente estudio.

La productividad media de corona del morfotipo III (Tabla 17) fue de 1.3 kg/planta (36.16 t/ha), con valores mínimos y máximos de 0.04 y 3.32 kg/planta (1.03 t/ha y 92.22 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.68 kg/planta. Los valores encontrados son menores a los reportados por Seminario *et al.* (2003), estos son de 79.63 t/ha para cultivo de yacón asociado con maíz y de 103.70 t/ha para plantación en monocultivo.

Tabla 17. Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Resumen	Altura de planta (m)	Número de tallos	Número total de raíces	Peso total de raíces (kg/planta)	Número de raíces comercial.	Peso de raíces comerciales (kg/planta)	Peso de corona (kg/planta)
Media	0.71	06	14	1.43	04	0.97	1.3
Mediana	0.72	05	14	1.35	04	0.85	1.17
Moda	0.66	05	15	1.35	05	0.9	2.0125
D.E.	0.23	02	06	0.85	03	0.61	0.68
Mín.	0.23	02	02	0.12	00	0.13	0.04
Máx.	1.8	12	42	6.94	19	5.38	3.32

D.E= Desviación Estándar, Mín.= Mínimo, Máx.= Máximo

Tabla 18. Distribución de frecuencias del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, del morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[2.00	8.58]	05	40	0.2	40	0.2
2	(8.58	15.17]	12	92	0.45	132	0.64
3	(15.17	21.75]	18	54	0.26	186	0.91
4	(21.75	28.33]	25	17	0.08	203	0.99
5	(28.33	34.92]	32	01	0.0049	204	1
6	(34.92	42.00]	38	01	0.0049	205	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

La mayoría de plantas presentaron un número de raíces en el rango de 02 a 21.75 raíces por planta. Según los datos mostrados en la Tabla 18 y Figura 22, 92 plantas (45 %) presentaron 12 raíces, 54 plantas (26 %) produjeron 18 raíces y 40 plantas (20 %) presentaron cinco raíces. La producción máxima y mínima para esta variable es de 42 y 02 raíces por planta respectivamente.

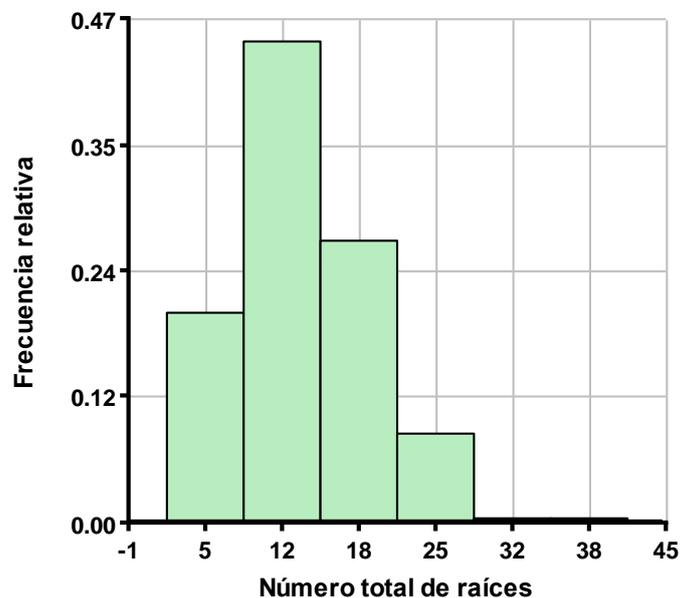


Figura 22. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el número de raíces por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 19. Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.12	1.26]	0.69	92	0.45	92	0.45
2	(1.26	2.39]	1.83	87	0.42	179	0.87
3	(2.39	3.53]	2.96	23	0.11	202	0.99
4	(3.53	4.67]	4.1	02	0.01	204	1
5	(4.67	5.80]	5.24	00	0.000	204	1
6	(5.80	6.94]	6.37	01	0.005	205	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

La productividad de gran parte de plantas fue de 0.69 kg/planta (19.09 t/ha) que representa el 45 % de la producción total para el morfotipo III. Según los datos mostrados en la Tabla 19 y Figura 23 la productividad varió de 0.12 a 6.94 kg/planta (3.31 t/ha a 176.93 t/ha) este último valor fue alcanzado solamente por una planta de las evaluadas, ninguna planta alcanzó una productividad entre los límites 4.67 y 5.80 kg/planta.

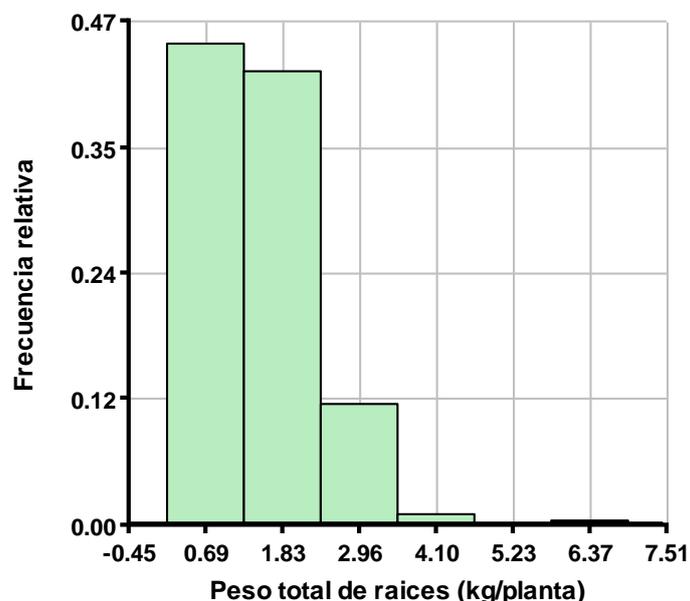


Figura 23. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (kg/planta), en el germoplasma de yacón, del morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 20. Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.10	3.25]	02	81	0.40	81	0.4
2	(3.25	6.40]	05	88	0.43	169	0.82
3	(6.40	9.55]	08	31	0.15	200	0.98
4	(9.55	12.70]	11	02	0.01	202	0.99
5	(12.70	15.85]	14	00	0.00	202	0.99
6	(15.85	19.00]	17	03	0.01	205	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

Según los datos mostrados en la Tabla 20 y Figura 24, los valores 05, 08 y 02 de la variable número de raíces comerciales, fueron los que se observaron con mayor frecuencia, 88 plantas (43 %) tuvieron 05 raíces ,81 plantas (40 %) tuvieron dos raíces, 31 plantas (15 %) tuvieron de 08 raíces, el 02 % de las plantas presentaron entre 9.55 a 19.00 raíces.

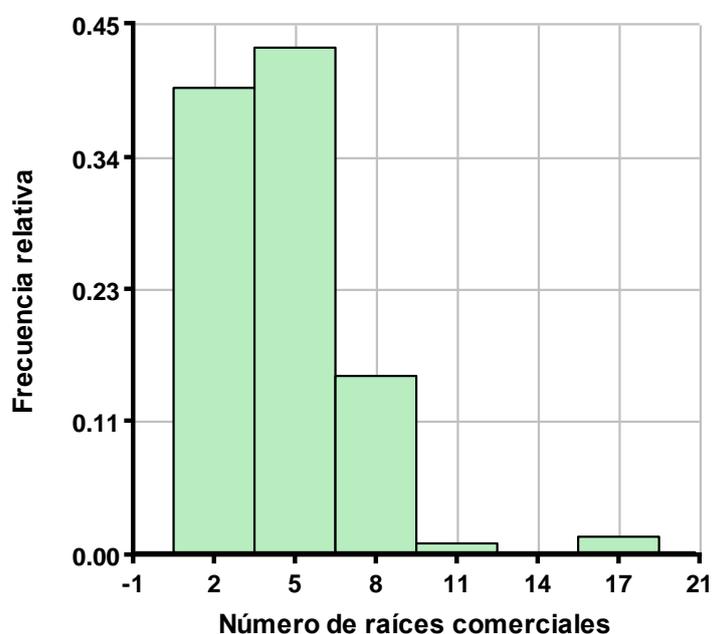


Figura 24. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el número de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 21. Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.13	1.01]	0.57	129	0.63	129	0.63
2	(1.01	1.88]	1.44	61	0.30	190	0.93
3	(1.88	2.76]	2.32	14	0.07	204	1
4	(2.76	3.63]	3.19	00	0.00	204	1
5	(3.63	4.51]	4.07	00	0.00	204	1
6	(4.51	5.38]	4.94	01	0.005	205	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

Los valores 0.57 y 1.44 de la variable peso total de raíces comerciales en kg/planta, fueron los que se observaron con mayor frecuencia Tabla 21 y Figura 25, 129 plantas (63 %) mostraron una productividad de 0.57 kg/planta (15.62 t/ha) , 61 plantas (30 %) tuvieron una productividad de 1.44 kg/planta (39.93 t/ha), 14 plantas (7 %) tuvieron una productividad de 2.32 kg/planta (39.93 t/ha) tan solo el 0.5 % de las plantas evaluadas mostraron una productividad de 4.94 kg/planta.

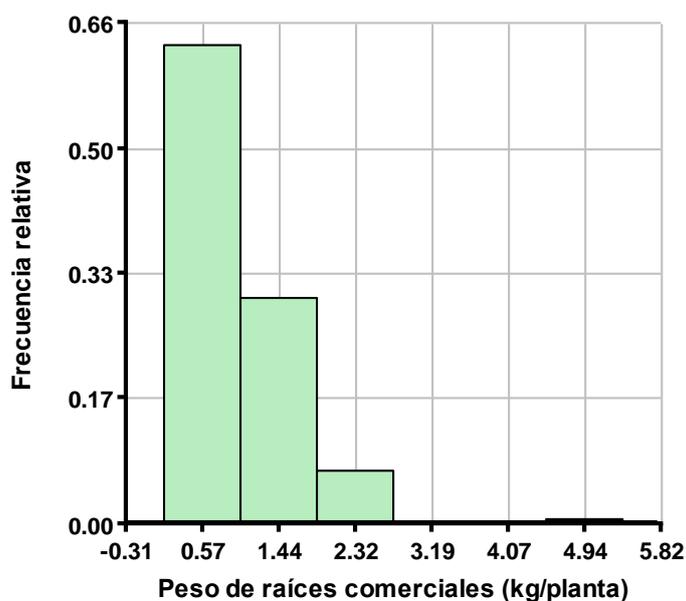


Figura 25. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso raíces comerciales (kg/planta), en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.1.3.1. Correlaciones y regresiones para el morfotipo III

A continuación, se presentan las diversas correlaciones (Tabla 22) entre el peso de raíces (kg/planta) y las variables (altura de plantas, número de tallos, número de raíces y peso de corona) del morfotipo III. La mejor correlación se presenta entre el peso total de raíces y número de raíces, valor de $r = 0.717$ y coeficiente de determinación $r^2 = 0.515$, ambos indican que existe alta correlación entre las dos variables, es necesario destacar que también existe una correlación moderada entre el peso total de raíces y peso de corona, valores de $r = 0.511$ y con un coeficiente de determinación de $r^2 = 0.261$.

Tabla 22. Coeficientes de correlación y coeficientes de determinación para la relación entre productividad y variables relacionadas, morfotipo III.

	Altura de planta(m)	Número de tallos	Número de raíces	Peso de corona (kg/planta)
r	0.241	0.118	0.717	0.511
r²	0.058	0.014	0.515	0.261

$r =$ coeficiente de correlación, $r^2 =$ coeficiente de determinación.

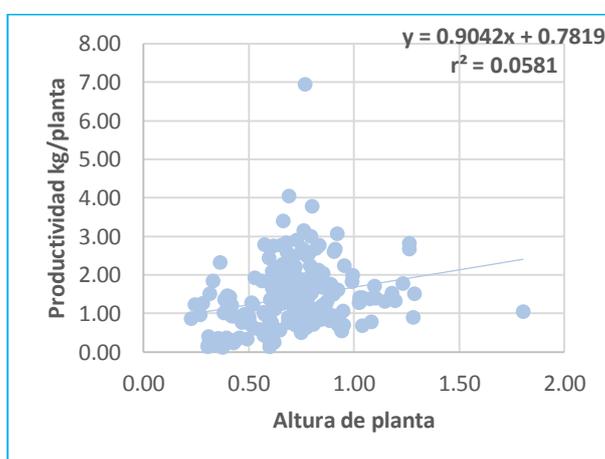


Figura 26. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y altura de planta (m), en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

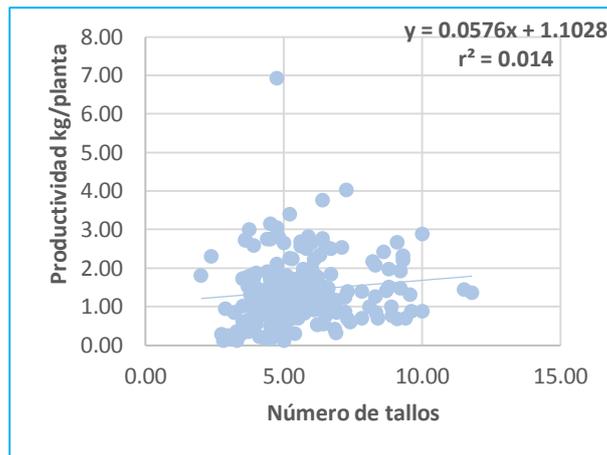


Figura 27. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y número de tallos, en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

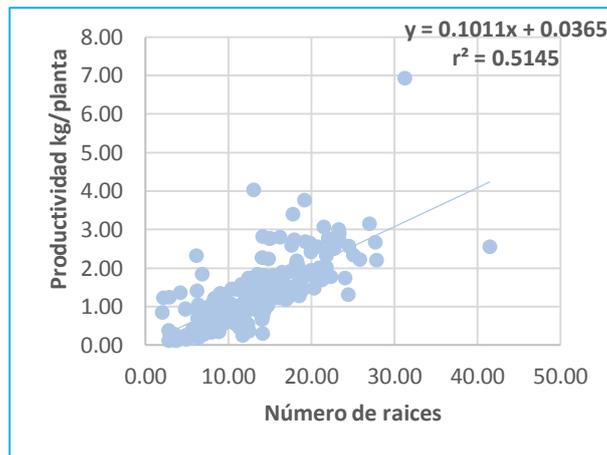


Figura 28. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) número de raíces en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

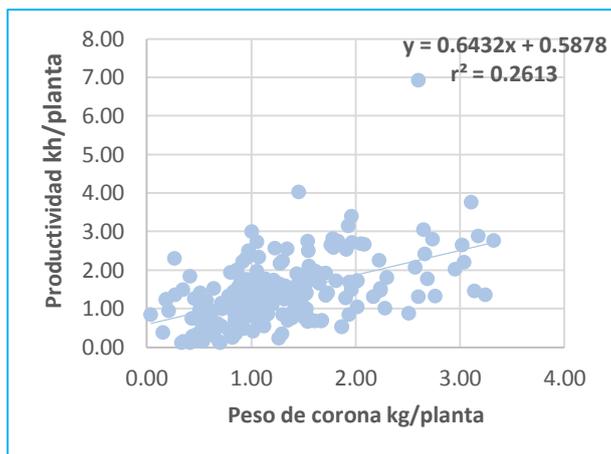


Figura 29. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y peso de corona (kg/planta), en el germoplasma de yacón, morfotipo III. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.1.4. MORFOTIPO IV. (San Ignacio)

La productividad promedio para el morfotipo IV (Tabla 23) es de 2.15 kg/planta (62.45 t/ha), con valores mínimos y máximos de 0.38 y 4.25 kg/planta (10.65 y 118.06 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 1.23 kg/planta, al respecto (Manrique 2004) reporta una producción variable entre 20 y 40 t/ha, (Valderrama 2005) en un experimento realizado en el valle Condebamba yacón propagado por corona o cepa reporta un rendimiento que varía de 35 a 61 t/ha y para el cultivar propagado por esquejes enraizados reporta rendimiento de 20 a 57 t/ha estos experimentos se realizó bajo la influencia de abonamiento con gallinaza a razón de 5 t/ha. El rendimiento promedio nacional es de 20 t/ha (INEI 2014), los reportes aquí mencionados son referencia de producción general no específicamente para este morfotipo.

La altura de planta promedio para el morfotipo IV (Tabla 23) fue de 1.03 m con un rango de 0.47 m, y 1.61 m, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.34 m, para la variable número de tallos (Tabla 23) se encontró una media de 05 tallos por planta con valores mínimos y máximos de 01 y 09 tallos por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 02 tallos por planta. Al no existir datos específicos para estas variables no es posible contrastar tal información.

Seminario *et al.* (2003) en un experimento realizado en el valle Cajamarca donde se evaluó la productividad de yacón asociado con maíz reporta un rendimiento variable entre 26 y 29.3 raíces por planta y de 29.6 a 37.3 raíces para plantación en monocultivo, los datos referidos han sido obtenidos para otros morfotipos. En la presente investigación para esta variable (Tabla 23) se encontró una media de 19 raíces por planta con valores mínimos y máximos de 05 y 38 raíces por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 9 raíces por planta.

El número promedio de raíces comerciales del morfotipo IV (Tabla 23) fue de 05 raíces por planta con valores mínimos y máximos de 01 y 10 raíces por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 03 raíces por planta. La productividad comercial media de este morfotipo (Tabla 23) es de 1.46 kg/planta (40.39 t/ha), con un rango de producción de 0.17 a 3.3

kg/planta (4.63 a 91.67 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 1.09 kg/planta. Al no existir información específica para este morfotipo no es posible contrastar la información.

La productividad de corona del morfotipo IV (Tabla 23) fue de 3.34 kg/planta (92.86 t/ha), con valores mínimos y máximos de 0.6 y 7.85 kg/planta (16.67 t/ha y 218.06 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 2.61 kg/planta. Los valores encontrados son menores a los reportados por Seminario *et al.* (2003), estos son de 79.63 t/ha para cultivo asociado con maíz y de 103.70 t/ha para plantación en monocultivo, el reporte mencionado es referencial dado que no es específico para este morfotipo.

Tabla 23. Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010,2014,2015 y 2016.

Resumen	Altura de planta (m)	Número de tallos	Número total de raíces	Peso total de raíces (kg/planta)	Número de raíces comercial	Peso de raíces comerciales	Peso de corona (kg/planta)
Media	1.03	05	19	2.15	05	1.46	3.34
Mediana	0.99	05	18	1.86	05	1.3	2.17
Moda	0.985	05	24	4.25	10	3.3	7.85
D.E.	0.34	02	09	1.23	03	1.09	2.61
Mín.	0.47	01	05	0.38	01	0.17	0.6
Máx.	1.61	09	38	4.25	10	3.3	7.85

D.E= Desviación Estándar, Mín.= Mínimo, Máx.= Máximo

Tabla 24. Distribución de frecuencias del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, del morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[5.00	16.00]	11	05	0.5	5	0.5
2	(16.00	27.00]	22	04	0.4	9	0.9
3	(27.00	38.00]	33	01	0.1	10	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

La mayoría de plantas presentaron un número de raíces en el rango de 05 a 27 raíces por planta. Según los datos mostrados en la Tabla 24 y Figura 30, el 50 % presentaron 11 raíces, el 40 % de las plantas evaluadas produjeron 22 raíces, solo el 10 % de plantas produjeron entre 27 y 38 raíces.

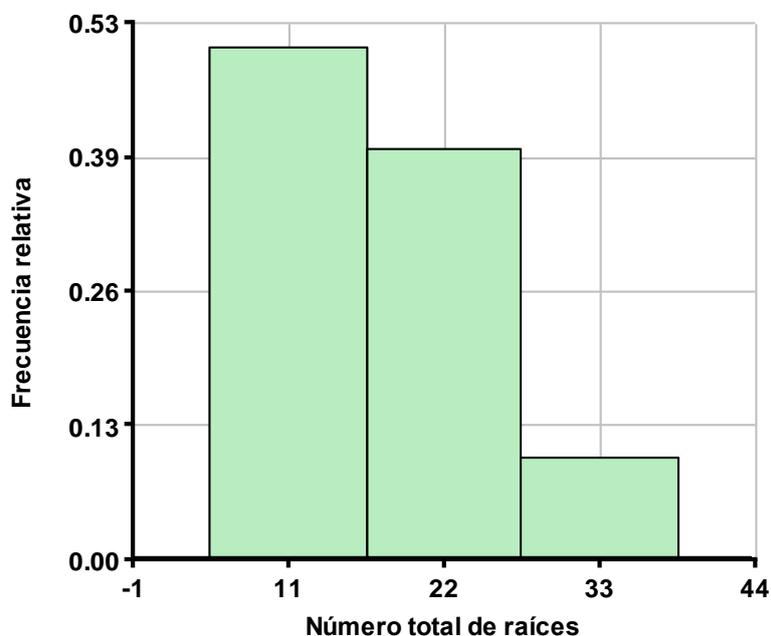


Figura 30. Histograma y polígono de frecuencias relativas del número de raíces por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 25. Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.38	1.67]	1.02	04	0.4	04	0.4
2	(1.67	2.96]	2.31	04	0.4	08	0.8
3	(2.96	4.25]	3.60	02	0.2	10	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

Según el agrupamiento de frecuencias Tabla 25 y Figura 31, la productividad más frecuente para el morfotipo IV fue de; 2.31 y 1.02 kg/planta (64.36 y 28.55 t/ha) que nos indica que el 80 % de plantas evaluadas mostraron esta productividad, la productividad varió de 0.38 a 4.25 kg/planta (10.65 t/ha a 118.06 t/ha) , solamente el 20 % de las plantas evaluadas alcanzaron una producción media máxima de 3.60 kg/planta (100.16 t/ha).

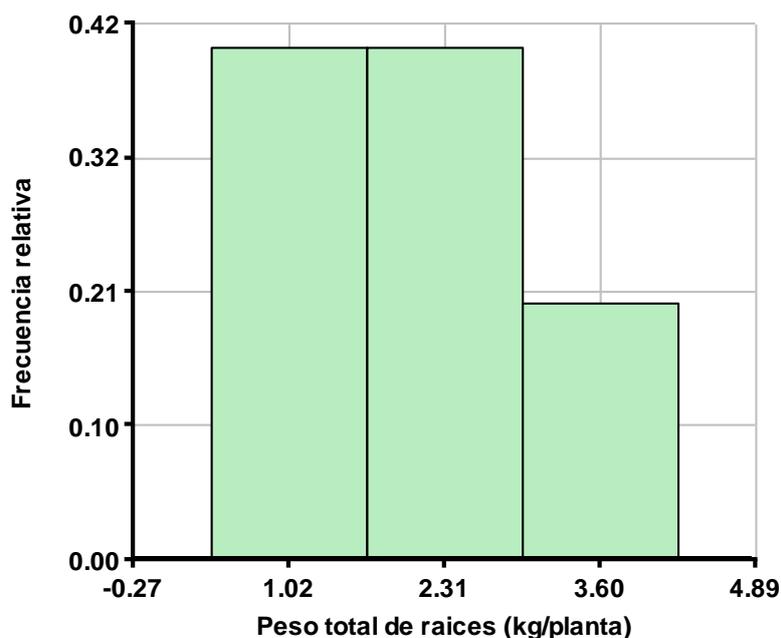


Figura 31. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (kg/planta), en el germoplasma de yacón, del morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 26. Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.67	3.78]	02	04	0.4	04	0.4
2	(3.78	6.89]	05	03	0.3	07	0.7
3	(6.89	10.00]	08	03	0.3	10	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

En la distribución de frecuencias Tabla 26 y Figura 32 indica que; el 70 % de las plantas evaluadas presentaron una cantidad variable de raíces de 01 a 07 raíces por planta y tan solo el 30 % alcanzó un valor medio (clase 3) de 08 raíces comerciales por planta.

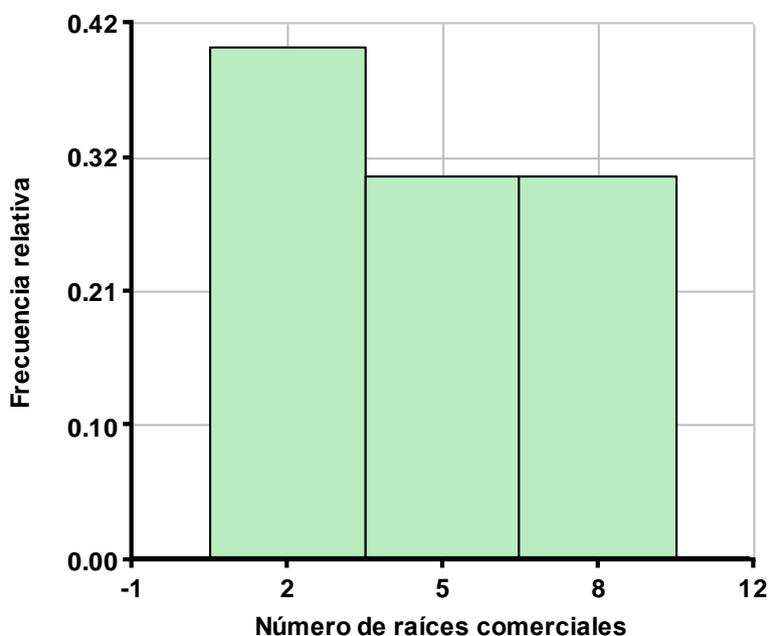


Figura 32. Histograma y polígono de frecuencia relativas para la cantidad de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 27. Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.17	1.21]	0.69	05	0.5	05	0.5
2	(1.21	2.26]	1.74	03	0.3	08	0.8
3	(2.26	3.30]	2.78	02	0.2	10	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

Según el agrupamiento de frecuencias Tabla 27 y Figura 33 la productividad comercial más frecuente para el morfotipo IV fue de; 0.69 kg/planta (19.14 t/ha) que nos indica que el 50 % de plantas evaluadas mostraron esta productividad, la productividad varió de 0.17 a 3.30 kg/planta (4.63 t/ha a 91.67 t/ha), solamente el 20 % de las plantas evaluadas alcanzó una productividad media máxima de 2.78 kg/planta (77.16 t/ha).

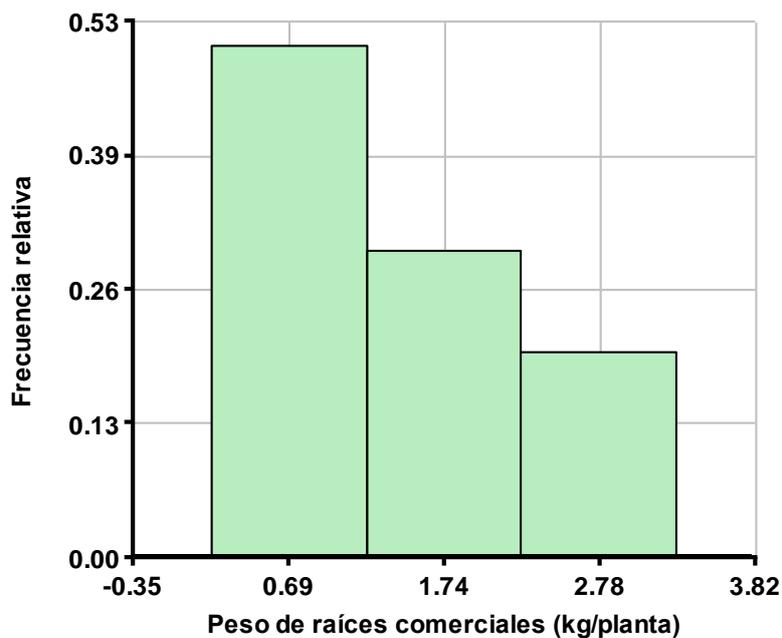


Figura 33. Histograma y polígono de frecuencia relativas para el peso raíces comerciales (kg/planta), en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.1.4.1. Correlaciones y regresiones para el morfotipo IV

A continuación, se presentan las diversas correlaciones (Tabla 28) entre el peso de raíces (kg/planta) y las variables (altura de plantas, número de tallos, número de raíces y peso de corona) del morfotipo IV. La mejor correlación se presenta entre el peso total de raíces y peso de corona, valor de $r = 0.918$ y coeficiente de determinación $r^2 = 0.84$, ambos indican que existe muy alta correlación entre las dos variables, es necesario destacar que también existe una correlación moderada entre el peso total de raíces y número de raíces, valore de $r = 0.553$ y con un coeficiente de determinación de $r^2 = 0.3059$.

Tabla 28. Coeficientes de correlación y coeficientes de determinación para la relación entre productividad y variables relacionadas, morfotipo IV.

	Altura de planta(m)	Número de tallos	Número de raíces	Peso de corona (kg/planta)
r	0.239	0.156	0.553	0.918
r²	0.0573	0.0244	0.3059	0.8436

r= Coeficiente de correlación, r^2 = Coeficiente de determinación.

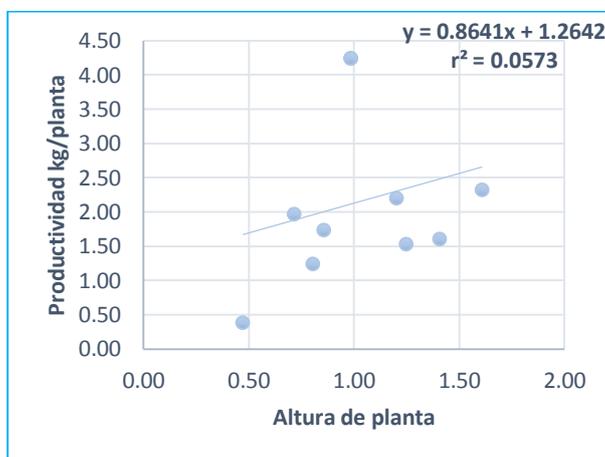


Figura 34. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y altura de planta (m), en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

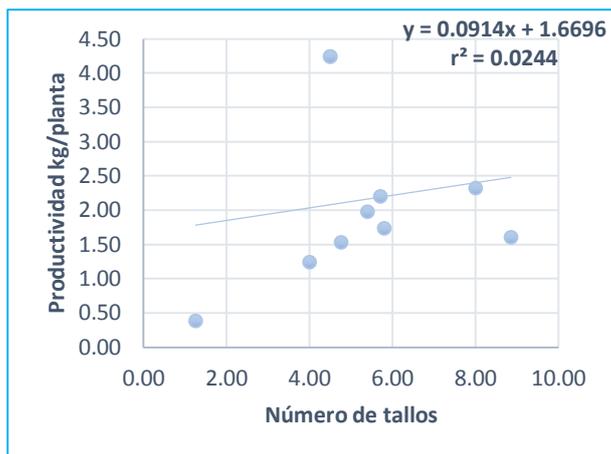


Figura 35. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y número de tallos, en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

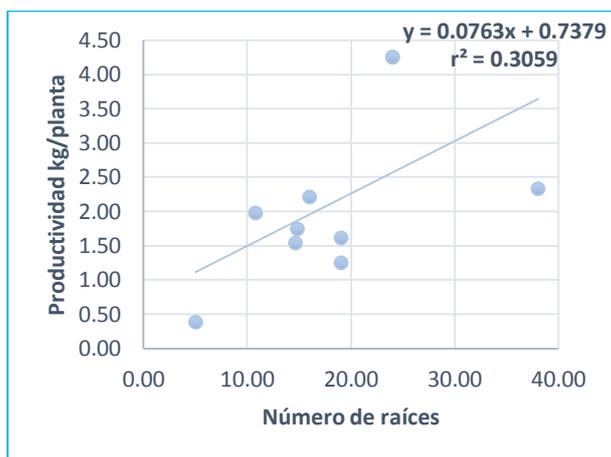


Figura 36. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y número de raíces, en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

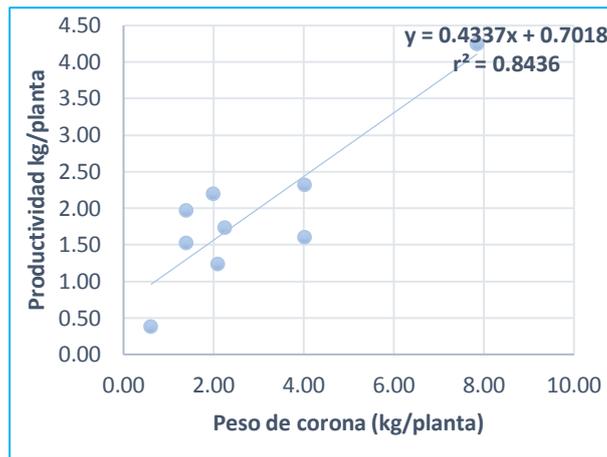


Figura 37. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y peso de corona (kg/planta), en el germoplasma de yacón, morfotipo IV. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.1.5. Morfotipo V (Cachachi)

La productividad promedio obtenido para el morfotipo V (Tabla 29) fue de 1.74 kg/planta (48.39 t/ha), con valores mínimos y máximos de 1.15 y 2.6 kg/planta (31.96 y 72.22 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de 0.53 kg/planta, al respecto (Manrique 2004) reporta una producción variable entre 20 y 40 t/ha, (Valderrama 2005) en una experimentación realizada en el valle Condebamba para cultivar propagado por corona o cepa menciona una producción en el rango de 35 a 61 t/ha y para el cultivar propagado por esquejes enraizados se reporta un rendimiento de 20 a 57 t/ha estos experimentos fueron realizados bajo la influencia de abonamiento con gallinaza a razón de 5 t/ha. El rendimiento promedio nacional es de 20 t/ha (INEI 2014), los reportes mencionados son referencia de producción general no específicamente para este morfotipo.

La altura de planta (Tabla 30) presenta una media de 0.71 m. con un rango de 0.16 m y 1,01 m, la desviación estándar indica que existe una dispersión de $\pm 0,34$ m. Para la variable número de tallos (Tabla 29) se encontró una media de 05 tallos por planta, con valores mínimos y máximos de 04 y 07 tallos por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 01 tallos por planta. Al no existir datos específicos para estas variables no es posible contrastar tal información.

Seminario *et al.* (2003) en un experimento realizado en el valle Cajamarca donde se evaluó el rendimiento de yacón asociado con maíz se reporta una producción variable entre 26 y 29.3 raíces por planta y de 29.6 a 37.3 raíces por planta para plantación de yacón en monocultivo, los datos referidos han sido obtenidos para otros morfotipos. En la presente investigación para esta variable (Tabla 29) se encontró una media de 14 raíces por planta con valores mínimos y máximos de 09 y 21 raíces por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión en productividad de ± 05 raíces por planta.

Respecto al número de raíces comerciales por planta (Tabla 29) el morfotipo V presentó una media de 05 raíces por planta con valores mínimos y máximos de 03 y 08 raíces por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión en productividad de ± 02 raíces por planta. La productividad comercial media de este morfotipo (Tabla 29) es de 1.09 kg/planta (30.18 t/ha), con un rango de producción de 0.68 a 1.58 kg/planta (18.75 a 43.75 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.32 kg/planta. Al no existir información específica para este morfotipo no es posible contrastar la información.

La productividad de corona (Tabla 29) es de 1.63 kg/planta (45.18 t/ha), con valores mínimos y máximos de 0.81 y 3.84 kg/planta (22.43 t/ha y 106.74 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 1.25 kg/planta. Los valores encontrados son menores a los reportados por Seminario *et al.* (2003), estos son de 79.63 t/ha para cultivo asociado con maíz y de 103.70 t/ha para plantación en monocultivo, el reporte mencionado es meramente referencial dado que no es específico para este morfotipo.

Tabla 29. Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010,2014,2015 y 2016.

Resumen	Altura de planta (m)	Número de tallos	Número total de raíces	Peso total de raíces (kg/planta)	Número de raíces comerciales.	Peso de raíces comerciales.	Peso de corona (kg/planta)
Media	0.71	05	14	1.74	05	1.09	1.63
Mediana	0.73	05	15	1.65	04	1.06	1.15
Moda	0.71	05	14	1.74	05	1.09	1.63
D.E.	0.34	01	05	0.53	02	0.32	1.25
Mín.	0.16	04	09	1.15	03	0.68	0.81
Máx.	1.01	07	21	2.6	08	1.58	3.84

D.E= Desviación Estándar, Mín.= Mínimo, Máx.= Máximo

Tabla 30. Distribución de frecuencias del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, del morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[09.00	12.51]	11	02	0.4	02	0.4
2	(12.51	17.00]	15	02	0.4	04	0.8
3	(17.00	21.00]	19	01	0.2	05	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

La mayoría de plantas presentaron un número de raíces en el rango de 9 a 17 raíces por planta, según los datos mostrados en la Tabla 30 y Figura 38, el 80 % de plantas evaluadas en este morfotipo mostraron una producción media (MC) entre 11 y 15 raíces, el 20 % de plantas evaluadas produjo de 17 a 21 raíces por planta con una marca de clase (MC) de 19 raíces por planta.

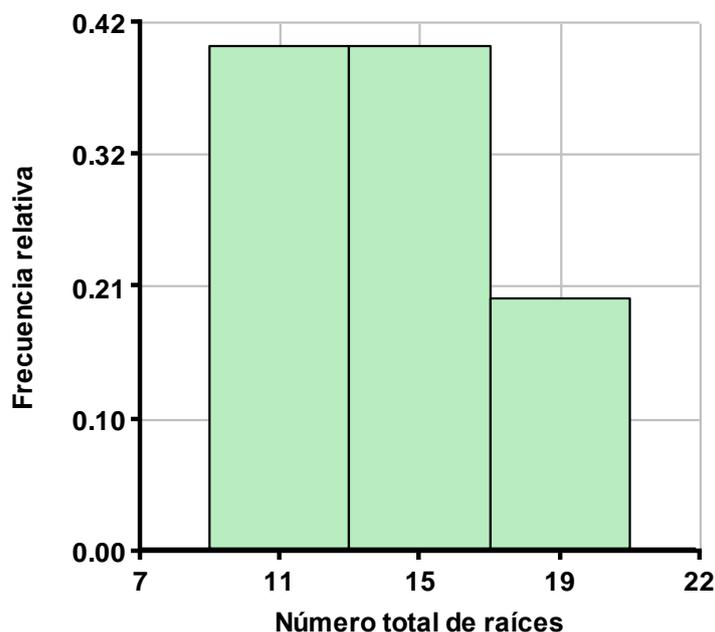


Figura 38. Histograma y polígono de frecuencias relativas del número de raíces por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 31. Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) del germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[1.15	1.63]	1.39	02	0.4	02	0.4
2	(1.63	2.12]	1.88	02	0.4	04	0.8
3	(2.12	2.60]	2.36	01	0.2	05	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

Según el agrupamiento de frecuencias Tabla 31 y Figura 39, la productividad más frecuente para el morfotipo V fue de 1.39 y 1.88 kg/planta (38.67 t/ha y 52.09 t/ha), ambos valores representan la producción del 80 % de plantas evaluadas, el 20 % de las plantas evaluadas alcanzaron una producción media máxima (MC) de 2.36 kg/planta (65.51 t/ha).

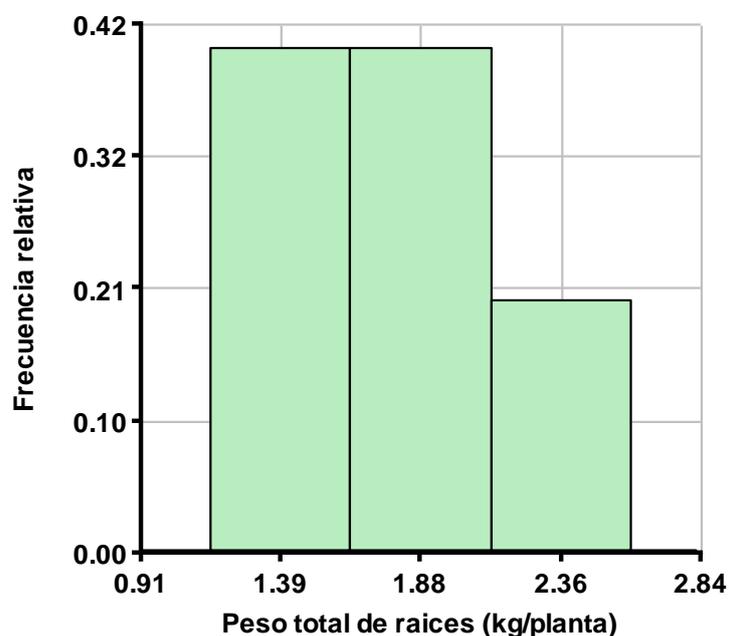


Figura 39. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (kg/planta), en el germoplasma de yacón, del morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 32. Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[2.88	4.67]	4.00	03	0.60	03	0.60
2	(4.67	6.46]	6.00	01	0.20	04	0.80
3	(6.46	8.25]	7.00	01	0.20	05	1.00

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

En la distribución de frecuencias representadas en la Tabla 32 y Figura 40 muestra que; el 60 % de las plantas evaluadas presentaron una cantidad variable de raíces de 2.88 a 4.67 raíces por planta y tan solo el 20 % alcanzó un valor medio máximo (clase 3) de 07 raíces comerciales por planta.

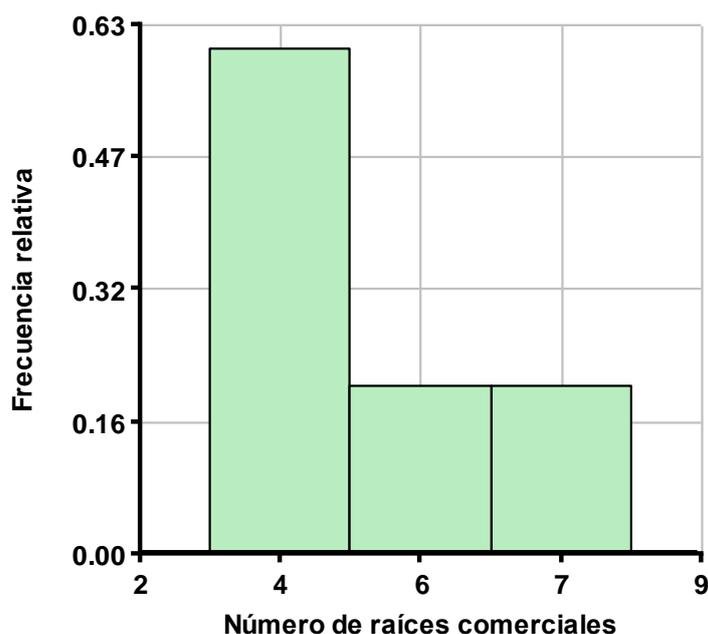


Figura 40. Histograma y polígono de frecuencias relativas el número de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 33. Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.68	0.98]	0.83	01	0.2	01	0.2
2	(0.98	1.28]	1.13	03	0.6	04	0.8
3	(1.28	1.58]	1.43	001	0.2	05	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

Según el agrupamiento de frecuencias Tabla 33 y Figura 41, la productividad comercial más frecuente para el morfotipo V fue de; 1.13 kg/planta (31.25 t/ha) que indica que el 60 % de plantas evaluadas mostraron esta productividad, la variación de la productividad oscila entre 0.68 y 1.58 kg/planta (18.75 t/ha y 43.75 t/ha), solamente el 20 % de las plantas evaluadas alcanzaron una productividad media máxima de 1.43 kg/planta (39.58 t/ha) , asimismo un 20 % de las plantas evaluadas mostraron una productividad mínima media de 0.83 kg/planta (22.92 t/ha).

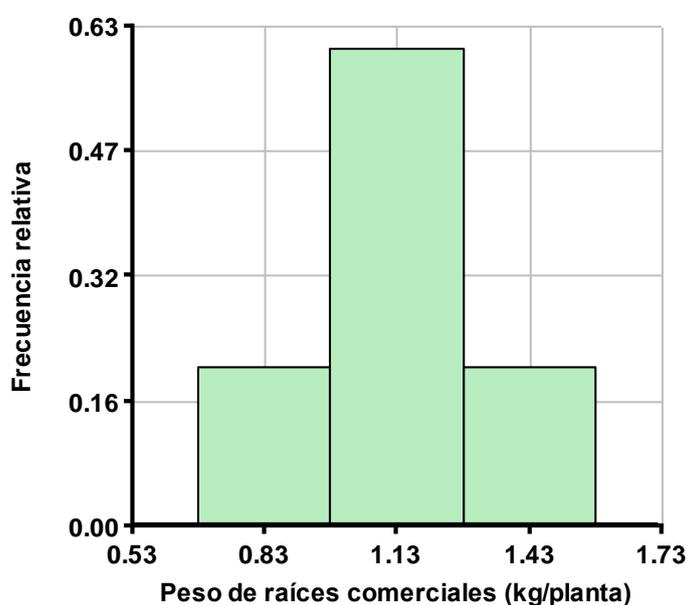


Figura 41. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso raíces comerciales (kg/planta), en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.1.5.1. Correlaciones y regresiones para el morfotipo V

A continuación, se presentan las diversas correlaciones (Tabla 34) entre el peso de raíces (kg/planta) y las variables (altura de plantas, número de tallos, número de raíces y peso de corona) del morfotipo V. La mejor correlación se presenta entre el peso total de raíces y el peso de corona, valor de $r = 0.913$ y coeficiente de determinación $r^2 = 0.8327$, ambos indican que existe correlación muy alta entre las dos variables, existe una correlación alta entre el peso total de raíces y número de raíces, valor de $r = 0.7606$ y con un coeficiente de determinación de $r^2 = 0.0.872$.

Tabla 34. Coeficientes de correlación y coeficientes de determinación para la relación entre productividad y variables relacionadas, morfotipo V.

	Altura de planta(m)	Número de tallos	Número de raíces	Peso de corona (kg/planta)
r	0.284	0.2812	0.872	0.913
r²	0.0807	0.0791	0.7606	0.8327

r = Coeficiente de correlación, r²= Coeficiente de determinación.

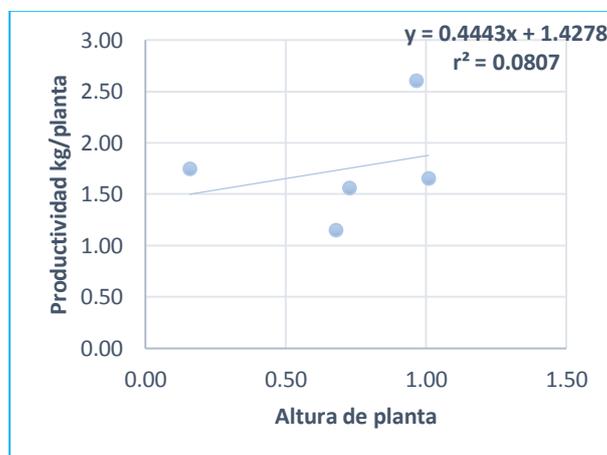


Figura 42. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y altura de planta (m), en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

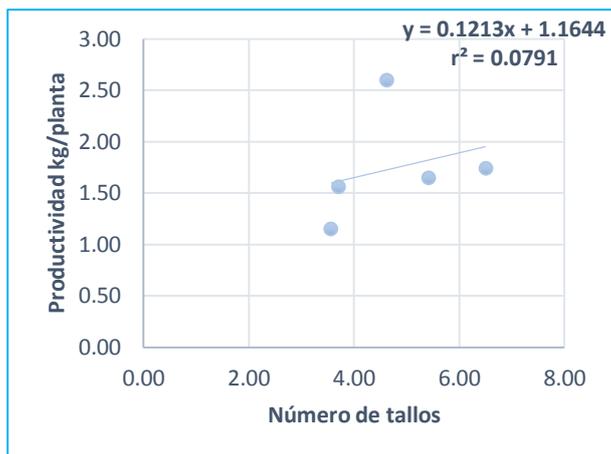


Figura 43. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y número de tallos, en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

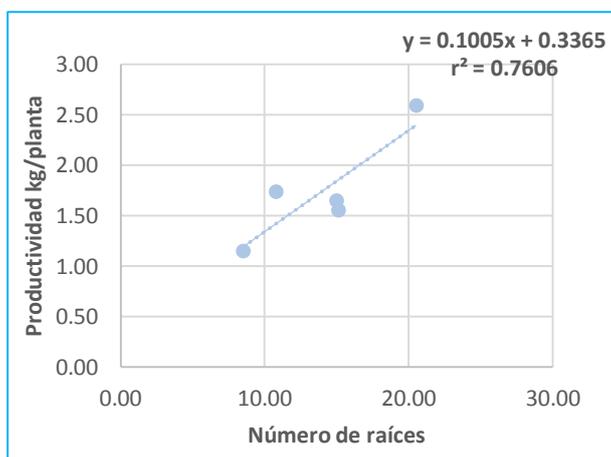


Figura 44. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y número de raíces, en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

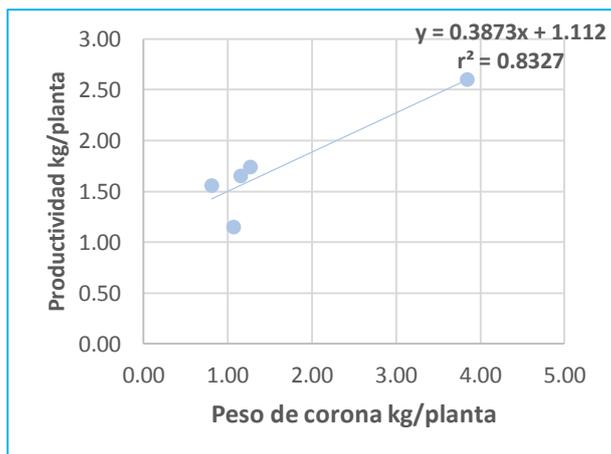


Figura 45. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y peso de corona (kg/planta), en el germoplasma de yacón, morfotipo V. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.1.6. Morfotipo VI (Taquia)

La productividad promedio para el morfotipo VI (Tabla 35) fue de 1.59 kg/planta (44.16 t/ha), con valores mínimos y máximos de 0.45 y 3.4 kg/planta (12.56 t/ha y 94.45 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 01 kg/planta, al respecto (Manrique 2004) reporta una producción variable entre 20 y 40 t/ha, (Valderrama 2005) en un experimento realizado en el valle Condebamba para cultivo de yacón propagado por corona o cepa menciona una producción en el rango de 35 a 61 t/ha y para el cultivar propagado por esquejes enraizados reporta un rendimientos de 20 a 57 t/ha, estos experimentos se realizó bajo la influencia de abonamiento con gallinaza a razón de 5 t/ha. (Seminario *et al.* 2003) en reportes citados en la Tabla 11 de su libro. El yacón fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio indica un rendimiento variable entre 16 t/ha y 100 t/ha. La producción media nacional es de 20 t/ha (INEI 2014).

La altura promedio de planta (Tabla 35) fue de 1.04 m. con un rango de 0.73 m, y 1,40 m, la desviación estándar indica que existe una dispersión de $\pm 0,21$ m. Para la variable número de tallos (Tabla 36) se encontró una media de 05 tallos por planta con valores mínimos y máximos de 03 y 09 tallos por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 02 tallos por planta. Al no existir datos específicos para estas variables no es posible contrastar tal información.

Seminario *et al.* (2003) en un experimento realizado en el valle Cajamarca sobre productividad de yacón asociado con maíz reporta una cantidad variable de 26 y 29.3 raíces por planta y de 29.6 a 37.3 raíces por planta para plantaciones de yacón en monocultivo, los datos referidos han sido obtenidos para otros morfotipos. En la presente investigación para esta variable (Tabla 35) se encontró una media de 13.71 raíces por planta con valores mínimos y máximos de 07 y 24 raíces por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 06 raíces por planta.

Respecto al número de raíces comerciales el morfotipo VI (Tabla 35) alcanzó una media de 04 raíces por planta con valores mínimos y máximos de 01 y 08 raíces por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 02 raíces por planta. La productividad comercial media de este morfotipo (tabla 36) es de 01 kg/planta (27.78 t/ha), con un rango de productividad de 0.23 2.6 kg/planta (6.28 a 72.22 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.74 kg/planta. Al no existir información específica para este morfotipo no es posible contrastar la información.

La productividad de corona (Tabla 35) es de 1.57 (43.63 t/ha), con valores mínimos y máximos de 0.67 y 3.16 kg/planta (18.72 t/ha y 87.64 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.83 kg/planta. Los valores encontrados son menores a los reportados por Seminario *et al.* (2003), estos son de 79.63 t/ha para cultivo asociado con maíz y de 103.70 t/ha para plantación en monocultivo, el reporte mencionado es referencial no específico para este morfotipo.

Tabla 35. Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010,2014,2015 y 2016.

Resumen	Altura de planta (m)	Número de tallos	Número total de raíces	Peso total de raíces (kg/planta)	Número de raíces comercial.	Peso de raíces comerciales (kg/planta).	Peso de corona (kg/planta)
Media	1.04	05	14	1.59	04	01	1.57
Mediana	1.03	04	13	1.43	04	1.13	1.31
Moda	1.04	05	14	1.59	04	01	1.57
D.E.	0.21	02	06	01	02	0.74	0.83
Mín.	0.73	03	07	0.45	01	0.23	0.67
Máx.	1.4	09	24	3.4	08	2.6	3.16

D.E= Desviación Estándar, Mín.= Mínimo, Máx.= Máximo

Tabla 36. Distribución de frecuencias del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[7.33	12.74]	10	05	0.5	05	0.5
2	(12.74	18.14]	15	02	0.2	07	0.7
3	(18.14	23.55]	21	03	0.3	10	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

De acuerdo con la distribución de frecuencias La mayoría de plantas presentaron una cantidad de raíces en el rango de 7 a 12.74 raíces por planta, según los datos mostrados en la Tabla 36 y Figura 46, el 50 % de plantas evaluadas produjeron en promedio de 10 raíces, solamente un 30 % alcanzó una productividad máxima entre 18.14 y 23.55 con una marca de clase(MC) de 21 raíces por planta.

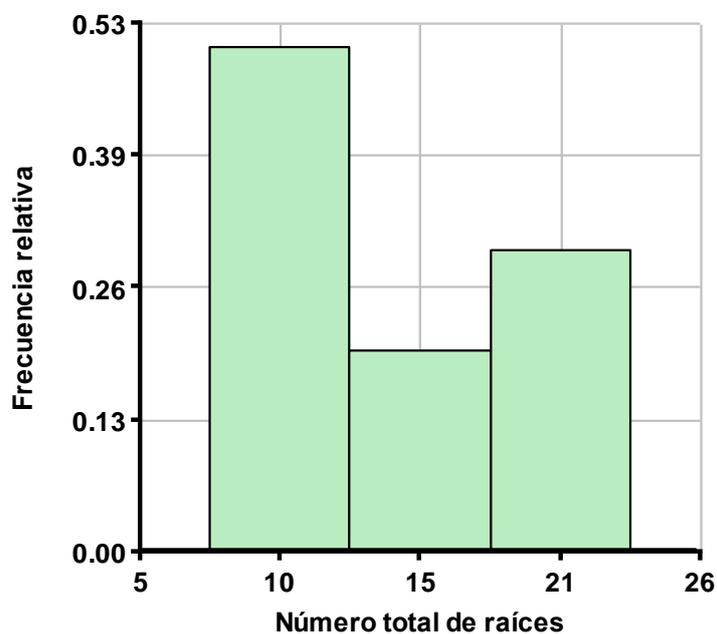


Figura 46. Histograma y polígono de frecuencias relativas del número de raíces por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 37. Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.45	1.43]	0.94	05	0.5	5	0.5
2	(1.43	2.42]	1.93	02	0.2	7	0.7
3	(2.42	3.40]	2.91	03	0.3	10	0.1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

Según el agrupamiento de frecuencias Tabla 37 y Figura 47, la productividad más frecuente fue de 0.94 kg/planta (26.21 t/ha) representando la producción media (MC) del 50 % de las plantas evaluadas que alcanzaron esta producción y 2.91 kg/planta (80.80 t/ha) que representa la productividad media máxima (MC) alcanzado por el 30 % de las plantas evaluadas.

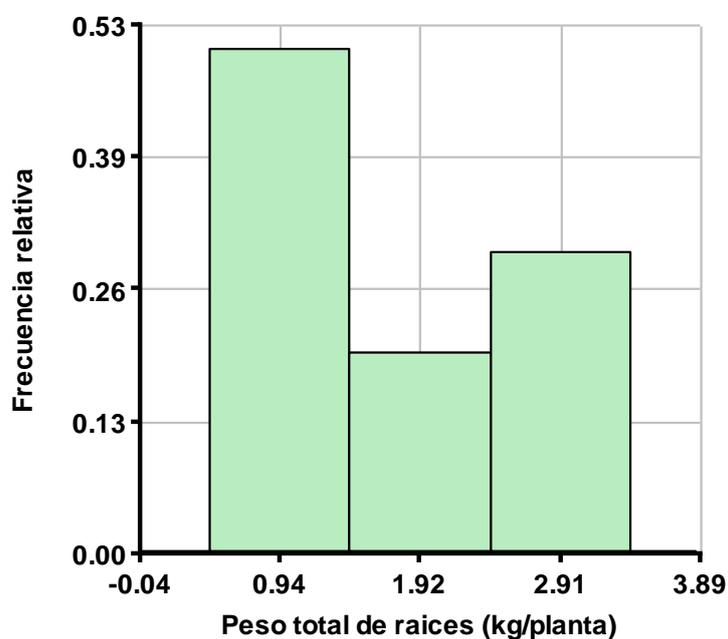


Figura 47. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (kg/planta), en el germoplasma de yacón, del morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 38. Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[1.11	3.41]	02	05	0.5	05	0.5
2	(3.41	5.70]	05	03	0.3	08	0.8
3	(5.70	8.00]	07	02	0.2	10	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

En la distribución de frecuencias representadas en la Tabla 38 y Figura 48, muestran que; el 50 % de las plantas evaluadas presentaron una cantidad variable de raíces de 1.00 a 3.41 raíces por planta y tan solo el 20 % alcanzó un valor medio máximo (clase 3) de 07 raíces comerciales por planta.

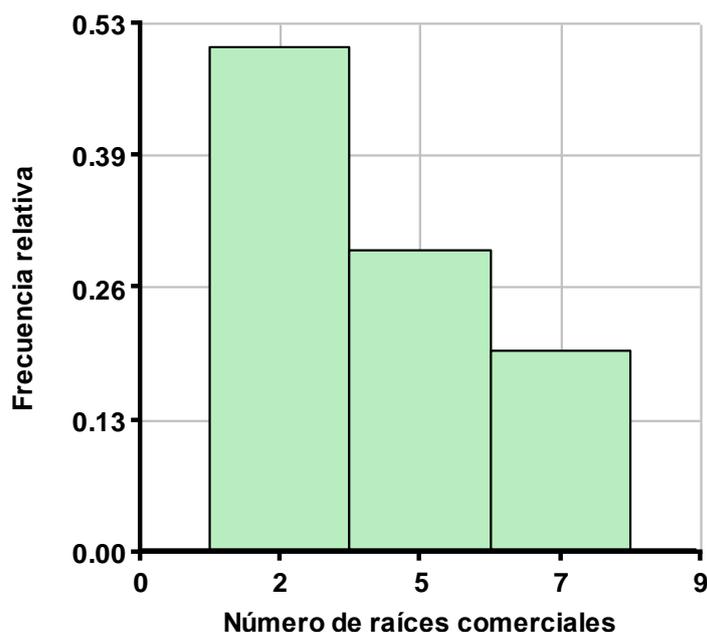


Figura 48. Histograma y polígono de frecuencias relativas para la cantidad de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 39. Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.23	1.02]	0.63	04	0.4	04	0.4
2	(1.02	1.81]	1.42	05	0.5	09	0.9
3	(1.81	2.60]	2.21	01	0.1	10	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

Según el agrupamiento de frecuencias Tabla 39 y Figura 49, la productividad comercial más frecuente para el morfotipo VI fue de; 1.42 kg/planta (39.25 t/ha) indica que el 50 % de plantas evaluadas mostraron esta producción respecto a raíces comerciales, La productividad varió de 0.23 a 2.60 kg/planta (6.28 t/ha a 72.22 t/ha), solamente el 10 % de las plantas evaluadas alcanzó una productividad media máxima (MC) de 2.21 kg/planta (61.23 t/ha)· asimismo un 40 % de las plantas evaluadas mostraron una productividad mínimo (MC) de 0.63 kg/planta(17.27 t/ha)

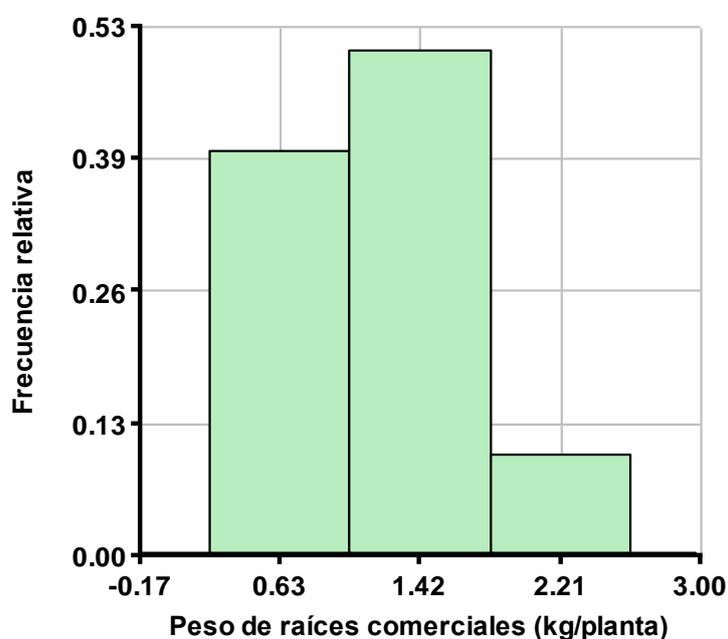


Figura 49. Histograma y polígono de frecuencia relativas para el peso raíces comerciales (kg/planta), en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.1.6.1. Correlaciones y regresiones para el morfotipo VI

A continuación, se presentan las diversas correlaciones (Tabla 40) entre el peso de raíces (kg/planta) y las variables (altura de plantas, número de tallos, número de raíces y peso de corona) del morfotipo VI. La mejor correlación se presenta entre el peso total de raíces y número de raíces, valor de $r = 0.6455$ y coeficiente de determinación $r^2 = 0.803$, ambos indican que existe alta correlación entre las dos variables.

Tabla 40. Coeficientes de correlación y coeficientes de determinación para la relación entre productividad y variables relacionadas, morfotipo VI.

	Altura de planta(m)	Número de tallos	Número de raíces	Peso de corona (kg/planta)
r	0.040	0.161	0.803	0.328
r²	0.0016	0.0259	0.6455	0.1079

r = Coeficiente de correlación, r² = Coeficiente de determinación.

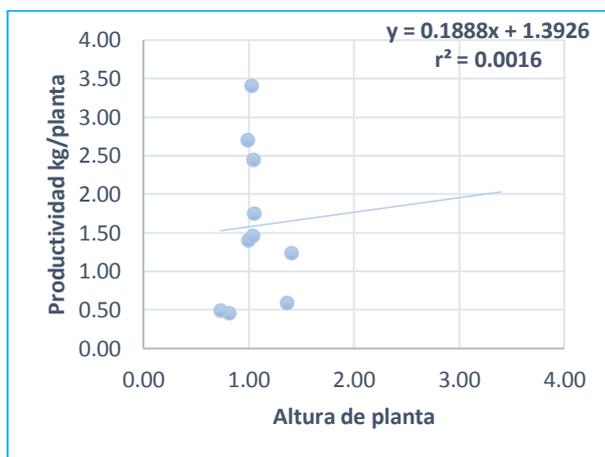


Figura 50. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y altura de planta (m), en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

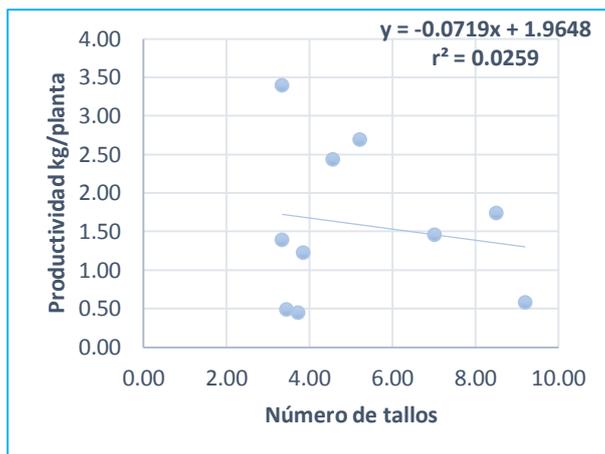


Figura 51. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y número de tallos, en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

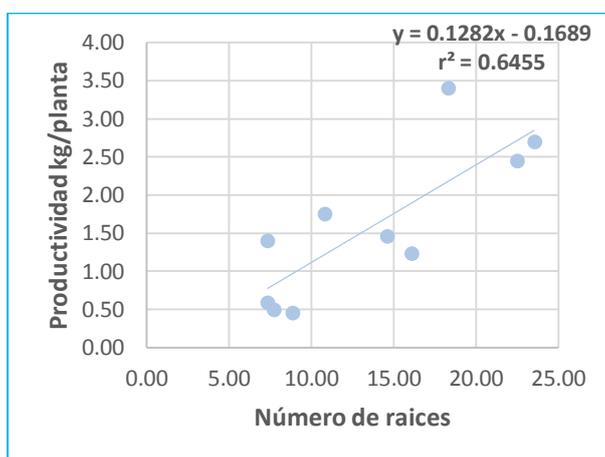


Figura 52. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y número de raíces, en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

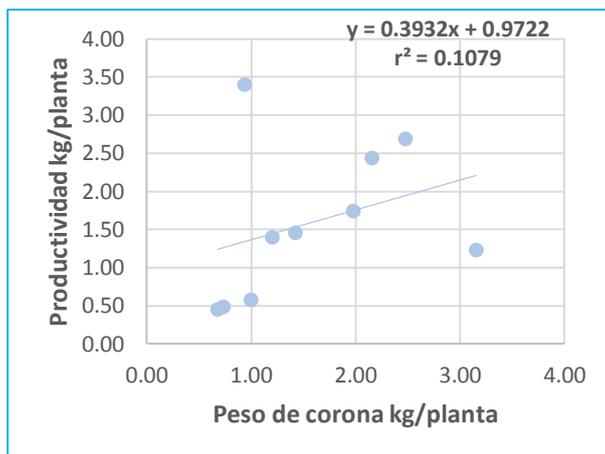


Figura 53. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y peso de corona (kg/planta), en el germoplasma de yacón, morfotipo VI. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.1.7. Morfotipo VII (Moteado)

La productividad promedio del morfotipo VII (Tabla 41) fue de 0.8 kg/planta (22.12 t/ha), con un mínimo y máximo de 0.46 y 1.3 kg/planta, respectivamente (12.72 t/ha y 36.16 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.37 kg/planta. Al respecto, Manrique (2004) reporta una producción variable entre 20 y 40 t/ha, (Valderrama 2005) en un experimento realizado en el valle Condebamba para cultivo de yacón propagado por corona o cepa menciona una producción entre 35 y 61 t/ha y para cultivo propagado por esquejes enraizados se evidencia rendimientos de 20 a 57 t/ha estos experimentos se realizó bajo la influencia de abonamiento con gallinaza a razón de 5 t/ha. Seminario *et al.* (2003). reporta un rendimiento variable entre 16 t/ha y 100 t/ha. La producción media nacional es de 20 t/ha (INEI 2014),

La altura promedio de planta (Tabla 41) fue de 0.68 m. con un rango de 0.45 m, y 0.98 m, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.21 m. Para la variable número de tallos (Tabla 41) se encontró una media de 06 tallos por planta con valores mínimos y máximos de 2.17 y 9.00 tallos por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 2.19 tallos por planta. Al no existir datos específicos para estas variables no es posible contrastar tal información.

Seminario *et al.* (2003) en un estudio realizado en el valle Cajamarca, en el cual probaron el yacón asociado con maíz, reportan entre 26 y 29.3 raíces por planta para la plantación en asocio y de 29.6 a 37.3 raíces por planta para plantación de yacón en monocultivo. Los datos referidos fueron obtenidos con morfotipos diferentes al presente. En esta investigación, para esta variable (Tabla 41), se encontró una media de 11 raíces por planta, con valores mínimos y máximos de 7 y 21 raíces por planta, respectivamente. La desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 06 raíces por planta.

Respecto al número de raíces comerciales (Tabla 41) se obtuvo un promedio de 02 raíces por planta con valores mínimos y máximos de 01 y 03 raíces por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 01 raíces por planta. La productividad comercial media de este morfotipo (Tabla 41) fue de 0.38 kg/planta (10.67 t/ha), con un rango de producción de 0.15

a 0.59 kg/planta (4.11 a 16.39 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.16 kg/planta. Al no existir información específica para este morfotipo no es posible contrastar la información.

La productividad de corona (Tabla 41) fue de 1.23 kg/planta (34.31 t/ha), con valores mínimos y máximos de 0.85 y 1.83 (23.01 t/ha y 50.83 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.36 kg/planta, los valores encontrados son menores a los reportados por Seminario *et al.* (2003), el cual reporta un producción media de 79.63 t/ha para cultivo asociado con maíz y de 103.70 t/ha para plantación en monocultivo, este reporte es referencial no específico para este morfotipo.

Tabla 41. Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010,2014,2015 y 2016.

Resumen	Altura de planta (m)	Número de tallos	Número total de raíces	Peso total de raíces (kg/planta)	Número de raíces comercial	Peso de raíces comerciales	Peso de corona (kg/planta)
Media	0.68	06	11	0.8	02	0.38	1.23
Mediana	0.67	06	08	0.7	02	0.38	1.19
Moda	0.68	06	11	0.8	02	0.38	1.23
D.E.	0.21	02	06	0.37	01	0.16	0.36
Mín.	0.45	03	07	0.46	01	0.15	0.85
Máx.	0.98	08	21	1.3	3.6	0.59	1.83

D.E= Desviación Estándar, Mín.= Mínimo, Máx.= Máximo

Tabla 42. Distribución de frecuencias del número de raíces por planta en el germoplasma de yacón, del morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[7.33	11.86]	10	04	0.8	04	0.8
2	(11.86	16.40]	14	00	0	04	0.8
3	(16.40	20.93]	19	01	0.2	05	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

De acuerdo con la distribución de frecuencias la mayoría de plantas presentaron una cantidad de raíces en el rango de 7.33 a 11.67 raíces por planta según los datos mostrados en la Tabla 42. y Figura 54, el 80 % de plantas evaluadas alcanzaron una cantidad media de (MC) 10 raíces, solamente un 20 % alcanzó una un rendimiento máximo entre 16.33 y 20.93 con una marca de clase(MC) de 19 raíces por planta, ninguna planta de las evaluadas alcanzó una productividad variable que oscile entre 11.86 y 16.40 raíces por planta.

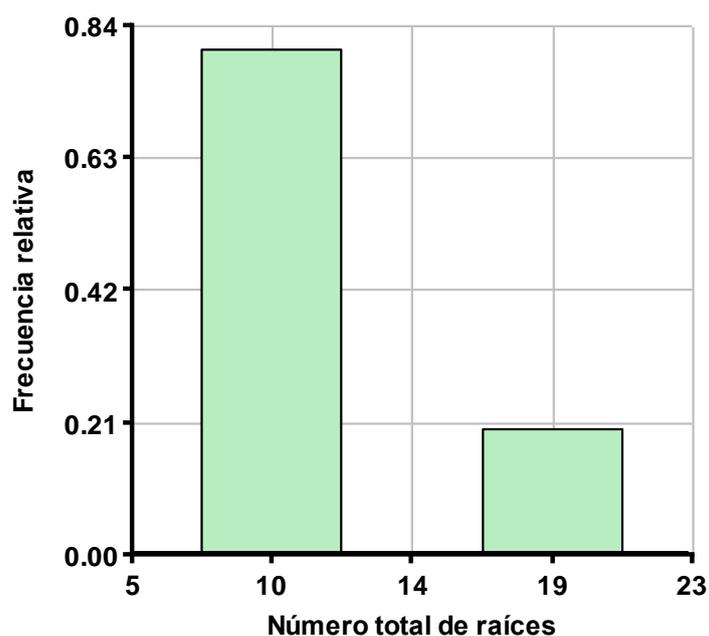


Figura 54. Histograma y polígono de frecuencias relativas del número de raíces de raíces por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 43. Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.46	0.74]	0.6	03	0.6	03	0.6
2	(0.74	1.02]	0.88	00	0	03	0.6
3	(1.02	1.30]	1.16	02	0.4	05	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

Según el agrupamiento de frecuencias Tabla 43 y Figura 55 la productividad más frecuente para el morfotipo VII fue de 0.6 kg/planta (16.63 t/ha) representando la producción media (MC) del 60 % de las plantas evaluadas que alcanzaron esta producción y 1.16 kg/planta (32.25 t/ha) que representa la productividad media máxima (MC) alcanzado por el 30 % de las plantas evaluadas, ninguna planta de las evaluadas alcanzó una productividad promedio entre los límites de 0.74 a 1.02 kg/planta.

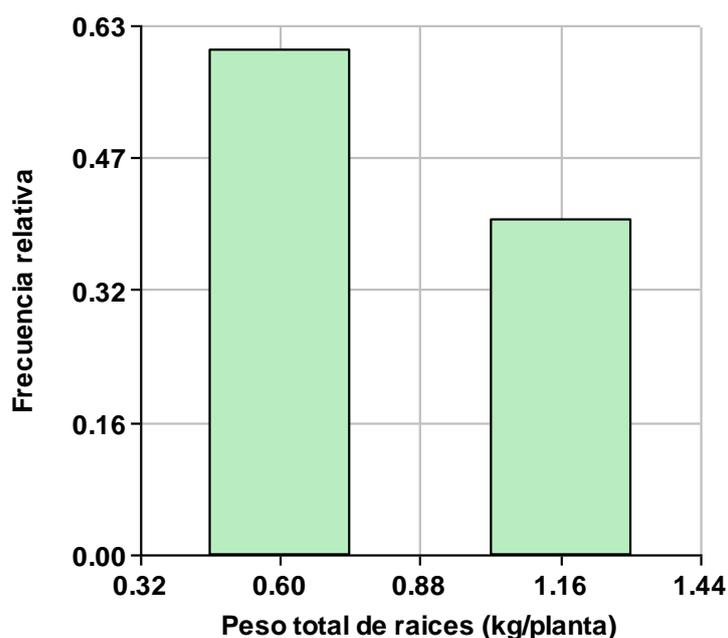


Figura 55. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (kg/planta), en el germoplasma de yacón, del morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 44. Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[1.08	1.92]	02	03	0.6	03	0.6
2	(1.92	2.76]	02	01	0.2	04	0.8
3	(2.76	3.60]	03	01	0.2	05	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA = Frecuencia relativa acumulada.

En la distribución de frecuencias representadas en la Tabla 44 y Figura 56 muestra que; el 60 % de las plantas evaluadas presentaron una cantidad media (MC) de 02 raíces por planta y tan solo el 20 % alcanzó un valor medio máximo (clase 3) de 03 raíces comerciales por planta.

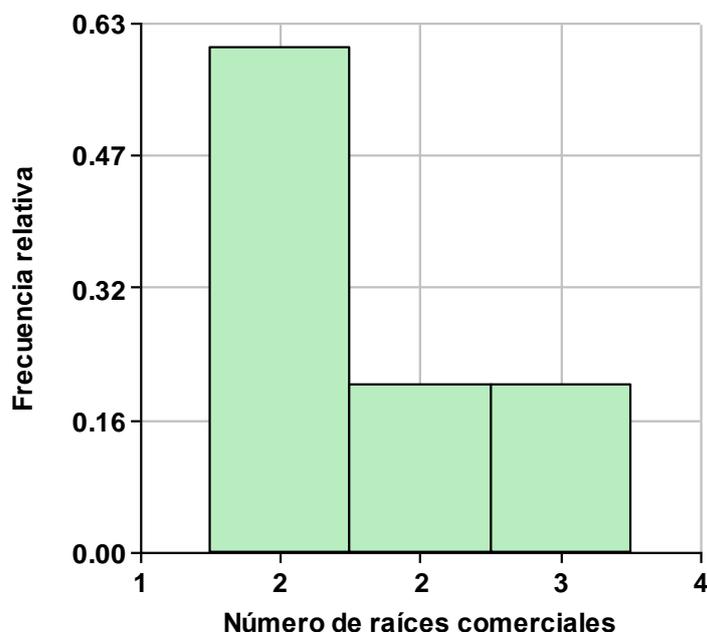


Figura 56. Histograma y polígono de frecuencias relativas para la cantidad de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 45. Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.15	0.30]	0.22	01	0.2	01	0.2
2	(0.30	0.44]	0.37	02	0.4	03	0.6
3	(0.44	0.59]	0.52	02	0.4	05	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

Según el agrupamiento de frecuencias Tabla 45 y Figura 57 la productividad comercial más frecuente para el morfotipo VII fue de entre 0.37 y 0.52 kg/planta (10.25 t/ha y 14.34 t/ha) ambos representan el 80 % de plantas evaluadas que mostraron esta productividad siendo este último la productividad promedio (MC) máximo alcanzado por el 40 % de las plantas evaluadas y tan solo el 20 % de las plantas evaluadas presentaron un rendimiento mínimo de 0.22 kg/planta (6.16 t/ha).

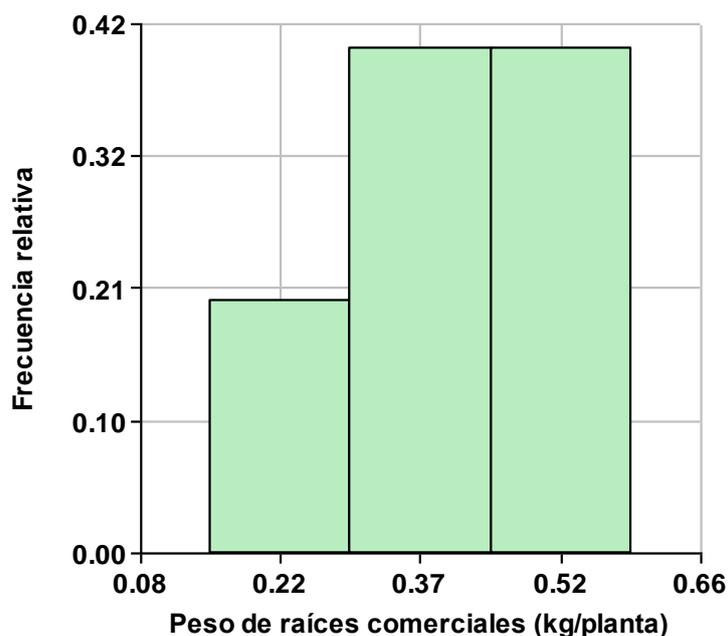


Figura 57. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso raíces comerciales (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.1.7.1. Correlaciones y regresiones para el morfotipo VII

A continuación, se presentan las diversas correlaciones (Tabla 46) entre el peso de raíces (kg/planta) y las variables (altura de plantas, número de tallos, número de raíces y peso de corona) del morfotipo VII. La mejor correlación se presenta entre el peso total de raíces y número de raíces, valor de $r = 0.7741$ y coeficiente de determinación $r^2 = 0.880$, ambos indican que existe alta correlación entre las dos variables, del mismo modo existe una correlación alta para número de tallos.

Tabla 46. Coeficientes de correlación y coeficientes de determinación para la relación entre productividad y variables relacionadas, morfotipo VII.

	Altura de planta(m)	Número de tallos	Número de raíces	Peso de corona (kg/planta)
r	0.458	0.874	0.880	0.611
r ²	0.2105	0.7654	0.7741	0.3733

r = Coeficiente de correlación, r² = Coeficiente de determinación.

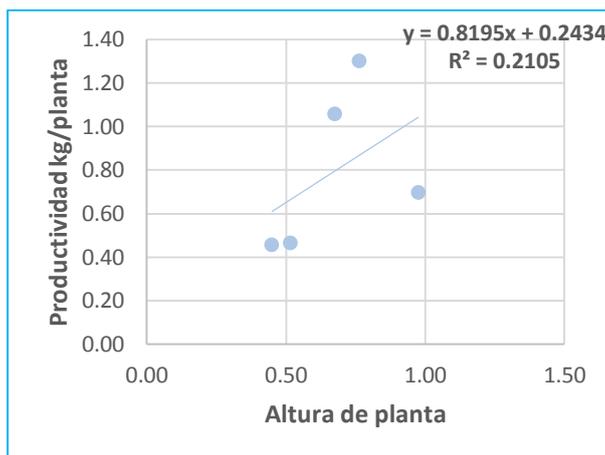


Figura 58. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y altura de planta (m), en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

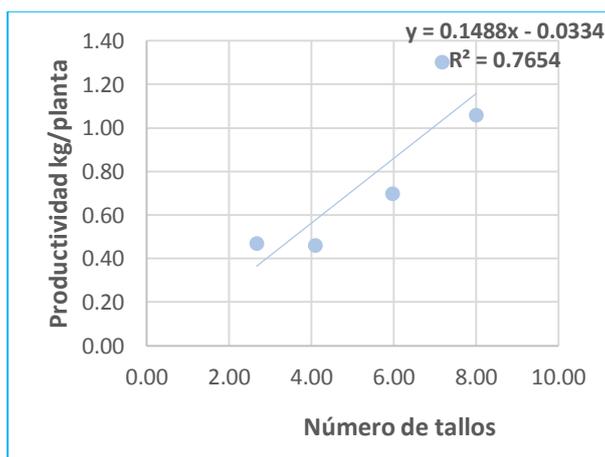


Figura 59. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y número de tallos, en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

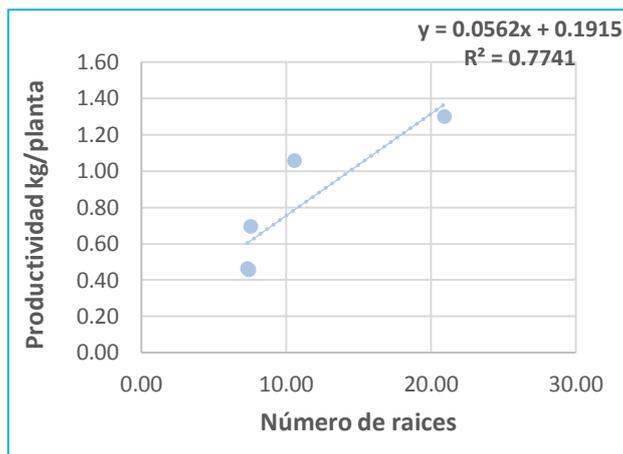


Figura 60. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y número de raíces, en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

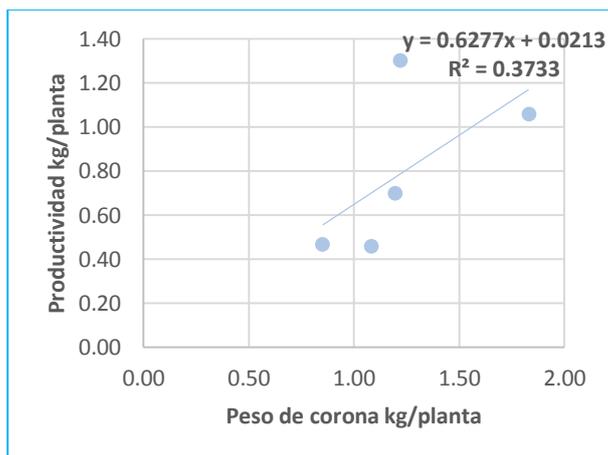


Figura 61. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y peso de corona (kg/planta), en el germoplasma de yacón, morfotipo VII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.1.8. Morfotipo VIII (Ancash)

La productividad promedio alcanzado por el morfotipo VIII (Tabla 47) fue de 1.58 kg/planta (42.48 t/ha), con una productividad mínima y máxima de 0.30 y 3.25 kg/planta (0.13 t/ha y 90.28 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 1.03 kg/planta, al respecto Manrique (2004) reporta una producción variable entre 20 y 40 t/ha, Valderrama (2005) en un experimento realizado en el valle Condebamba para cultivar propagado por corona o cepa menciona una producción en el rango de 35 a 61 t/ha y para el cultivar propagado por esquejes enraizados reporta rendimientos de 20 a 57 t/ha estos experimentos se realizó bajo la influencia de abonamiento con gallinaza a razón de 05 t/ha. Seminario *et al.* (2003). reporta un rendimiento variable entre 16 t/ha y 100 t/ha. La producción media nacional es de 20 t/ha (INEI 2014), es preciso mencionar que los reportes aquí mencionados son referencia de producción general no específicamente para este morfotipo.

La altura de planta alcanzada por el morfotipo VIII (Tabla 47) presenta una media de 0.78 m con un rango de 0.25 m y 1.44 m, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.39 m. Para la variable número de tallos (Tabla 48) se encontró una media de 05 tallos por planta. con valores mínimos y máximos de 02 y 11 tallos por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión en de ± 03 tallos por planta. Al no existir datos específicos para estas variables no es posible contrastar tal información.

Seminario *et al.* (2003) en un experimento realizado en el valle Cajamarca donde se evaluó la performance productiva del cultivo de yacón asociado con maíz reporta una cantidad variable entre 26 y 29.3 raíces por planta y de 29.6 a 37.3 raíces por planta para la plantación en monocultivo, los datos referidos han sido obtenidos para otros morfotipos. En la presente investigación para esta variable (Tabla 47) se encontró una media de 15 raíces por planta con valores mínimos y máximos de 02 y 28 raíces por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 09 raíces por planta.

Respecto al número de raíces comerciales, el morfotipo VIII (Tabla 47) presentó una media de 05 raíces por planta con valores mínimos y máximos de 01 y 09 raíces por planta respectivamente, la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 2.82 raíces por planta. La productividad comercial media (Tabla 47) fue de 1.16 kg/planta (32.17 t/ha), con un rango de productividad de 0.1 a 2.68 kg/planta (2.81 a 74.31 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 0.83 kg/planta. Al no existir información específica para este morfotipo no es posible contrastar la información.

La productividad de corona (Tabla 47) fue de 1.9 kg/planta (52.64 t/ha), con valores mínimos y máximos de 0.3 y 4.45 kg/planta (8.33 t/ha y 123.61 t/ha), la desviación estándar indica que existe una dispersión de ± 1.33 . Los valores encontrados son menores a los reportados por Seminario *et al.* (2003), estos son de 79.63 t/ha para cultivo asociado con maíz y de 103.70 t/ha para plantación en monocultivo, el reporte mencionado es referencial dado que no es específico para este morfotipo.

Tabla 47. Medidas de tendencia central y dispersión de siete variables evaluadas en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010,2014,2015 y 2016.

Resumen	Altura de planta (m)	Número de tallos	Número total de raíces	Peso total de raíces (kg/planta)	Número de raíces comercial.	Peso de raíces comerciales (kg/planta).	Peso de corona (kg/planta)
Media	0.78	05	15	1.58	05	1.16	1.90
Mediana	0.7	05	14	1.48	05	0.97	1.81
Moda	0.78	05	15	1.58	05	1.16	1.9
D.E.	0.39	03	08	1.03	03	0.83	1.33
Mín.	0.25	02	02	0.30	01	0.1	0.3
Máx.	1.44	11	28	3.25	09	2.68	4.45

D.E= Desviación Estándar, Mín.= Mínimo, Máx.= Máximo

Tabla 48. Distribución de frecuencias de la cantidad de raíces por planta en el germoplasma de yacón, del morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[2.00	10.75]	06	04	0.4	04	0.4
2	(10.75	19.50]	15	02	0.2	06	0.6
3	(19.50	28.25]	24	04	0.4	10	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

De acuerdo con la distribución de frecuencias la mayoría de plantas presentaron una cantidad de raíces en el rango de 2 a 10.67 raíces por planta. Según los datos mostrados en la Tabla 48. y Figura 62, el 40 % de plantas evaluadas en este morfotipo produjeron un promedio (MC) de 06 raíces, el 40 % de plantas evaluadas alcanzó una productividad máxima entre 19.33 y 28.00 con una marca de clase(MC) de 24 raíces por planta, la productividad del 20 % de plantas evaluadas oscilo entre 10.67 y 19.33 raíces por planta con una marca de clase(MC) 15.

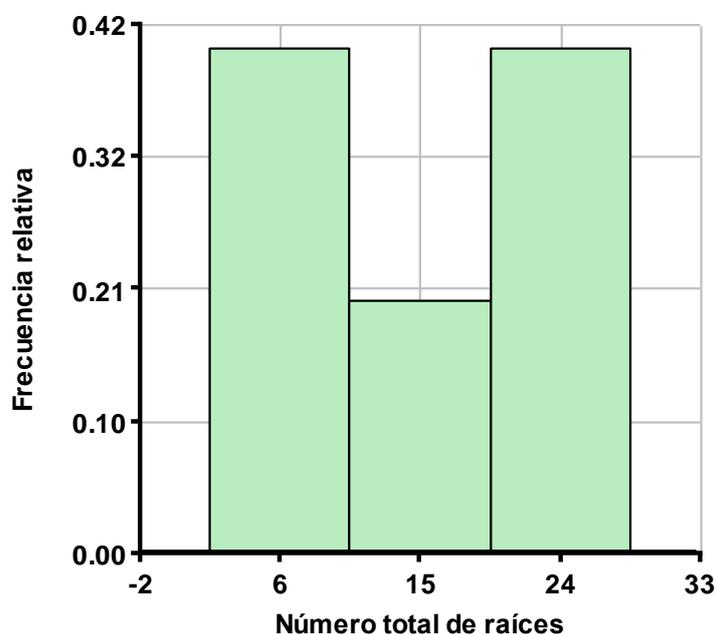


Figura 62. Histograma y polígono de frecuencias relativas para número de raíces por planta, en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 49. Distribución de frecuencias correspondiente al peso total de raíces por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.30	1.28]	0.79	04	0.4	04	0.4
2	(1.28	2.27]	1.78	04	0.4	08	0.8
3	(2.27	3.25]	2.76	02	0.2	10	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

Según el agrupamiento de frecuencias Tabla 49 y Figura 63 la productividad promedio más alta fue alcanzado por el 20 % de las plantas evaluadas con una productividad de 2.76 kg/planta (76.60 t/ha), el 80 % de las plantas evaluadas mostraron una productividad entre los límites 0.30 y 3.25 kg/planta.

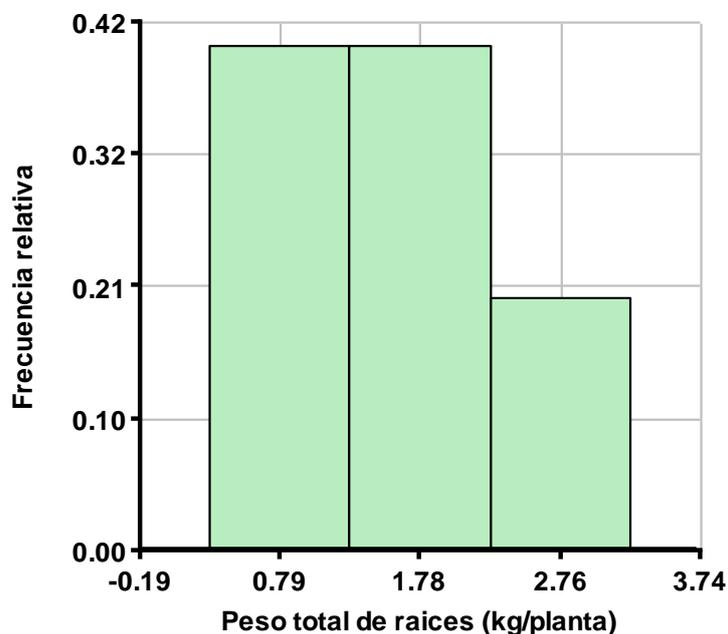


Figura 63. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso total de raíces (t kg/planta), en el germoplasma de yacón, del morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 50. Distribución de frecuencias correspondiente al número de raíces comerciales por planta en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.75	3.39]	02	03	0.3	03	0.3
2	(3.39	6.03]	05	03	0.3	06	0.6
3	(6.03	8.67]	07	04	0.4	10	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

En la distribución de frecuencias representadas en la Tabla 50 y Figura 64 muestra que; el 40 % de las plantas evaluadas presentaron 07 raíces por planta un 60 % de las plantas evaluadas alcanzaron una cantidad de 05 a 01 raíces por planta.

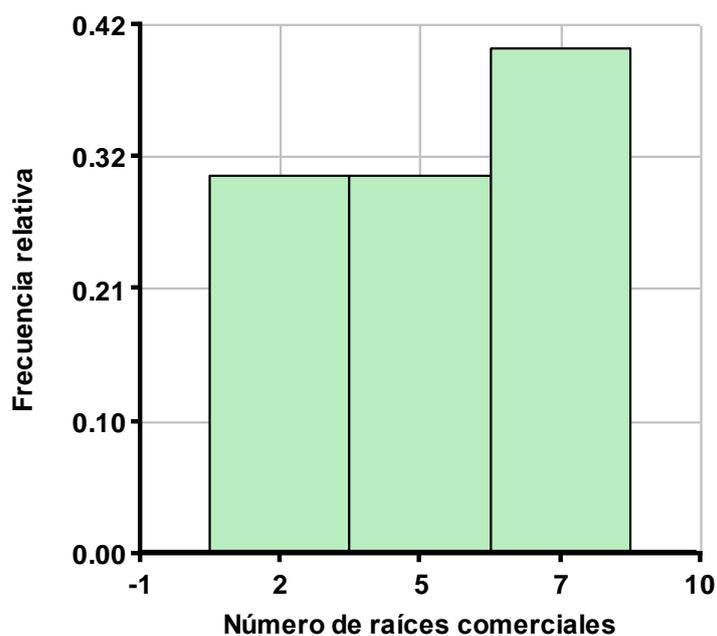


Figura 64. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el número de raíces comerciales por planta, en el germoplasma de yacón, del morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Tabla 51. Distribución de frecuencias correspondiente al peso de raíces comerciales por planta (kg/planta) en el germoplasma de yacón, del morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	[0.10	0.96]	0.53	05	0.5	05	0.5
2	(0.96	1.82]	1.39	03	0.3	08	0.8
3	(1.82	2.68]	2.25	02	0.2	10	1

LI = Límite inferior, LS= Límite superior, MC= Marca de clase, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa, FAA = Frecuencia absoluta acumulada, FRA =Frecuencia relativa acumulada.

Según el agrupamiento de frecuencias Tabla 51 y Figura 65 la productividad comercial más frecuente para el morfotipo VIII fue de entre 0.10 a 0.96 kg/planta (2.81 t/ha y 26.64 t/ha) con una marca de clase de (MC) 0.53 kg/planta (14.73 t/ha) que representan el 50 % de plantas evaluadas que alcanzaron estos niveles de productividad, la productividad máxima estuvo en el rango de 1.82 y 2.68 kg/planta (50.48 t/ha y 74.31 t/ha) con una marca de clase(MC) que representa una productividad comercial media de 2.25 kg/planta (62.39 t/ha).

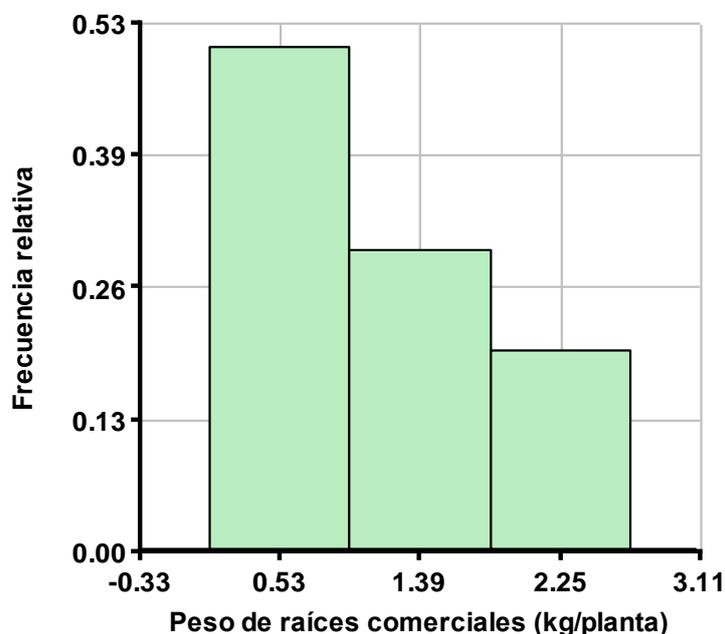


Figura 65. Histograma y polígono de frecuencias relativas para el peso raíces comerciales (kg/planta), en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.1.8.1. Correlaciones y regresiones para el morfotipo VIII

A continuación, se presentan las diversas correlaciones (Tabla 52) entre el peso de raíces (kg/planta) y las variables (altura de plantas, número de tallos, número de raíces y peso de corona) del morfotipo VIII. La mejor correlación se presenta entre el peso total de raíces y el peso de corona, valor de $r = 0.804$ y coeficiente de determinación $r^2 = 0.6479$, ambos indican que existe alta correlación entre las dos variables, también existe una correlación alta con el número de raíces.

Tabla 52. Coeficientes de correlación y coeficientes de determinación para la relación entre productividad y variables relacionadas, morfotipo VIII.

	Altura de planta(m)	Número de tallos	Número de raíces	Peso de corona (kg/planta)
r	0.317	0.254	0.717	0.804
r²	0.1006	0.0649	0.5137	0.6479

r = Coeficiente de correlación, r^2 = Coeficiente de determinación.

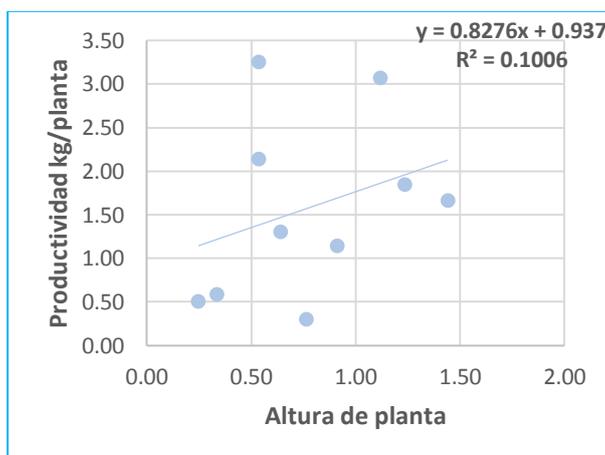


Figura 66. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y altura de planta (m), en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

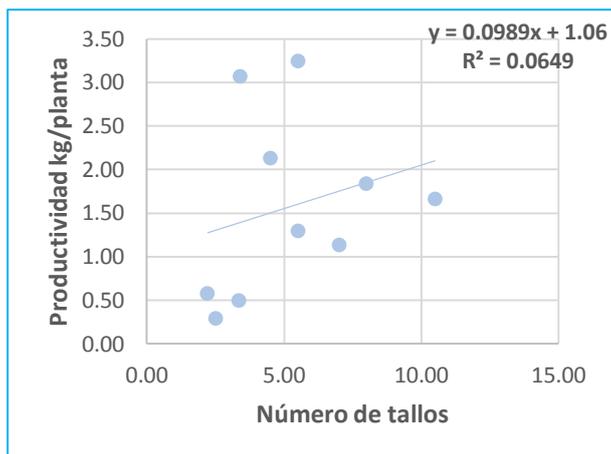


Figura 67. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y número de tallos, en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

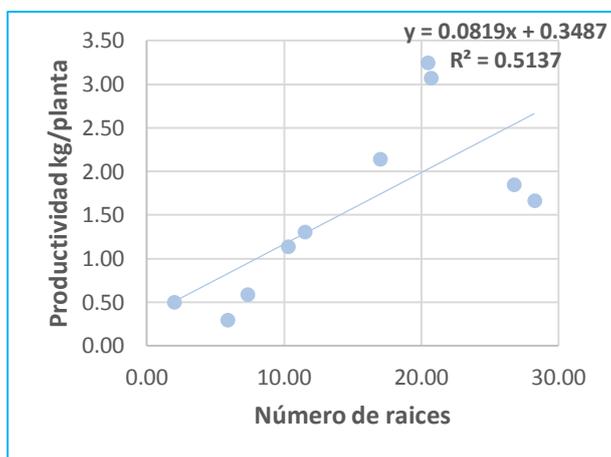


Figura 68. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y número de raíces, en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

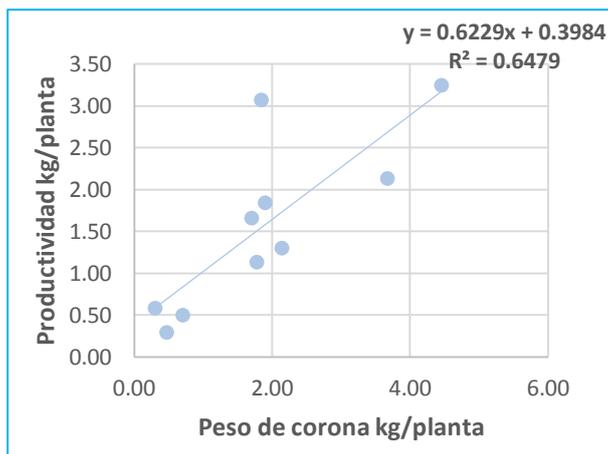


Figura 69. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la relación peso de raíces (kg/planta) y peso de corona (kg/planta), en el germoplasma de yacón, morfotipo VIII. Cosechas 2005, 2010, 2014, 2015 y 2016.

4.2. Análisis comparativo entre los morfotipos en estudio.

El número de raíces (Figura 73) fue más alto en los morfotipos I y IV (19 raíces por planta). El morfotipo II tuvo 18 raíces por planta y el morfotipo VIII alcanzó sólo 11 raíces por planta.

La mayor productividad promedio de los cinco años de evaluación (Figura 74) correspondió al morfotipo IV 2.15 kg/planta lo que representa 59.77 t/ha, seguido del morfotipo V, que mostro una productividad promedio de 1.74 kg/planta (48.39 t/ha). El morfotipo II alcanzó una productividad de 1.67 kg/planta (46.26 t/ha), la productividad alcanzada por el morfotipo VI fue de 1.59 kg/planta (44.16 t/ha), la productividad del morfotipo VIII fue de 1.58 kg/planta (43.86 t/ha), el morfotipo I alcanzó una productividad promedio de 1.44 kg/planta (40.14 t/ha), 1.43 kg/planta (39.58 t/ha) fue la productividad alcanzada por el morfotipo III , finalmente el morfotipo VII es el que presentó la menor productividad en este estudio 0.80 kg/planta (22.12 t/ha)

La cantidad de raíces comerciales (Figura 75) varió entre dos y cinco raíces por planta. El morfotipo IV alcanzó mayor productividad 1.45 kg/planta (40.39 t/ha), la menor productividad respecto a raíces comerciales la obtuvo el morfotipo VII 0.38 kg/planta (10.67 t/ha), la productividad promedio de los ocho morfotipo fue de 0.98 kg/planta (27.38 t/ha) (Figura 76).

La asignación de la materia seca a los órganos de la planta fue variable entre morfotipos. Asimismo, el índice de cosecha (Figura 70) varió de 60%, en el morfotipo VIII, hasta 37%, en el morfotipo IV. El índice de cosecha promedio para todos los morfotipos fue de 49%. Es necesario indicar que el índice de cosecha aquí reportado se calculó con la materia de la planta y sus partes, en el momento de la cosecha, no se tomó en cuenta el peso de las partes de la planta, que en el proceso del crecimiento se hacen senescentes y se desprenden (hojas e inflorescencias, principalmente). Se recomienda que, en investigaciones posteriores, el peso de la materia seca total sea corregida, recogiendo las partes de la planta que se desprenden en el proceso, para obtener un índice de cosecha modificado y más real.

En altura de planta (Figura 71) la mayor altura promedio la alcanzó el morfotipo I (1.11 m), seguido por los morfotipos VI y IV (1.04 y 1.03 respectivamente). El morfotipo VII alcanzó la menor altura (0.67 m), promedio de los cinco años de evaluación. El número de tallos (Figura 72) varió de cinco a seis tallos por planta, en todos los morfotipos y en las cinco cosechas.

Respecto a la productividad de corona o cepa Figura 77, el morfotipo IV es el que alcanzó la mayor productividad 3.34 kg/planta (92.86 t/ha), y la menor productividad fue alcanzada por el morfotipo VII, con 1.24 kg/planta (34.31 t/ha). La productividad promedio de los ocho morfotipos fue de 1.81 kg/planta (50.29 t/ha).

La relación entre la productividad total y la productividad comercial se muestra en la Figura 78. Para el morfotipo I, el número raíces comerciales representan el 23 % de las raíces totales, a la vez representan el 52 % del peso total de raíces. En el morfotipo II el 28 % del total de raíces es comercial lo que representa un 63 % del peso total de raíces. Para el morfotipo III el 30 % del total de raíces son comerciales, a su vez representan 65 % de la productividad total. En el morfotipo IV el 29 % del total de raíces son comerciales que representan el 65 % de la productividad total. En el morfotipo V se puede apreciar que el 36 % de raíces son comerciales que corresponden a un 62 % del peso total de raíces para este morfotipo. Para el morfotipo VI el 27 % del total de raíces son comerciales y representan el 63 % del peso total de raíces. En el morfotipo VII el 19 % del total de raíces son comerciales y representan el 40 % del peso total. El 31 % de raíces son comerciales que representa el 71 % del peso total de raíces esto para el morfotipo VIII.

El diagrama de Box-Plot (Figura 79) muestra la forma como están distribuidos los datos promedio de variable peso total de raíces (t/ha) respecto a la mediana, el morfotipo I muestra una distribución normal de los datos aunque presenta puntos outlier que indican que los promedios están por encima de la productividad máxima (datos fuera de lo común) lo cual influye en la determinación exacta del productividad promedio, de la misma manera existe distribuciones diversas para todas las variables de cada morfotipo.

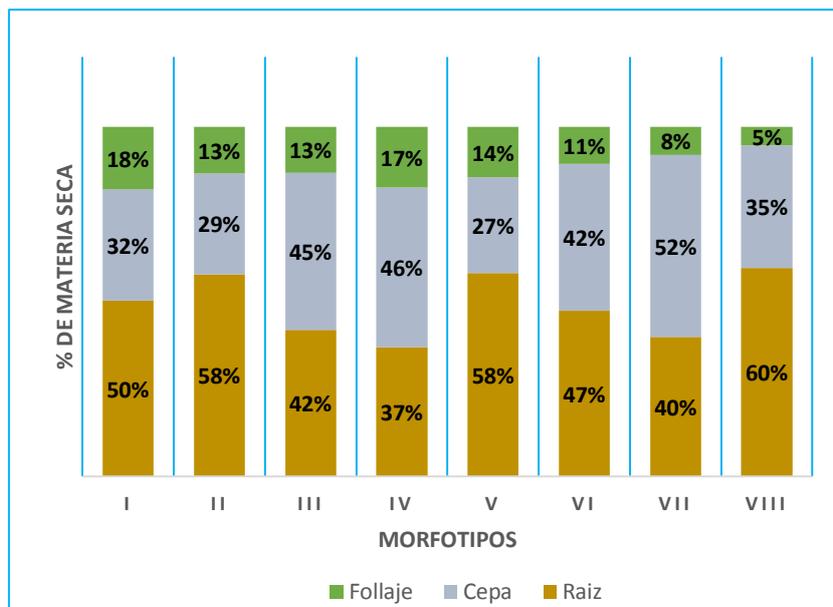


Figura 70. Asignación de materia seca a los órganos de la planta e índice de cosecha (% de materia seca en raíces tuberosas), de ocho morfotipos de yacón del norte peruano.

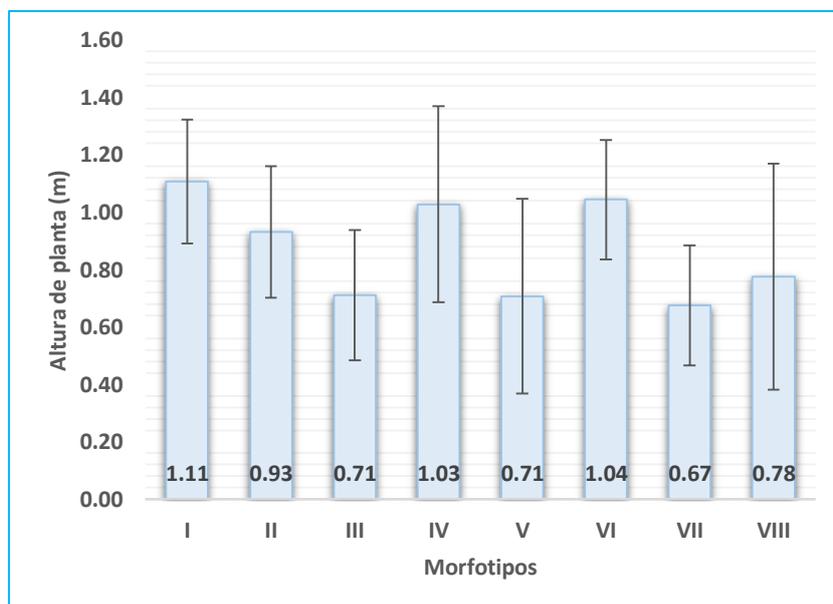


Figura 71. Promedios de altura de planta para ocho morfotipos de yacón.

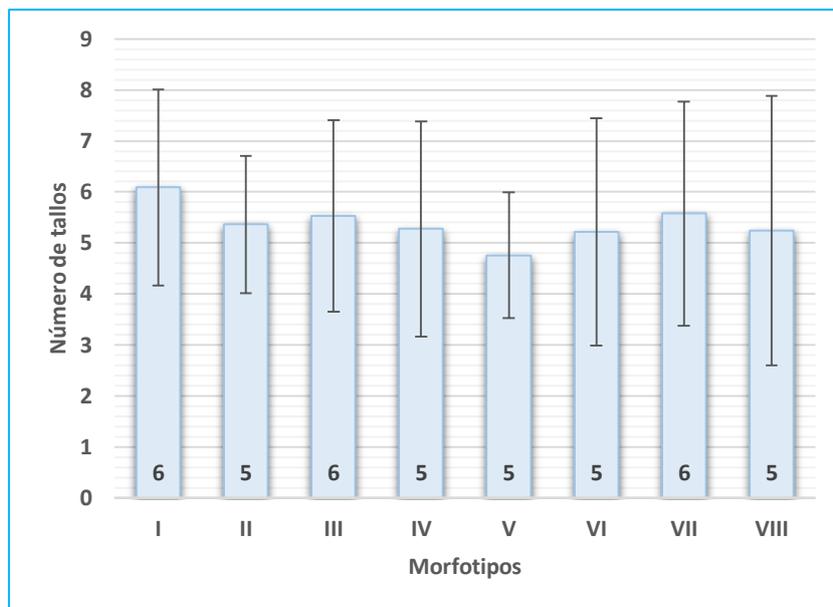


Figura 72. Promedios para número de tallos por planta para ocho morfotipos de yacón.

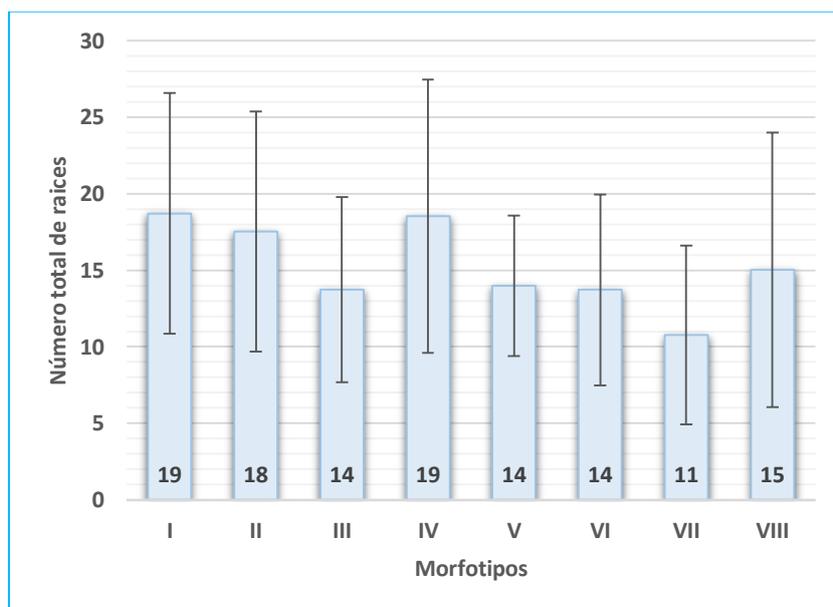


Figura 73. Promedios para número total de raíces por planta para ocho morfotipos de yacón.

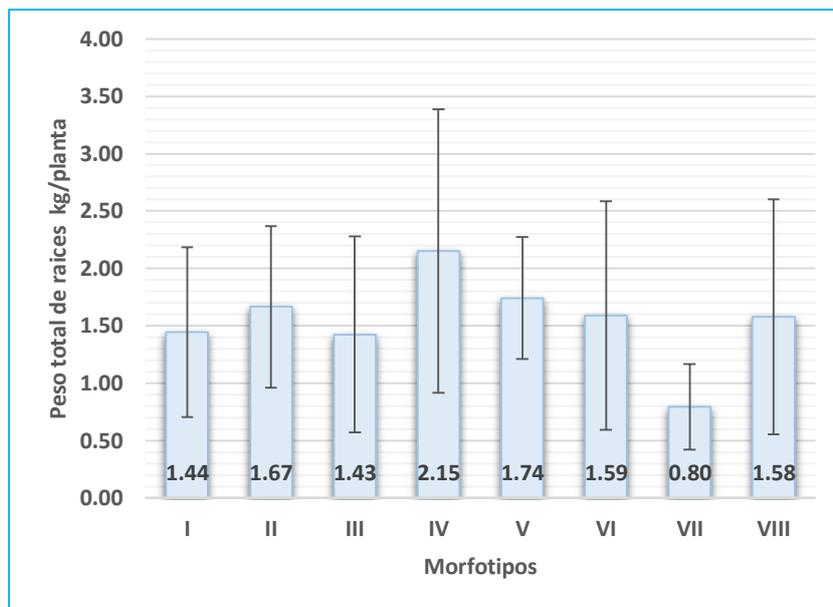


Figura 74. Promedios para peso total de raíces para ocho morfotipos de yacón.

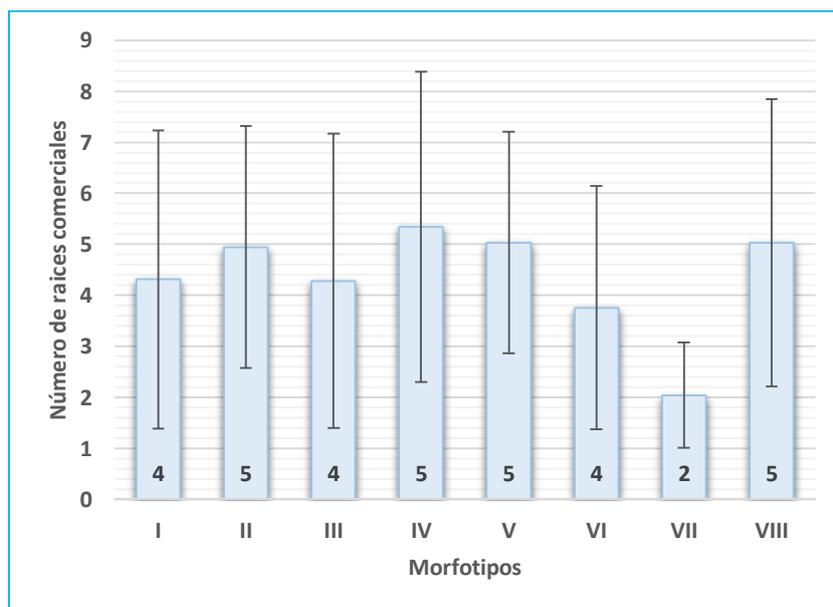


Figura 75. Promedios para número de raíces comerciales de ocho morfotipos de yacón.

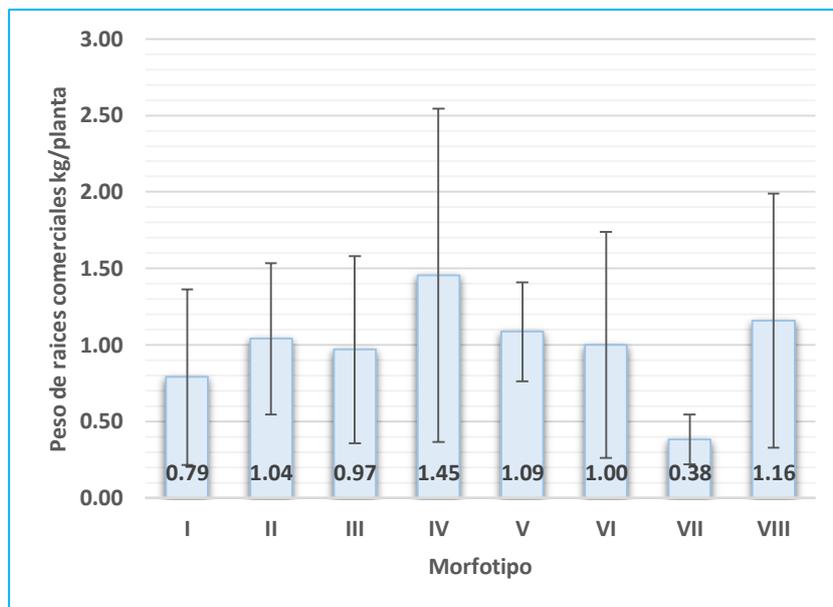


Figura 76. Promedios para peso de raíces comerciales para ocho morfotipos de yacón.

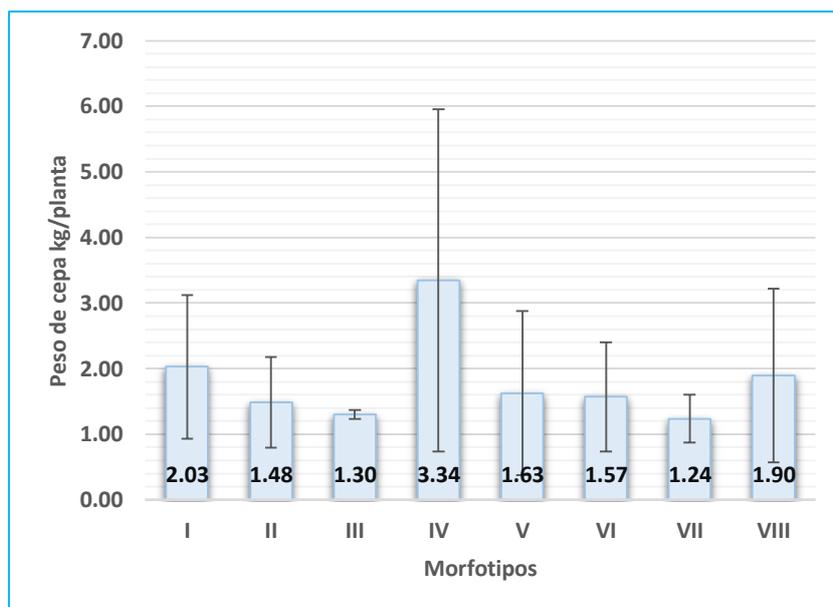


Figura 77. Promedios para peso de corona para ocho morfotipos de yacón.

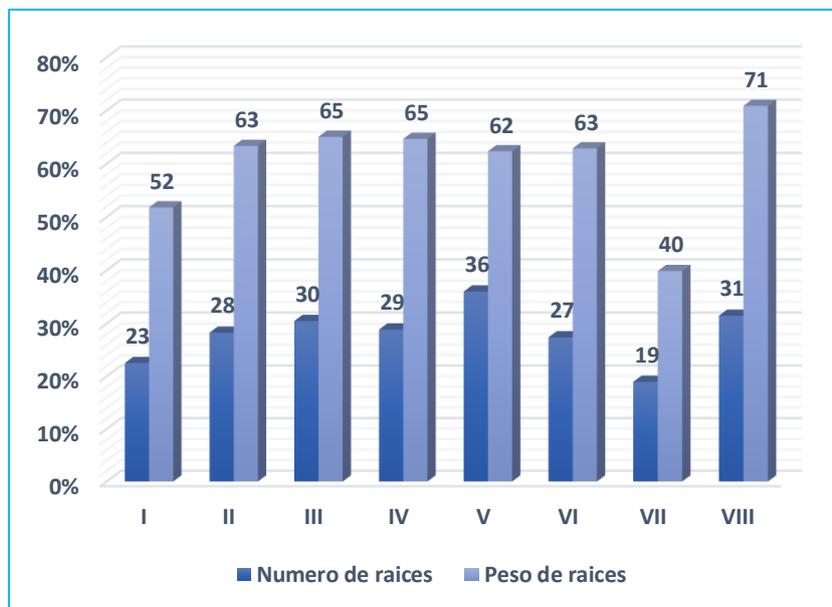


Figura 78. Porcentajes de número y peso de raíces comerciales, respecto al número y peso total de raíces.

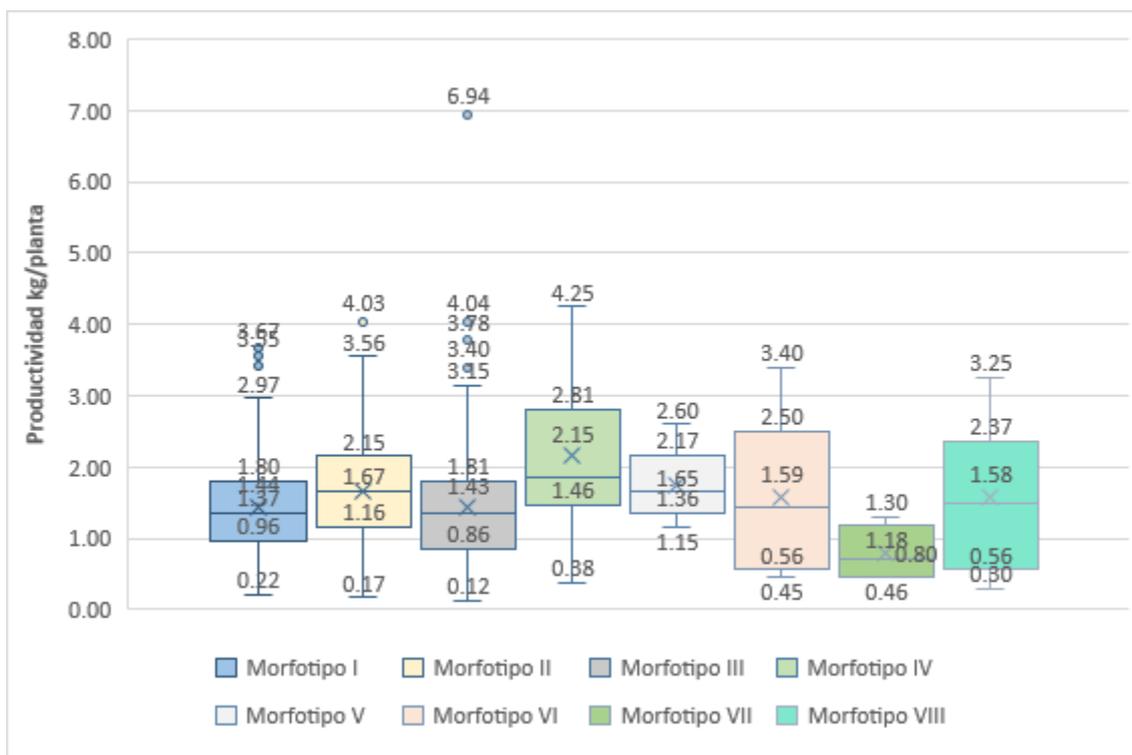


Figura 79. Diagrama de caja y bigotes para productividad total (kg/planta) de raíces en ocho morfotipos de yacón.

4.3. Relación entre la productividad y la precipitación, temperatura en los meses y años de evaluación

El comportamiento productivo general (incluye las entradas de los ocho morfotipos durante los cinco años evaluados) del yacón respecto a la precipitación tiene una variación baja (37.76 t/ha a 47.41 t/ha) no evidencia la influencia de la precipitación, esto probablemente se deba a que los requerimientos hídricos del yacón (650 –1000 mm/año) coinciden con la precipitación media anual presentadas en las campañas evaluadas (Figura 80). Asimismo, de la figura 81 podemos colegir que existe poca influencia de la temperatura media anual en el comportamiento productivo del yacón, hay que destacar que el cultivo es altamente sensible a las heladas, a su vez tiene un gran poder de regeneración esto posiblemente se deba a que cuenta con reservas abundantes en la corona.

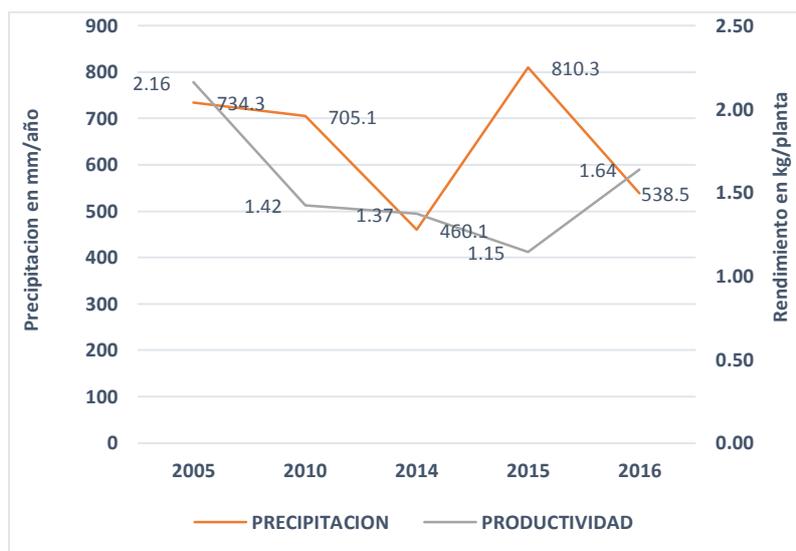


Figura 80. Producción promedio por año (kg/planta), en relación con la precipitación media anual (mm/año).

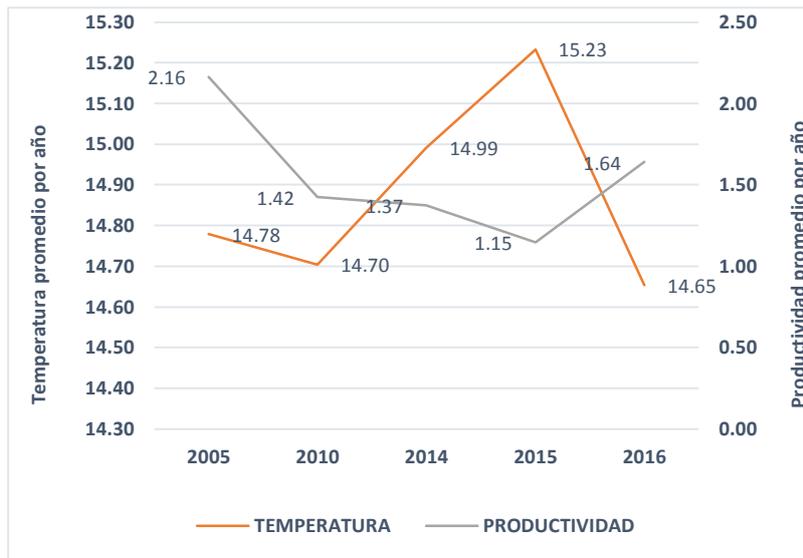


Figura 81. Producción promedio por año (kg/planta), en relación con la temperatura media anual (°C).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La productividad promedio más alta fue alcanzada por los morfotipos IV (San Ignacio), V (Cachachi) y II (Verde- Hualqui), 2.15 kg/planta (59.8 t/ha), 1.74 kg/planta (48.4 t/ha) y 1.67 kg/planta (46.3 t/ha), respectivamente.
- El promedio general (incluye todas las entradas de los ocho morfotipos) de productividad de raíces tuberosas (kg/planta) fue de 1.54 kg/planta (43.0 t/ha) y varió de 0.79 kg/planta (22.1 t/ha) a 2.15 kg/planta (59.8 t/ha)
- El promedio general de productividad comercial de raíces (kg/planta¹) fue de 0.98 kg/planta (27.4 t/ha) y varió de 0.38 a 1.45 kg/planta (10.55 t/ha - 40.27 t/ha).
- El morfotipo I (Purpura) alcanzó mayor altura (1.1 m), los morfotipos I (Purpura) y IV (San Ignacio) registraron 19 raíces por planta. El morfotipo IV (San Ignacio) alcanzó el peso de corona más alto 3.3 kg/planta (92.8 t/ha). El número de tallos en todos los morfotipos varió de cinco a seis.
- Las entradas que destacaron en productividad en cada morfotipo evaluado fueron;
- Entrada 91, morfotipo I (Purpura) con 2.0 kg/planta (55.6 t/ha); entrada 9, morfotipo II (Verde o Hualqui) con 2.2 kg/planta (61.1 t/ha); entrada 133, morfotipo III (verde, Otuzco) con 2.8 kg/planta (77.8 t/ha); entrada 107, morfotipo IV (San Ignacio) con 2.3 kg/planta (63.9 t/ha); entrada 21 del morfotipo V (Cachachi) con 1.7 kg/planta (47.2 t/ha); entrada 119, morfo VI (Taquia) con 1.7 kg/planta (46.5 t/ha); entrada 125, morfotipo VII (Moteado) con 0.8 kg/planta (22.1 t/ha); entrada 81, morfotipo VIII (Ancash) con 1.9 kg/planta (52.8 t/ha).

- Se encontraron correlaciones altamente significativas entre rendimiento y el número total de raíces en los morfotipos III, V y VII, en cambio en los morfotipos IV, VI VIII se encontró una correlación muy alta respecto al peso de cepa, los morfotipos I y II presentaron una correlación moderada del rendimiento respecto a número de raíces y peso de cepa.
- Se encontró alta correlación entre el rendimiento y número de raíces en los morfotipos V y VII, también, se mostró una alta correlación para la variable peso de corona para los morfotipos IV y V, el morfotipo VII es el único cuya correlación es alta para la relación entre productividad y el número de tallos. Los morfotipos I, II, III, VI y VIII mostraron una correlación moderada para la relación entre la productividad y el número de raíces
- Se encontró correlaciones de nula a baja para todos los morfotipos en la relación productividad y altura de planta, del mismo modo para la relación entre productividad y número de tallos se encontró una correlación de nula a baja excepto para el morfotipo VII que mostro una alta correlación.

Recomendaciones

- Realizar comparaciones de productividad entre morfotipos, mediante diseño experimental apropiado y evaluar los componentes, variando los factores de producción como densidad de siembra, abonamiento orgánico, época de siembra, etc.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaya J. 2002. Desenvolvimento de yacón (*Polymnia sonchifolia* Poep & Endl) a partir de rizóforos e de gemas axilares, em diferentes espaçamentos. Tese do título de Doutor em Agronomia – Area de concentração em horticultura, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Brasil. 89 p.

Azor, J. 2001. Regresión y correlación simple. Cátedra Estadística II. Universidad de Mendoza. Argentina. 33 p. Disponible en: <http://www.iuma.ulpgc.es/~nunez/mastertecnologiatelecomunicacion/Tema2InferenciaEstadistica/estadistica-y-R/5-ajuste.pdf>

Balladares, MH; Través, BR. 2009. Evaluación de seis morfotipos (ECU-1247, ECU-1251, ECU-9109, ECU-12767 del banco germoplasma del INIAP; (sanbuenaventura y locoa) de jícama (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl) con tres fertilizaciones de fondo en san jose 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>.

Bula, R. 2014. Análisis de Regresión. 33 p. disponible en: <http://es.slideshare.net/regline/regresion-35089727>

Córdova, A; Galecio, M. 2006. Identificación y evaluación agronómica de los biotipos de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en la microcuenca la gallega, Provincia de Morropón – Piura. (en línea). *Universalía* 11(2):14-23. Consultado 22 jul. 2016. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2924549.pdf>.

Di Rienzo, JA; Casanoves, F; González, L; Tablada, E; Díaz M; Robledo, C; Balzarini, M. 2009. Estadística para las Ciencias Agropecuarias. 7 ed. Córdoba, Argentina. Brujas 356 p.

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

Font Quer, P. 2001. Diccionario de botánica. 2 Ed. Editorial Labor, Barcelona, España 1236 p.

González, J. 2009. Análisis de Regresión y Correlación. Universidad Católica de Rionegro. 38 p. Disponible en: <http://es.slideshare.net/hepatopatas/analisis-de-regresion-y-correlacion>.

Grau A & J Rea. 1997. Yacón, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. In: Hermann M & J Heller (eds.): Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca e yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 21. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research. Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy, p. 199-242.

Hay, R.K.M; Walker, A.J. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. Longman Scientific & Technical. p. 190.

Hernández, R & Fernández, C. (1998). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill.

INEI (Instituto nacional de estadística e informática) 2014. Compendio estadístico Perú 2014. (en línea). consultado 01 ago. 2016. Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1173/cap12/cap12.pdf.

Infante, G; Zárate, G. 1984. Métodos estadísticos. México. Trillas 515 p.

López, E; Gonzales, B.2014 diseño y análisis de experimentos: Fundamentos y aplicaciones en Agronomía. 2 Ed. Guatemala. s.e.233 p.

Lugo, F. 2016 Yacón tipos de suelo. (en línea, sitio web). consultado 29 ene. 2017. disponible en <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2015/04/27/yacon-tipos-de-suelo/#comment-109>.

Machado, S. R., Oliveira, D. M., Dip, M. R., & Menezes, N. L. 2004. Morfoanatomía do sistema subterráneo de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson (Asteraceae). (en línea). *Revista Brasileira de Botânica* 27(1): 115-123. Consultado 22 jul. 2016. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbb/v27n1/v27n1a13.pdf>.

Mansilla, R; López, C; Blas, R; Arbizu, C. 2001. Caracterización de yacones, *Smallanthus sonchifolius*, cultivados del Perú. Simposio Latinoamericano de Raíces y Tubérculos (2,2001, Lima, Perú). Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). s.p.

Manrique, I; Hermann, M; Bernet T. 2004. Yacón - Ficha Técnica. (en línea) Centro Internacional de la Papa (CIP) Lima, Perú. Consultado 20 jul. 2016. Disponible en <http://infoandina.mtnforum.org/sites/default/files/publication/files/R2006082306.pdf>.

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.

Muñoz, A. 2009. Monografía del yacón (*Smallanthus sonchifolius*) Perúbiodiverso. Lima, Perú.

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

Polanco, M. & García, M. 2013. Caracterización morfológica y molecular de materiales de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl) H. Robinsón colectados en la eco región Eje Cafetero de Colombia. (en línea). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 4(2): 97-106. Consultada 22 jul. 2016. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5344987.pdf>.

Seminario, J; Valderrama, M. 2002. Origen de las raíces andinas: Centro de origen de las raíces andinas. In Memoria. Curso nacional cultivo y aprovechamiento del yacón (1, 2002, Cajamarca, Perú). Cajamarca Perú, Universidad Nacional de Cajamarca, Centro Internacional de la Papa (CIP), Instituto Cuencas – Agroacción Alemania, CONSUDE-PY MAGROS 114p.

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; 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; Manrique, I. 2003. El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Lima, Perú, 60 p.

_____; Valderrama, M; Romero, J. 2004. Variabilidad morfológica y distribución geográfica del yacón, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, en el norte peruano. *Arnaldoa* 11(1): 139-160.

_____. 2008a. Manejo técnico productivo del cultivo de yacón. Módulo I: El yacón en el contexto de la biodiversidad Andina. Perúbiodiverso.

_____. 2008d Manejo técnico productivo del cultivo de yacón. Módulo IV: Cosecha y postcosecha del yacón. Perúbiodiverso.

Svobodová, E; Dvoráková, Z; Cepková, P.H; Viehmannová, I; Havlíčková, L Fernández, E; Russo, D. & Meza, G. 2013. Genetic diversity of yacon (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson) and its wild relatives as revealed by ISSR Markers (original en inglés). *Journal of Biochemical Systematics and Ecology* (50): 383–389.

Universidad de Salamanca. 1990. Regresión y Correlación. Parte básica. Sexta Unidad Didáctica. P: 352-367. Disponible en: <http://biplot.usal.es/problemas/libro/6%20%20Regresion.pdf>

Valderrama, M. 2005. Manual del cultivo de yacón. Experiencias de introducción y manejo técnico en el valle Condebamba. Programa PYMAGROS. Disponible en <http://www.asocam.org/biblioteca/files/original/74455093814a213d6976637f4f71ad5f.pdf>.

Valderrama, M; Seminario, J. 2002. Morfología y fisiología del yacón: Morfología general de la planta. In Memoria. Curso nacional cultivo y aprovechamiento del yacón (1, 2002, Cajamarca, Perú). Cajamarca Perú, Universidad Nacional de Cajamarca, Centro Internacional de la Papa (CIP), Instituto Cuencas – Agroacción Alemania, CONSUDE-PYMAGROS 114 p.

Vegas, D; Bracamonte, O; Valladolid, A. 2015. Caracterización morfológica de seis variedades parentales de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y trece cruces obtenidas de un plan de hibridación. (en línea) Revista Peruana de Biología. 22(2): 175-192. Consultado el 25 jul. 2016. Disponible en <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v22i2.11352>.

Vila, A; Sedano, M; López, A; Juan, A. 2003. Análisis de regresión y correlación lineal. Proyecto e-Math. Financiado por la Secretaria de Estado de Educación y Universidades (MECD). 21 p. Disponible en: <http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/RegresionLineal.pdf>

CAPITULO VI

ANEXOS.

Tabla 53. Datos de pasaporte del germoplasma de yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson), UNC.

ENTRADA	LOC	ALT	LAT S	LON O	CAS	DIST	PROV	DPTO	PAIS	NOAG
CLLUNC001	Ofusco	2550	-7,11750	-78,44194	Otuzco	Baños del Inca	Cajamarca	CA	PER	María Mosquera
CLLUNC002	Cuquita	2600	-7,23638	-78,36944	Chuquita	Jesús	Cajamarca	CA	PER	Aurora Torres
CLLUNC003	La Succha	2550	-7,23555	-78,38305	La Succha	Jesús	Cajamarca	CA	PER	Antenor Aguilar
CLLUNC004	La Succha	2550	-7,23555	-78,38305	La Succha	Jesús	Cajamarca	CA	PER	
CLLUNC005	La Chuquita	2650	-7,23638	-78,36944	La Chuquita	Jesús	Cajamarca	CA	PER	César Aguilar
CLLUNC006	Paccha	2900	-7,19111	-78,49638	Paccha	Cajamarca	Cajamarca	CA	PER	Julián Quispe
CLLUNC007	Yanamango	2600	-7,22722	-78,41666	Yanamango	Jesús	Cajamarca	CA	PER	Julia Huaccha
CLLUNC008	La Bendiza	2750	-7,24000	-78,40111	La Bendiza	Jesús	Cajamarca	CA	PER	Jorge Ruíz G.
CLLUNC009	La Bendiza	2750	-7,24000	-78,40111	La Bendiza	Jesús	Cajamarca	CA	PER	Jorge Ruíz G.
CLLUNC010	Cumbico	2700	-7,22722	-78,41666	Cumbico	Magdalena	Cajamarca	CA	PER	Serapio Arribasplata
CLLUNC011	Yanamango	2600	-7,22722	-78,41666	Yanamango	Jesús	Cajamarca	CA	PER	Manuela Silva
CLLUNC012	Yanamango	2600	-7,22722	-78,41666	Yanamango	Jesús	Cajamarca	CA	PER	Humberto Mendo
CLLUNC013	Yanamango	2600	-7,22722	-78,41666	Yanamango	Jesús	Cajamarca	CA	PER	Candelaria Chusho C.
CLLUNC014	Yanamango	2700	-7,22722	-78,41666	Yanamango	Jesús	Cajamarca	CA	PER	Eleuterio Vilca
CLLUNC015	Cumbico	2800	-7,20833	-78,61055	Cumbico	Magdalena	Cajamarca	CA	PER	Máximo Arribasplata
CLLUNC016	Cumbico	2600	-7,20833	-78,61055	Cumbico	Magdalena	Cajamarca	CA	PER	Germán Cusquisibán
CLLUNC017	Cumbico	2600	-7,20833	-78,61055	Cumbico	Magdalena	Cajamarca	CA	PER	Israel Monzón
CLLUNC018	Nuñumabamba	2300	-7,62138	-78,09861	Nuñumabamba	Cajabamba	Cajabamba	CA	PER	Artemio Romero
CLLUNC019*	Chuquibamba	2200	-7,62944	-78,14222	Chuquibamba	Cachachi	Cajabamba	CA	PER	Victor Salvatierra
CLLUNC020*	Chuquibamba	2200	-7,62944	-78,14222	Chuquibamba	Cachachi	Cajabamba	CA	PER	Fidencio Ordás M.
CLLUNC021	Chuquibamba	2200	-7,62944	-78,14222	Chuquibamba	Cachachi	Cajabamba	CA	PER	Santos Malón N.
CLLUNC022	Chuquibamba	2200	-7,62944	-78,14222	Chuquibamba	Cachachi	Cajabamba	CA	PER	Amílcar Rodríguez
CLLUNC023	Chuquibamba	2200	-7,62944	-78,14222	Chuquibamba	Cachachi	Cajabamba	CA	PER	Alejandro Baca
CLLUNC024*	Chuquibamba	2200	-7,62944	-78,14222	Chuquibamba	Cachachi	Cajabamba	CA	PER	Juan Flores Gómez
CLLUNC025	Chuquibamba	2200	-7,62944	-78,14222	Chuquibamba	Cachachi	Cajabamba	CA	PER	Clemente Pereda C.
CLLUNC026	Chuquibamba	2200	-7,62944	-78,14222	Chuquibamba	Cachachi	Cajabamba	CA	PER	Amílcar Rodríguez
CLLUNC027	Chuquibamba	2200	-7,62944	-78,14222	Chuquibamba	Cachachi	Cajabamba	CA	PER	Evaristo Flores V.
CLLUNC028	Churucana	2500	-7,62972	-78,06416	Churucana	Cajabamba	Cajabamba	CA	PER	Edelia Chacón de J.
CLLUNC029	Yanac	3080	-7,78083	-77,96555	Yanac	Huamachuco	Sánchez Carrión	LL	PER	Martina Peña Lavado
CLLUNC030	Yanac	3080	-7,78083	-77,96555	Yanac	Huamachuco	Sánchez Carrión	LL	PER	Ángel Peña lavado
CLLUNC031	El Cedro	2855	-6,97361	-78,85500	El Cedro	Calquis	San Miguel	CA	PER	Manuel Rodas E.
CLLUNC032*	Chota	2388	-6,55611	-78,64944	Chota	Chota	Chota	CA	PER	Ministerio Agricultura
CLLUNC033*	Otuzco	2850	-7,14666	-78,43555	Otuzco	Baños del Inca	Cajamarca	CA	PER	Eloy Cortez
CLLUNC034	Moyococha	2700	-7,14111	-78,51000	Moyococha	Cajamarca	Cajamarca	CA	PER	Segundo Villanueva
CLLUNC035	Corisorgona	3100	-7,13944	-78,54527	Corisorgona	Cajamarca	Cajamarca	CA	PER	Manuel Mendoza

Tabla 54. Datos de pasaporte del germoplasma de Yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl) H. Robinson). UNC.

ENTRADA	LOC	ALT	LATS	LONO	CAS	DIST	PROV	DPTO	PAÍS	NOAG
CLLUNC036	Corisorgona	3100	-7,13844	-78,54527	Corisorgona	Cajamarca	Cajamarca	CA	PER	Manuel Mendoza
CLLUNC037	La Variana	2300	-7,80777	-78,49805	La Variana	San Juan	Cajamarca	CA	PER	Ana Vallejo
CLLUNC038	La Variana	2300	-7,80777	-78,49805	La Variana	San Juan	Cajamarca	CA	PER	Eufemia Azañero Coro
CLLUNC039	La Variana	2300	-7,80777	-78,49805	La Variana	San Juan	Cajamarca	CA	PER	Nicanor Córdova
CLLUNC040	Otuzco	2550	-7,11861	-78,44277	Otuzco	Baños del Inca	Cajamarca	CA	PER	Rogelio Huamán
CLLUNC041	Otuzco	2550	-7,11861	-78,44277	Otuzco	Baños del Inca	Cajamarca	CA	PER	Aurelio Chávez
CLLUNC042	Otuzco	2600	-7,11750	-78,44194	Otuzco	Baños del Inca	Cajamarca	CA	PER	Leoncio Luicho Ch.
CLLUNC043	Otuzco	2550	-7,11861	-78,44277	Otuzco	Baños del Inca	Cajamarca	CA	PER	María Rudas Bacón
CLLUNC044	Namora	2750	-7,19833	-78,31500	Namora	Namora	Cajamarca	CA	PER	María Camacho Roncal
CLLUNC045	Namora	2750	-7,20027	-78,32611	Namora	Namora	Cajamarca	CA	PER	Segundo Correa
CLLUNC046	Namora	2750	-7,20027	-78,32611	Namora	Namora	Cajamarca	CA	PER	Ricardina Lara
CLLUNC047	San Silvestre	2950	-6,99333	-78,76444	San Silvestre	San Silvestre	San Miguel	CA	PER	Francisco Chuquilín
CLLUNC048	Nitisuyo	2800	-6,99333	-78,76444	Nitisuyo	San Miguel	San Miguel	CA	PER	José Gamarra Z.
CLLUNC049	Sayamud	2800	-7,00166	-78,86944	Sayamud	San Miguel	San Miguel	CA	PER	Aquino Hernández
CLLUNC050	Contumazá	2600	-7,36500	-78,80138	Contumazá	Contumazá	Contumazá	CA	PER	Demetrio Alva
CLLUNC051	Socchedón	2300	-7,41027	-78,77166	Socchedón	Contumazá	Contumazá	CA	PER	Eleuterio Alva
CLLUNC052	Chapolán	2250	-7,40666	-78,63111	Chapolán	Contumazá	Contumazá	CA	PER	Facundo Plascencia
CLLUNC053	Silacot	2500	-7,35666	-78,68055	Silacot	Contumazá	Contumazá	CA	PER	Atilano Díaz
CLLUNC054	Ogoris	2200	-7,29416	-78,47916	Ogoris	San Juan	Cajamarca	CA	PER	Félix Mendoza
CLLUNC055	Sapuc	2600	-7,35222	-78,53805	Sapuc	Asunción	Cajamarca	CA	PER	Felicita Vásquez
CLLUNC056	Sapuc	2900	-7,36223	-78,53527	Sapuc	Asunción	Cajamarca	CA	PER	Isaac Medina
CLLUNC057	Sapuc	2600	-7,35222	-78,53805	Sapuc	Asunción	Cajamarca	CA	PER	Edilberto Zavala
CLLUNC058	Yacshucuna	3200	-7,15944	-77,86944	Yacshucuna	Ucuncha	Bolívar	LL	PER	Ramón Bazán
CLLUNC059	Ambasal	1600	-4,57500	-79,74446	Ambasal	Ayabaca	Ayabaca	PI	PER	Gricelda Criollo
CLLUNC060	Luplún	2400	-4,62583	-79,61666	Luplún	Sicchez	Ayabaca	PI	PER	Leonila Saavedra
CLLUNC061	Ayavaca	2709	-4,63583	-79,71361	Ayabaca	Ayabaca	Ayabaca	PI	PER	Gerardo Avendaño
CLLUNC062	Sicchez	2300	-4,61250	-79,77083	Sicchez	Sicchez	Ayabaca	PI	PER	Nelson Troncos
CLLUNC063	Pampachica	2655	-7,61777	-78,03611	Pampachica	Cajabamba	Cajabamba	CA	PER	Rosa Tirado
CLLUNC064	Puente Piedra	3050	-7,78444	-78,03611	Puente Piedra	Huamachuco	Sánchez Carrión	LL	PER	Jesús Anticona
CLLUNC065	Parubamba	2655	-7,61777	-78,03611	Parubamba	Cajabamba	Cajabamba	CA	PER	Celta Ruiz
CLLUNC066	Cruzpampa	3500	-7,01000	-78,88305	Cruzpampa	San Miguel	San Miguel	CA	PER	Emilio Cueva Quispe
CLLUNC067	La Quinoa	2900	-6,78333	-78,48916	La Quinoa	Bambamarca	Hualgayoc	CA	PER	Clara Ortiz Llanos
CLLUNC068	El Tambillo	2800	-6,80416	-78,51638	El Tambillo	Bambamarca	Hualgayoc	CA	PER	Segundo Mendoza
CLLUNC069	Llaucán	2565	-6,76250	-78,52250	Llaucán	Bambamarca	Hualgayoc	CA	PER	Juan Lozano Meza
CLLUNC070	Llaucán	2500	-6,73916	-78,52250	Llaucán	Bambamarca	Hualgayoc	CA	PER	Wilder Mires Cuenca
CLLUNC071	Llaucán	2500	-6,73916	-78,52250	Llaucán	Bambamarca	Hualgayoc	CA	PER	Wilder Mires Cuenca
CLLUNC072	Mayhuasi	2600	-6,71833	-78,52527	Mayhuasi	Bambamarca	Hualgayoc	CA	PER	Aurelio Soto Vásquez
CLLUNC073	San Antonio	2900	-7,31446	-78,68555	San Antonio	Contumazá	Contumazá	CA	PER	Demetrio Guarniz
CLLUNC074	El Milagro	2700	-7,10330	-78,53805	El Milagro	Cajamarca	Cajamarca	CA	PER	
CLLUNC075	Sapuc	2650	-7,35944	-78,54250	Sapuc	Asunción	Cajamarca	CA	PER	Clemente Mendoza A.

Tabla 55. Datos de pasaporte del germoplasma de Yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. &Endl) H. Robinson). UNC.

ENTRADA	LOC	ALT	LATS	LONO	CAS	DIST	PROV	OPTO	PAÍS	NOAG
CLLUNC076	Sucre	2600	-6,93333	-78,13333	Sucre	Sucre	Celendín	CA	PER	
CLLUNC077	Pampam	3100	-10,11666	-77,15000	Pampam	Bolognesi	Bolognesi	AN	PER	
CLLUNC078	Cochayó	2900	-9,20000	-77,68333	Cochayó	Yungay	Yungay	AN	PER	
CLLUNC079	Cuzco	3220	-13,55000	-71,85000	Cuzco	Cuzco	Cuzco	CU	PER	
CLLUNC080*	San Isidro	2900	-9,20000	-77,68330	San Isidro	Shupluy	Yungay	AN	PER	
CLLUNC081	La Florida	2900	-10,13333	-77,15000	La Florida	La Florida	Bolognesi	AN	PER	
CLLUNC082		3200	-12,33333	-75,78333		Yauyos	Yauyos	LI	PER	
CLLUNC083	Chiquián	3300	-10,13333	-77,15000	Chiquián	Bolognesi	Bolognesi	AN	PER	
CLLUNC084	Arwaypampa	2700	sin dato	-77,63333	Arwaypampa	Carhuaz	Carhuaz	AN	PER	
CLLUNC085*	Sucre	2600	-6,93333	-78,13333	Sucre	Sucre	Celendín	CA	PER	
CLLUNC086	Roncopata	3180	-13,65000	-73,48333	Roncopata	Andahuaylas	Andahuaylas	AP	PER	
CLLUNC087	Can-can	2600	-7,18333	-78,31666	Can-can	Cajamarca	Cajamarca	CA	PER	
CLLUNC088	San Juan Pampa	2300	-6,55000	-78,63333	San Juan Pampa	Chota	Chota	CA	PER	
CLLUNC089	José Gálvez	2600	-6,91666	-78,11666	José Gálvez	José Gálvez	Celendín	CA	PER	
CLLUNC090	Bambamarca	2500	-6,66666	-78,50000	Bambamarca	Bambamarca	Hualgayoc	CA	PER	
CLLUNC091	Cochahuayin	2500	-9,13333	-77,73333	Cochahuayin	Yungay	Yungay	AN	PER	
CLLUNC092	Llipta	3400	-9,21666	-77,61667	Llipta	Carhuaz	Carhuaz	AN	PER	
CLLUNC093*	Carhuanca	3000	-13,73333	-73,78333	Carhuanca	Carhuanca	Vilcashuamán	AY	PER	
CLLUNC094	José Gálvez	2600	-6,91667	-78,11666	José Gálvez	José Gálvez	Celendín	CA	PER	
CLLUNC095	Chota	2900	-6,55000	-78,63333	Chota	Chota	Chota	CA	PER	
CLLUNC096	Frutillo	2600	-6,66666	-78,50000	Frutillo	Bambamarca	Hualgayoc	CA	PER	
CLLUNC097*	Machacuay	2810	-7,61666	-78,03330	Machacuay	Cajabamba	Cajabamba	CA	PER	
CLLUNC098	Nuevo Paraíso	1600	-5,34000	-78,83916	Nuevo Paraíso	Chirinos	San Ignacio	CA	PER	Marcolina Córdova J.
CLLUNC099	La Tranca	1800	-5,34000	-78,83916	La Tranca	Chirinos	San Ignacio	CA	PER	Félix Meléndez Ozeta
CLLUNC100*	La Tranca	1850	-5,34000	-78,83916	La Tranca	Chirinos	San Ignacio	CA	PER	Ignacio Cruz Neira
CLLUNC101*	La Tranca	1800	-5,34000	-78,83916	La Tranca	Chirinos	San Ignacio	CA	PER	Félix Meléndez Ozeta
CLLUNC102	Chenten	2240	-6,44833	-78,89750	Chenten	Huambos	Chota	CA	PER	
CLLUNC103	Querocoto	2270	-6,33583	-79,00416	Querocoto	Querocoto	Chota	CA	PER	Obdulia Díaz
CLLUNC104	Huañambra	2780	-6,88472	-78,16500	Huañambra	Celendín	Celendín	CA	PER	Yolanda Medina
CLLUNC105	Tacamache	2850	-6,67944	-78,75166	Tacamache	Chugur	Hualgayoc	CA	PER	Marcial Mejía Estela

Tabla 56. Datos de pasaporte del germoplasma de Yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. &Endl) H. Robinson). UNC.

ENTRADA	LOC	ALT	LATS	LONO	CAS	DIST	PROV	OPTO	PAÍS	NOAG
CLLUNC106	Trigopampa	2600	-7,89388	-78,58333	Trigopampa	Otuzco	Otuzco	LL	PER	PiÓ Gil Pacheco
CLLUNC107	Chirinos	1550	-5,30416	-78,89194	Chirinos	Chirinos	San Ignacio	CA	PER	Demetrio Vásquez
CLLUNC108	Ahuabamba	2020	-13,01083	-72,23055	Ahuabamba	Machu picchu	Urubamba	CU	PER	
CLLUNC109*	La Soledad	1900	-5,62277	-79,15194	La Soledad	Jaén	Jaén	CA	PER	Armando Heredia S.
CLLUNC110	La Soledad	1900	-5,62277	-79,15194	La Soledad	Jaén	Jaén	CA	PER	Armando Heredia S.
CLLUNC111	Taquia	2330	-6,26083	-77,84777	Taquia	Chachapoyas	Chachapoyas	AM	PER	
CLLUNC112*	Taquia	2330	-6,26083	-77,84777	Taquia	Chachapoyas	Chachapoyas	AM	PER	
CLLUNC113	La Grama	2000	-7,45916	-78,12222	La Grama	La Grama	San Marcos	CA	PER	
CLLUNC114	Incahuasi	3000	-6,23277	-79,31694	Incahuasi	Incahuasi	Ferreñafe	LA	PER	
CLLUNC115	Chilin	2720	-7,35777	-78,79330	Chilin	Contumazá	Contumazá	CA	PER	
CLLUNC116	Bambamarca	2550	-6,67750	-78,51972	Bambamarca	Bambamarca	Hualgayoc	CA	PER	
CLLUNC117	Chilingate	2050	-6,53250	-77,78777	Chilingate	Leimebamba	Chachapoyas	AM	PER	María Escuadra
CLLUNC118	Hualqui	2400	-7,27888	-78,32055	Hualqui	Jesús	Cajamarca	CA	PER	Mario Medina
CLLUNC119	Shucayacu	1870	-5,76611	-77,85861	Shucayacu	Yambrasbamba	Bongará	AM	PER	
CLLUNC120	Shucayacu	1870	-5,76611	-77,85861	Shucayacu	Yambrasbamba	Bongará	AM	PER	Moisés Rocha Nuñez
CLLUNC121	Pauca Chadin	2500	-6,44550	-78,59110	Pauca Chadin	Chapín	Chota	CA	PER	Mercedes Choten
CLLUNC122	Wuasicag	3000	-6,22000	-79,29000	Wuasicag	Inkawasi	Ferreñafe	LA	PER	Mercedes Choten
CLLUNC123*	San Ignacio	1220	-5,16500	-79,00440	San Ignacio	San Ignacio	San Ignacio	CA	PER	Rosel Nuñez
CLLUNC124	San Ignacio	1220	-5,16500	-79,00440	San Ignacio	San Ignacio	San Ignacio	CA	PER	
CLLUNC125	San Ignacio	1300	-5,20450	-79,00510	San Ignacio	San Ignacio	San Ignacio	CA	PER	Rosel Nuñez

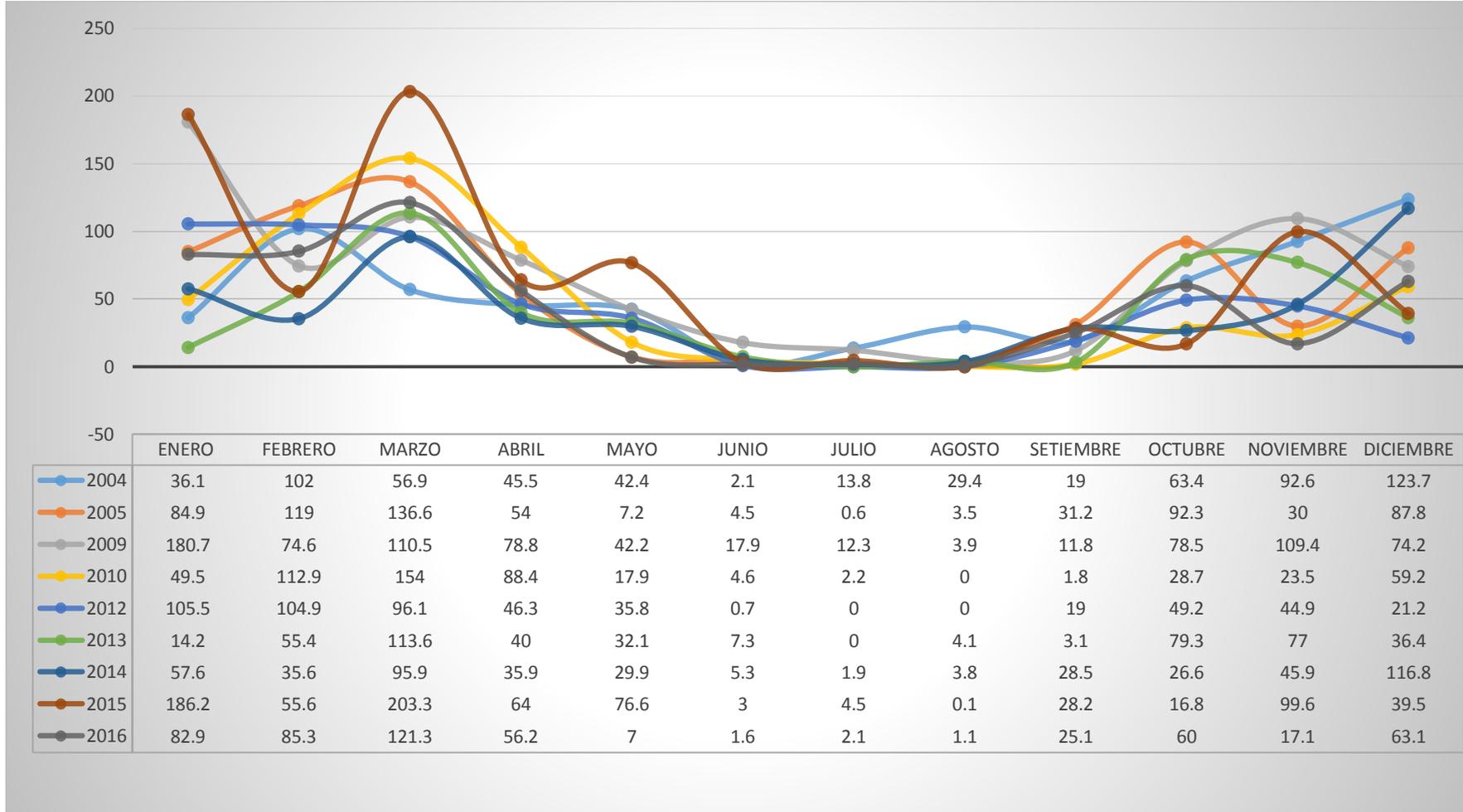


Figura 82. Precipitación media mensual de los años de evaluación.

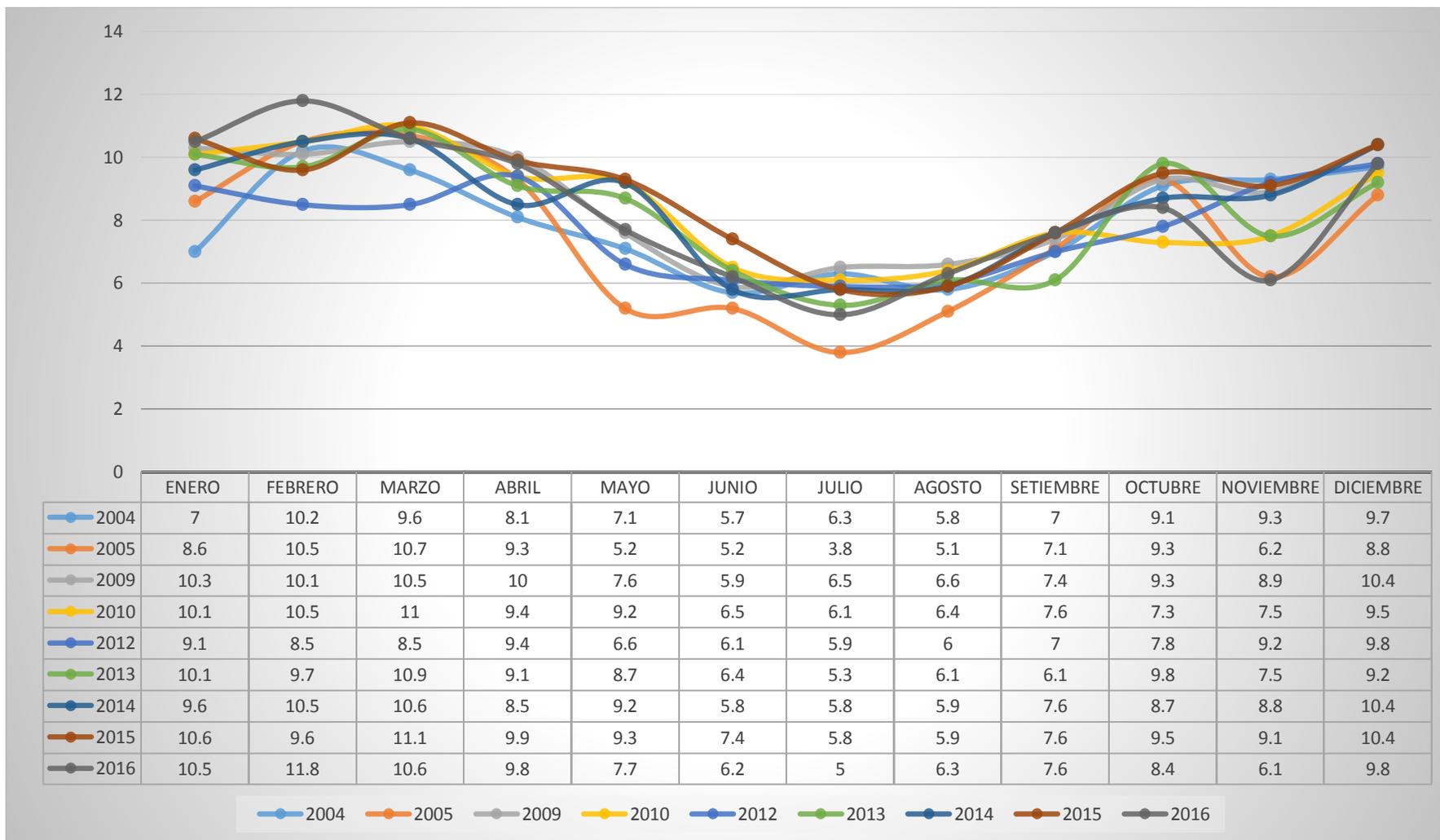


Figura 83. Temperatura mínima media mensual de los años de evaluación.

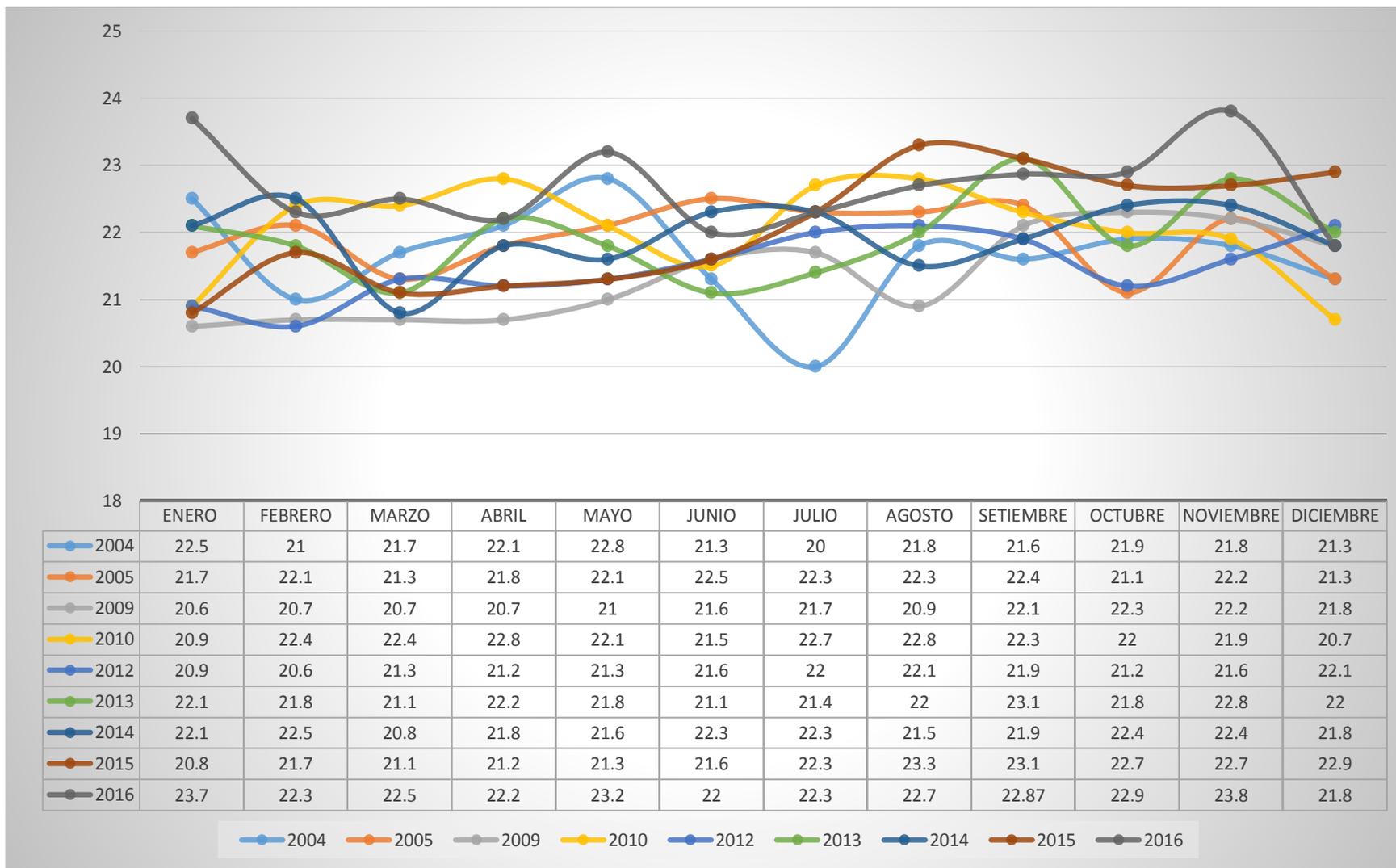


Figura 84. Temperatura máxima media mensual de los años de evaluación.

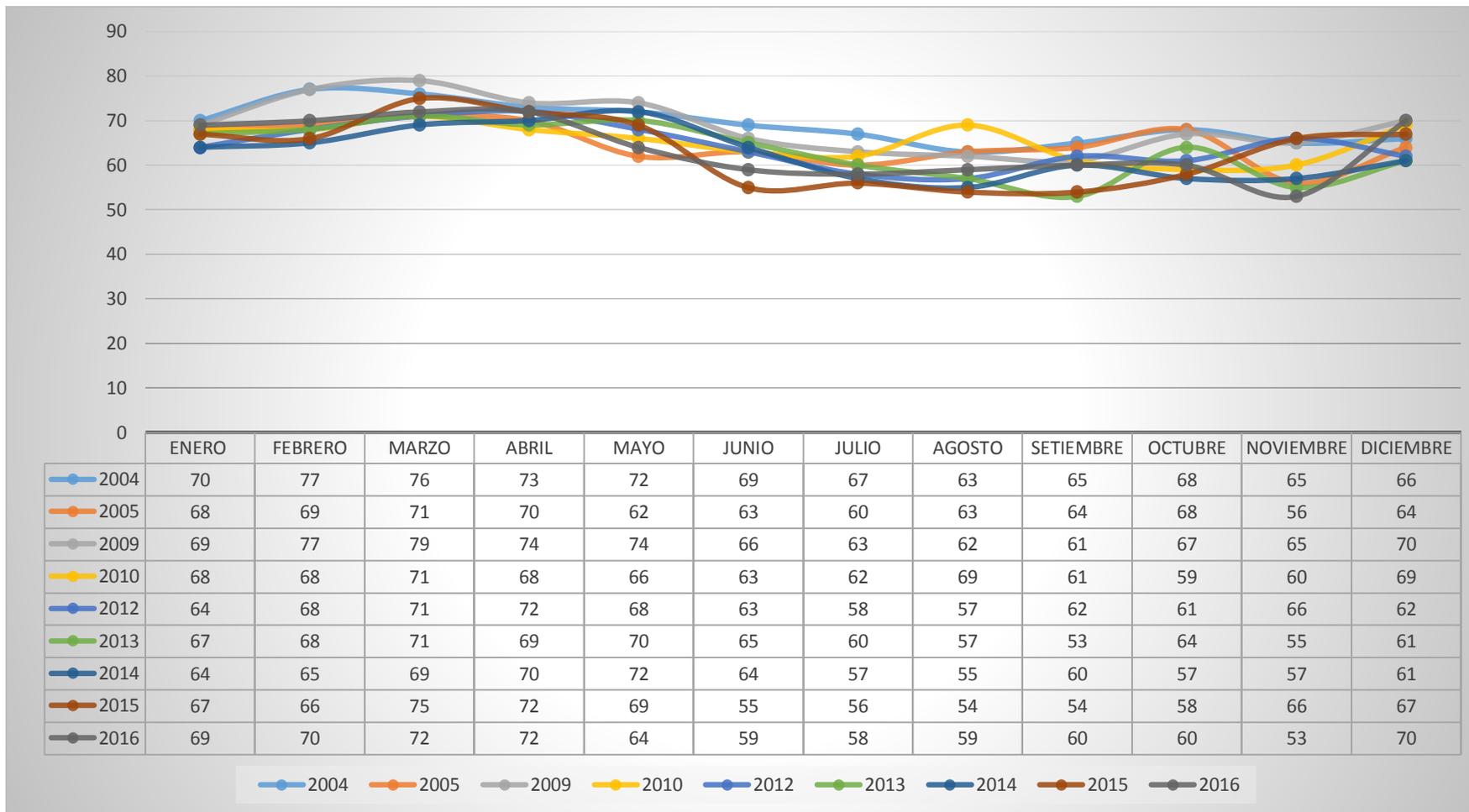


Figura 85. Humedad relativa media mensual de los años de evaluación