

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



MAESTRIA EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS

VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DE LA TAYA, *Caesalpinia spinosa* (Molina)
Kuntze, EN BOSQUES NATURALES DE NUEVE PROVINCIAS DE CAJAMARCA,
PERÚ

Para optar el Grado Académico de
MAESTRO EN CIENCIAS

Presentada por:
JIM JAIRO VILLENA VELÁSQUEZ

Asesor:
Dr. JUAN SEMINARIO CUNYA

CAJAMARCA, PERÚ

2018

COPYRIGHT © 2018 by
JIM JAIRO VILLENA VELÁSQUEZ
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



MAESTRIA EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS APROBADA

VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DE LA TAYA, *Caesalpinia spinosa* (Molina)
Kuntze, EN BOSQUES NATURALES DE NUEVE PROVINCIAS DE CAJAMARCA,
PERÚ

**Para optar el Grado Académico de
MAESTRO EN CIENCIAS**

Presentada por:

JIM JAIRO VILLENA VELÁSQUEZ

Comité Científico

Dr. Juan Seminario Cunya
Asesor

Dr. Juan Chávez Rabanal
Presidente del Comité

Dr. Edín Alva Plasencia
Primer Miembro Titular

M.sc. Walter Roncal Briones
Segundo Miembro Titular

CAJAMARCA, PERÚ

2018



Universidad Nacional de Cajamarca

Escuela de Posgrado

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

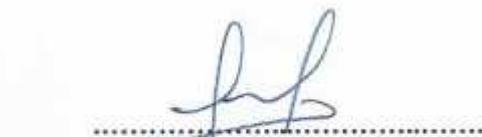
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

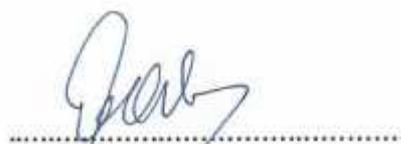
Siendo las 8:20 de la mañana del día 05 de octubre de Dos Mil Dieciocho, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. JUAN CHÁVEZ RABANAL**, como Miembro del Jurado Evaluador, **Dr. JUAN SEMINARIO CUNYA** en calidad de Asesor, **Dr. EDÍN ALVA PLASENCIA, M.Sc. WALTER RONCAL BRIONES**, como integrantes del Jurado Evaluador. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada **"VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DE LA TAYA, *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, EN BOSQUES NATURALES DE NUEVE PROVINCIAS DE CAJAMARCA, PERÚ"**, presentada por el **Bach. en Ingeniería Forestal JIM JAIRO VILLENA VELÁSQUEZ**, con la finalidad de optar el Grado Académico de **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, con Mención en **GESTIÓN AMBIENTAL**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó 8:40 con la calificación de DIECISIETE (17) Excelente la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bach. en Ingeniería Forestal JIM JAIRO VILLENA VELÁSQUEZ**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, con Mención en **GESTIÓN AMBIENTAL**.

Siendo las 9:40 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Juan Chávez Rabanal
Miembro de Jurado Evaluador


.....
Dr. Juan Seminario Cunya
Asesor


.....
Dr. Edín Alva Plasencia
Miembro de Jurado Evaluador


.....
M.Sc. Walter Roncal Briones
Miembro de Jurado Evaluador

A:

El omnipotente, quién guía mi horizonte llenando de pleitesía y gozo para los míos, el mismo que cruzó el destino multicolor de aquella persona que me devolvió la fe – Verónica H. Cortez, mi esposa, amiga y confidente; y a mi angelito que llena de luz mis días - Aleth Sundary mi hija, mi todo.

Acá sumó el hombre siglo sobre siglo,
cultura tras cultura, llanto junto a llanto,
siguió sumando sonrisas decimales,
grano de maíz y polvo de oro,
mujeres de vientre como espuma.
Juntó todo lo hecho dando gritos
y nació el Perú, por fin, sobre la tierra.

Gustavo Valcárcel

CONTENIDO

	Pág.
CAPÍTULO I	17
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO II	21
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. Antecedentes de la investigación	21
2.1.1. Variabilidad morfológica de la <i>C. spinosa</i> en otros países	27
2.2. Bases teóricas	28
2.2.1. Recursos genéticos forestales (RGF)	28
2.2.2. Diversidad genética forestales (DGF)	28
2.2.2.1. Fuentes de variabilidad genéticas	31
2.2.2.1.1. Evolutiva	31
2.2.2.1.2. Geográfica	31
2.2.2.1.3. Domesticación	32
2.2.2.2. Expresión de la variabilidad	33
2.2.2.2.1. Botánicos - taxonómicos	34
2.2.2.2.2. Morfoagronómicos	34
2.2.2.2.3. Evolutivos	35
2.2.2.3. Caracterización morfológica de la variabilidad	37
2.2.2.3.1. Objetivos de la caracterización morfológica	40
2.2.2.4. Descriptores	41
2.2.2.4.1. Descriptores de pasaporte	42
2.2.2.4.2. Descriptores de manejo	42
2.2.2.4.3. Descriptores del sitio y el medio ambiente	42
2.2.2.4.4. Descriptores de caracterización	43
2.2.2.4.5. Descriptores de evaluación	43
2.2.2.5. Caracterización de frutos y semillas	43
2.2.2.6. Caracterización de la flor	45
2.2.3. Clasificación taxonómica de la <i>C. spinosa</i>	45
2.2.3.1. La familia Fabaceae Lindley (Nom. Alt. Leguminosae Juss.; Papilionaceae Giseke)	46
2.2.3.2. Subfamilia I. Caesalpinioideae (R. Br.) DC.	47
2.2.3.3. Tribu I. Caesalpinieae Benth	48
2.2.3.4. <i>Caesalpinia</i>	48
2.2.3.5. Especies de <i>Caesalpinia</i> reportadas en Perú	49
2.2.3.6. <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze	51
2.2.3.6.1. Descripción morfológica de la <i>C. spinosa</i>	52
2.2.3.6.2. Distribución de la <i>C. spinosa</i>	53
2.2.3.6.3. Clima de la <i>C. spinosa</i>	53

2.2.3.6.4. Zonas de vida donde se desarrolla la <i>C. spinosa</i>	54
2.2.3.6.5. Composición química de los órganos principales de la <i>C. spinosa</i>	54
2.2.3.6.6. Usos industriales de <i>C. spinosa</i>	55
2.2.3.6.7. Uso en medicina alopática y tradicional de la <i>C. spinosa</i>	56
2.2. Definición de términos	58
CAPÍTULO III	64
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. Descripción del ámbito de estudio	64
3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	66
3.3. Definición de los descriptores morfológicos para la <i>C. spinosa</i>	70
3.3.1. Procesamiento y análisis de los datos cualitativos	70
3.3.2. Procesamiento y análisis de los datos cuantitativos	71
CAPÍTULO IV	77
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Datos pasaporte de las colectas	77
4.2. Definición de los descriptores y sus estados	80
4.3. Caracterización morfológica del germoplasma de <i>C. spinosa</i> de la región Cajamarca	84
4.3.1. Análisis de agrupamiento	87
4.3.2. Análisis de componentes principales (CP), según caracteres cualitativos	95
4.3.3. Morfometría de la vaina y semilla de la <i>C. spinosa</i>	99
4.3.3.1. Análisis de agrupamiento	101
4.3.3.2. Análisis de componentes principales (CP), según caracteres cuantitativos	103
4.3.4. Correlación de variables de vaina y semilla de la <i>C. spinosa</i>	107
4.3.4.1. Correlación para las variables largo de semilla (LS) y ancho de semilla (AS)	108
4.3.4.2. Correlación para las variables largo de vaina (LV) y ancho de vaina (AV)	108
4.3.4.3. Correlación para las variables espesor de vaina (EV) y peso de vaina (PV)	108
4.3.4.4. Correlación para las variables peso de semilla (PS) y espesor de semilla (ES)	108
4.3.4.5. Correlación para las variables número de semilla por vaina (NSV) y peso de semilla por vaina (PSV)	109
4.3.4.6. Correlación para las variables número de semillas por vaina (NSV) y peso de semilla (PS)	109
4.3.4.7. Correlación para las variables largo de vaina (LV) y peso de vaina (PV)	109
4.3.4.8. Correlación para las variables ancho de vaina (AV) y peso de vaina (PV)	109
4.3.4.9. Correlación para las variables espesor de semilla (ES) y peso de vaina (PV)	110

CAPÍTULO V	113
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
CAPÍTULO VI	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
CAPÍTULO VII	127
ANEXOS	
7.1. Características de morfotipos de <i>C. spinosa</i> determinados en la región Cajamarca	127
7.2. Distribución lineal de variables de vaina y semilla de la <i>C. spinosa</i>	142

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación general de los tipos de caracteres	37
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la <i>C. spinosa</i>	45
Tabla 3. Especies de <i>Caesalpinia</i> reportadas para el Perú	50
Tabla 4. Sinonimia de la <i>C. spinosa</i>	52
Tabla 5. Zonas de vida donde se desarrolla la <i>C. spinosa</i>	54
Tabla 6. Provincias donde se realizaron las colectas de accesiones	64
Tabla 7. Esquema de la matriz básica de datos (MBD) que se usó para ingresar los datos de la caracterización morfológica de las accesiones.	71
Tabla 8. Provincias donde se realizaron las colectas y número de colectas	77
Tabla 9. Datos pasaporte de las colectas de <i>C. spinosa</i> en las provincias de Cajamarca	78
Tabla 10. Matriz básica de datos de la caracterización cualitativa de vaina y semilla de 56 entradas de <i>C. spinosa</i>	84
Tabla 11. Grupos identificados, entradas que los conforman y su procedencia según caracteres cualitativos	88
Tabla 12. Morfotipos determinados de <i>C. spinosa</i> , denominación y descriptores morfológicos que las caracterizan .	89
Tabla 13. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por los tres primeros componentes principales, de 56 entradas de <i>C. spinosa</i> de la región Cajamarca, caracterizadas mediante 11 descriptores cualitativos.	95
Tabla 14. Cinco primeros componentes principales, proporción de la varianza total, caracteres y sus coeficientes de correlación en la caracterización de 56 entradas de <i>C. spinosa</i> a de la región Cajamarca.	96
Tabla 15. Matriz básica de datos de la caracterización cuantitativa de vaina y semilla de 56 entradas de <i>C. spinosa</i>	99
Tabla 16. Grupos identificados, entradas que los conforman y su procedencia según caracteres cuantitativos	103
Tabla 17. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por los cinco primeros componentes principales, de 56 entradas de <i>C. spinosa</i> de la región Cajamarca, caracterizadas mediante 11 descriptores cuantitativos.	104
Tabla 18. Tres primeros componentes principales, proporción de la varianza total, caracteres y sus coeficientes de correlación en la caracterización de 56 entradas de <i>C. spinosa</i> de la región Cajamarca.	105
Tabla 19. Grado de correlación de variables de vaina y semilla de 56 entradas de <i>C. spinosa</i> de la región Cajamarca	107
Tabla 20. Ecuación de regresión y coeficiente de determinación (r^2)	110
Tabla 21. Características morfométricas de vaina y semilla de estudios de caracterización morfológica de la <i>C. spinosa</i>	111
Tabla 22. Media lineal, máximas y mínimas, desviación estándar de datos cuantitativos de vaina y semilla de morfotipos de <i>C. spinosa</i> determinados	135
Tabla 23. Media lineal, máximas y mínimas, desviación estándar de datos cuantitativos de vaina y semilla de la <i>C. spinosa</i>	136

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1. Dibujo original de la <i>C. spinosa</i> L. Elaborado por la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada, dirigida por José Celestino Mutis (1783-1816)	51
Fig. 2. Mapa de la región Cajamarca, con indicaciones de los lugares donde se realizaron las observaciones y las colectas de material para la caracterización de la <i>C. spinosa</i>	65
Fig. 3. Elección de árboles de <i>C. spinosa</i> representativos	69
Fig. 4. Inflorescencia de <i>C. spinosa</i> a caracterizar	69
Fig. 5. Vainas de <i>C. spinosa</i> a caracterizar	69
Fig. 6. Diagrama de flujo de los pasos elementales para la aplicación de las técnicas de taxonomía numérica.	75
Fig. 7. Caracterización de vainas de <i>C. spinosa</i> (mediciones con vernier)	76
Fig. 8. Caracterización del color de vaina de <i>C. spinosa</i>	76
Fig. 9. Pesando vaina de <i>C. spinosa</i>	76
Fig. 10. Pesando semilla de <i>C. spinosa</i>	76
Fig. 11. Fenograma generado por el agrupamiento jerárquico de 56 entradas de <i>C. spinosa</i> caracterizados con 11 descriptores morfológicos cualitativos y mediante el método de ligamento UPGMA	86
Fig. 12. Morfotipo I “Globosa”	90
Fig. 13. Morfotipo II “Pubescente o barbada”	90
Fig. 14. Morfotipo III “Gigante”	91
Fig. 15. Morfotipo IV “Jancos”	91
Fig. 16. Morfotipo V “Semilla pequeña”	92
Fig. 17. Morfotipo VI “Blanca”	92
Fig. 18. Morfotipo VII “Roja”	93
Fig. 19. Morfotipos de <i>C. spinosa</i> determinados para la región Cajamarca: de izquierda a derecha. Morf. Globosa, pubescente o barbada (observe que la pubescencia ha caído en estado maduro, gigante, jancos, semilla pequeña, blanca y roja.	94
Fig. 20. Dispersión de 56 entradas de <i>C. spinosa</i> en nueve provincias de Cajamarca, en los dos primeros componentes principales con 11 descriptores cualitativos, Obsérvese que se forman seis grupos superpuestos.	98
Fig. 21. Fenograma generado por el agrupamiento jerárquico de 56 entradas de <i>C. spinosa</i> caracterizados con 11 descriptores morfológicos cuantitativos y mediante el método de ligamento UPGMA	102
Fig. 22. Dispersión de 56 entradas de <i>C. spinosa</i> en nueve provincias de Cajamarca, en los dos primeros componentes principales con 11 descriptores cuantitativos. Obsérvese que se forman seis pequeños grupos afines	106
Fig. 23. Vaina morfotipo Globosa, forma de semilla romboide y ubicación de hilo de semilla	127
Fig. 24. Vaina madura y semilla morfotipo Pubescente o barbada	128
Fig. 25. Vaina pubescente o barbada	128
Fig. 26. Vaina y semilla morfotipo “Gigante”	129
Fig. 27. Semilla morfotipo Gigante	129
Fig. 28. Vaina y semilla morfotipo “Jancos”	130
Fig. 29. Semilla morfotipo “Jancos”	130

Fig. 30. Vaina y semilla morfotipo “Semilla pequeña	131
Fig. 31. Semilla de morfotipo “Semilla pequeña”	131
Fig. 32. Vaina morfotipo “Blanca”	132
Fig. 33. Vaina y semilla morfotipo “Blanca”	132
Fig. 34. Vaina y semilla morfotipo “Roja”	133
Fig. 35. Semilla del morfotipo “Roja”	133
Fig. 36. Morfotipos determinados <i>C. spinosa</i> para la región Cajamarca: de Izquierda a derecha. Morfotipo. Globosa, pubescente o barbada, gigante, jancos, semilla pequeña, blanca y roja.	134
Fig. 37. Recta de regresión lineal largo de semilla (LS) y ancho de semilla (AS)	142
Fig. 38. Recta de regresión lineal para el largo de vaina (LV) y ancho de vaina (AV)	142
Fig. 39. Recta de regresión lineal para el espesor de vaina (EV) y peso de vaina (PV)	143
Fig. 40. Recta de regresión lineal para el peso de semilla (PS) y espesor de semilla (ES)	143
Fig. 41. Recta de regresión lineal para el número de semilla por vaina (NSV) y peso de semilla por vaina (PSV)	144
Fig. 42. Regresión y correlación lineal para el número de semillas por vaina (NSV) y peso de semilla (PS)	144
Fig. 43. Recta de regresión lineal para el largo de vaina (LV) y peso de vaina (PV)	145
Fig. 44. Recta de regresión lineal para ancho de vaina (AV) y peso de vaina (PV)	145
Fig. 45. Recta de regresión lineal para espesor de semilla (ES) y peso de vaina (PV).	146

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Juan Seminario Cunya, quién dedicó su tiempo, conocimiento y su paciencia, durante todo el sendero en buscar respuestas a todas las incógnitas planteadas, y que con sus aportes y guía fue posible dilucidar un extracto del conocimiento sobre esta especie maravillosa que es la *C. spinosa*.

Al Ing. Miguel Ángel Villar Cabeza, quién confió en mi persona para poder realizar la investigación, por todo su apoyo tanto técnico, profesional y personal, para ver culminado la tesis.

De manera especial a los esposos, Sr. Américo Arribasplata Ishpilco y Sra. Dolores Carrasco Narro; por la confianza, apoyo desinteresado y permitirnos explorar en su bosque de taya, en donde se logró identificar tres de los siete morfotipos determinados en el presente estudio

A Humberto Valdez Yopla, por su gran apoyo en el procesamiento de la data estadística, la misma que fue la base para poder identificar los caracteres que definieron los morfotipos determinados en este estudio.

Al grupo de investigación del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad Nacional de Cajamarca: Vásquez Hernández Nelly, Castillo Huarníz Erlín Iván y Aguilar La Torre Isaías, por su apoyo en la toma de datos de las accesiones.

LISTA DE ABREVIACIONES

ACP	Análisis de componentes principales
Clusters	Análisis de agrupamiento
CONICET	Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
DGF	Diversidad genética forestal
IPGRI	Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos
MBD	Matriz básica de datos
MINAGRI	Ministerio de Agricultura y Riego
NTSYS	Sistema de taxonomía numérica
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OTU	Unidad taxonómica operativa
RAPD	Amplificación aleatoria de ADN polimórfico
RFAA	Recurso forestal para la alimentación y la agricultura
RGF	Recurso genético forestal
UPOV	Unión internacional para la protección de las obtenciones vegetales
UPGMA	Método de grupo de pares no ponderado usando aritmética promedio

RESUMEN

Se estudió la variabilidad morfológica de la *C. spinosa* (Molina) Kuntze, con énfasis en los caracteres o descriptores cualitativos de alta heredabilidad. Se encontró que no existen caracteres diferenciales en la planta, hoja, tallo y flores; por lo tanto, la caracterización se centró en el fruto (vaina) y semillas. Los datos de campo fueron acopiados en una matriz básica de datos (MBD), la cual fue procesada en el programa NTSYS y se obtuvo un fenograma, el cual indicó que existen siete grupos o morfotipos. Del análisis de componentes principales (CP) se obtuvieron cinco que expresan el 72.92 % de la varianza total por la que se la considera aceptable. Los caracteres que aportaron una alta varianza al CP1: ubicación del hilo (UH), forma de semilla (FS) y relación largo/ancho de vaina (L/A v), CP2: color del lado de sombra de vaina (C L/sombra) y apariencia superficial de la vaina (ASV), CP3: pubescencia en vaina (PBV), CP4: relación peso de semilla (RMPS) y CP5: relación largo/ancho de semilla (L/A s) los mismos que permitieron determinar siete morfotipos de *C. spinosa* en la región Cajamarca: “Gigante” provincias de Cajamarca, Contumazá y Chota, “Blanca” y “Roja” en las nueve provincias, “Pubescente o barbada” provincia de Celendín, morfotipo “Jancos” en las provincias de Cajamarca, San Pablo y Santa Cruz, la “Globosa” y Semilla pequeña en la provincia de Cajamarca.

Palabras clave: *C. spinosa*, caracterización morfológica, morfotipos.

ABSTRACT

The morphological variability of *C. spinosa* (Molina) Kuntze was studied, with emphasis on qualitative characters or descriptors of high heritability. It was found that there are no differential characters in the plant, leaf, stem and flowers; therefore, the characterization focused on the fruit (pod) and seeds. The field data were collected in a basic data matrix (MBD), which was processed in the NTSYS program and a phenogram was obtained, which indicated that there are seven groups or morphotypes. From the analysis of principal components (CP), five were obtained that express 72.92% of the total variance for which it is considered acceptable. The characters that contributed a high variance to the CP1: location of the thread (UH), seed shape (FS) and length / width ratio of pod (L / A v), CP2: color of the shadow side of the pod (CL / shadow) and superficial appearance of the pod (ASV), CP3: pubescence in pod (PBV), CP4: ratio of seed weight (RMPS) and CP5: ratio of seed length / width (L / A s), which allowed to determine seven morphotypes of *C. spinosa* in the Cajamarca region: "Giant" provinces of Cajamarca, Contumazá and Chota, "White" and "Red" in the nine provinces, "Pubescent or bearded" province of Celendín, morphotype "Jancos" in the provinces of Cajamarca, San Pablo and Santa Cruz, the "Globose" and Small seed in the province of Cajamarca.

Key words: *C. spinosa*, morphological characterization, morphotypes.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La suma de todos los individuos con sus respectivas variantes se conoce como variabilidad genética de una especie. En la caracterización de una especie se estiman la variabilidad existente en el genoma de la población de individuos que la conforman y contiene toda la información codificada en forma de genes que se necesitan para establecer su identidad morfológica como para desarrollar procesos y funciones vitales para su supervivencia (Franco e Hidalgo, 2003).

En Perú, la *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, es una especie que hace unos años atrás fue manejada como una planta silvestre de bosques naturales, debido a su creciente demanda, actualmente se desarrolla en plantaciones; ampliándose su hábitat de desarrollo y crecimiento; en la sierra se cosecha entre los meses de mayo a noviembre. En los años dos mil empieza a crecer significativamente, así al 2004 supera las 13 mil toneladas y en el 2012 registra su nivel más elevado de producción con 38 mil toneladas, para declinar ligeramente en el 2014 y caer estrepitosamente en -22 % en el 2015 (MINAGRI, 2017). La misma entidad expone que las exportaciones de *C. spinosa* en polvo representan alrededor del 70% del total exportados, los valores de exportación en polvo permanecen casi estables entre los años 2010 y 2016, alrededor de los 31,5 millones de dólares. Del mismo modo, el mucílago registra cifras de exportación a partir de los años 2000, registrando su mayor valor de exportación en el 2012 (22,3 millones de dólares) y en los demás años declina permanentemente hasta alcanzar el valor más bajo en el 2016 (9,5 millones de dólares). Los principales mercados de destino destacan los países europeos, China, Japón, Estados Unidos y algunos países de América Latina.

En la región Cajamarca existen bosques naturales de *C. spinosa*; que en las últimas décadas han ocupado un lugar importante en la economía familiar campesina; y pese a esta importancia no se conoce cuántos y que morfotipos y genotipos existentes. Este desconocimiento sobre la variabilidad de la *C. spinosa* en la región conlleva a un inadecuado manejo y aprovechamiento, limitando conocer las potencialidades en cuanto al contenido de taninos y otros compuestos de interés económico. En este contexto se plantean las preguntas básicas que se proponen responder a través de la investigación: ¿Cuál es la variabilidad morfológica y los caracteres discriminantes principales en los morfotipos de la taya *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en las provincias de Cajamarca, Cajabamba, Celendín, Contumazá, Chota, Hualgayoc, San Marcos, San Pablo y Santa Cruz?

Formulando la siguiente hipótesis de trabajo: La taya *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en las provincias de Cajamarca, Cajabamba, Celendín, Contumazá, Chota, Hualgayoc, San Marcos, San Pablo y Santa Cruz, presenta escasa variabilidad morfológica y los descriptores discriminantes principales se refieren a la flor y el fruto.

En el mismo sentido, los objetivos propuestos fueron: *Objetivo general*. Determinar la variabilidad morfológica e identificar los caracteres morfológicos discriminantes que caractericen los morfotipos de taya *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en las provincias de Cajamarca, Cajabamba, Celendín, Contumazá, Chota, Hualgayoc, San Marcos, San Pablo y Santa Cruz. y los *Objetivos específicos*.

Determinar la variabilidad morfológica e identificar los caracteres morfológicos discriminantes que caractericen los morfotipos de taya *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en las provincias de Cajamarca, Cajabamba, Celendín, Contumazá, Chota, Hualgayoc, San Marcos, San Pablo y Santa Cruz.

La investigación se realizó en nueve provincias del departamento de Cajamarca, realizando visitas a los bosques o poblaciones relictos de bosques de los distintos caseríos donde se reporta a la especie. El enfoque de la investigación fue dirigido a los materiales que presentaron diferencias morfológicas evidentes (cualitativos de alta heredabilidad). Para ello se usó la información básica de los materiales morfológicamente diferentes que fueron previamente identificados por Villar (2011). Se realizó el recorrido de campo para observar los bosques y relictos, y se tomó atención a los caracteres morfológicos más evidentes de cada órgano. Para estos recorridos de campo, se aplicó la técnica de los transectos con el propósito de cubrir toda el área de los bosques naturales en estudio, de modo sistemático.

En el segundo capítulo, se describe los antecedentes de investigaciones sobre caracterización morfológica de la *C. spinosa* en el Perú y otros países; asimismo, se plantea la base teórica sobre la diversidad genética y como se expresa su variabilidad según las interacciones del medio que la rodea para luego caracterizarla morfológicamente mediante la utilización de descriptores morfológicos. En el tercer capítulo, se describe el ámbito donde se ejecutó el estudio, la utilización de las técnicas y herramientas de colección de datos.

Del germoplasma colectado se realizó la caracterización morfológica cualitativa y cuantitativa de la vaina y fruto, dicha caracterización permitió definir los descriptores morfológicos para la *C. spinosa*, para luego crear la matriz básica de datos la misma que fue procesado en el programa NTSYS (Serial N° OWIH4215J - Password-0593095A97A02FCC).

Dicho software nos arrojó un fenograma para realizar el análisis de agrupamiento de datos y componentes principales, esto en su conjunto nos permitieron definir en el presente estudio siete morfotipos debidamente caracterizados para las nueve provincias estudiadas.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Si bien es cierto la caracterización morfológica de especies vegetales no es un tema nuevo, sobre todo en cultivos agrícolas y de interés económico. En el Perú se “implementó un banco de germoplasma de ecotipos de piñón, como base para los estudios en esta especie” (Manco y Pérez, 2009). Asimismo, cabe mencionar los estudios de “aportes de los caracteres morfológicos estables y objetivos para la resolución de sinonimias de variedades de tipo de uva *Vitis vinífera* L” “la estabilidad de los caracteres morfológicos estudiados por el método ampelográfico para identificar variedades de *Vitis vinífera* L” y “identificación de variedades de vid (*Vitis vinífera* L) por ampelográfico: capacidad discriminante y estabilidad. Detección de homonimias y sinonimias” por (Chávez, 2000). También se han realizado estudios de caracterización morfológica en “maukas *Mirabilis expansa*” (Seminario y Valderrama, 1993). En “racacha *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft” (Seminario y Valderrama, 2004) y en “yacón *Smallanthus sonchifolius*” (Seminario et al., 2004). En cuanto a la caracterización morfológica de la *C. spinosa*, podemos mencionar los siguientes estudios:

Bonilla et al. (2016) realizaron el estudio “análisis de variables morfométricas de frutos de *C. spinosa* provenientes de Yauyos y Ayacucho” para identificar caracteres agromorfológicos de interés, donde se obtuvieron la mediana de 220 frutos evaluados, encontrando que la cantidad de semillas es de 6 por fruto, así este número de semillas se podría indicar como una característica de la especie, pero con variaciones entre 3 -

8 semillas por fruto; asimismo, encontró que la correlación peso de fruto y ancho de vaina, siendo este último un buen estimador del peso de fruto. Por lo tanto, sería una variable agro-morfológica para diferenciar vainas con mayor peso en campo.

Linares (2014) realizó el estudio de la diversidad genética de individuos de poblaciones silvestres de *C. spinosa*, mediante análisis de patrones electroforéticos de proteínas seminales” y en el dendrograma que obtuvo, encontró que los individuos de Ayacucho, Tarma y Cajamarca, presentan un cierto grado de consanguinidad entre los individuos; sin embargo, si es resaltante el hecho de que al menos uno de los grupos más grandes incluye a todos los individuos de Cajamarca. Por lo que existe cierta tendencia a pensar que las poblaciones de las cuales se han tomado estas muestras estarían muy relacionadas genéticamente.

Orihuela (2014) realizó la evaluación de la diversidad genética de tres poblaciones de *C. spinosa* procedentes de Cajamarca, Junín y Ayacucho mediante marcadores morfométricos de frutos y marcadores moleculares RAPD, donde establece que, de la evaluación de diversidad genética mediante análisis de caracteres morfológicos. La población de Ayacucho se caracteriza por poseer frutos de gran peso y largo, pero de poco ancho, además tiene semillas centrales con diámetro mayor; la población de Cajamarca posee frutos de gran anchura y largo, pero con poco peso; además de semillas centrales con corto diámetro mayor y la población de Junín posee frutos con gran peso, ancho mediano y longitud corta, además de semillas centrales con corto diámetro mayor.

También halló que la población de Ayacucho posee las mejores características, ya que sus frutos son los más largos y pesados, y sus semillas las de mayor diámetro, lo que podría traducirse en mayor rendimiento para la extracción de taninos y goma.

El mismo estudio realizó la evaluación de la diversidad genética mediante el análisis de marcadores moleculares RAPD; obteniendo como resultado, que el porcentaje de *loci* polimórficos dan la idea inicial de la diversidad de las diferentes poblaciones, siendo Ayacucho la población con mayor diversidad con 50 %, seguida por Junín con 34,62 %, mientras que en Cajamarca se encuentra un menor porcentaje de variabilidad de 28,85 %. El Análisis de agrupamiento (clusters), evidenció la presencia de linajes más antiguos en Cajamarca, que en determinado momento pudieron dar origen a linajes de Ayacucho.

Sánchez et al. (2014) en su estudio avances en la morfología floral de *C. spinosa*, describe la flor de esta especie del siguiente modo: es pentámera, zigomórfica, bisexual y diclamídica, tanto el cáliz como la corola tienen partes libres, los estambres están dispuestos en dos verticilos, aunque indistinguibles entre sí, y hay un solo, pistilo monocárpico. Las flores son $13,3 \pm 1,19$ mm de largo y $11,62 \pm 2,07$ mm de ancho. El receptáculo tiene forma de copa y las tres primeras espirales (es decir, el cáliz, la corola y los estambres) se insertan en el receptáculo. Hay poca variación en la longitud, mientras que se encontró que el ancho muestra variabilidad, que puede estar relacionada con el momento de florecimiento al medir el tiempo. El cáliz por lo general se compone de cinco sépalos, pero puede haber hasta seis, en pocos casos. Cuatro de los sépalos son bastante homogéneos en forma, mientras que uno de ellos llamado el sépalo disimilar se diferencia por ser más grande, cóncavo y laciniado; la concavidad

se dirige adaxialmente, la corola es altamente zigomorfa, y los pétalos son muy variables en longitud, la quilla está dispuesto paralelo al eje de simetría de la flor, estas características sugieren su participación activa en el proceso de atraer visitantes y posibles polinizadores, los estambres son diez, curvos, de tamaño similar y perpendicular al eje de simetría, con el arco dirigido adaxialmente, muy cerca uno del otro, de modo que se forma una barrera, excepto por dos pequeños, se divide a ambos lados de la base del primer estambre, que conducen a la glándula del néctar, la base de los filamentos es pubescente, y las anteras muestran dehiscencia longitudinal, el pistilo es monocárpico, medio inferior, insertado en el receptáculo, el estilo es curvo, con un $5,74 \pm 0,71$ mm de arco largo y el ovario $4,03 \pm 0,58$ mm de largo. Hasta ocho óvulos se encuentran por flor, con un promedio de $6,31 \pm 0,73$ óvulos.

López et al. (2013) ejecutaron el estudio de caracterización citogenética de *C. spinosa* de los distritos de Tarma y Palca (Junín) donde indican que, el análisis citogenético de las dos poblaciones estudiadas revela diferencias en el cariotipo; aunque ambas poblaciones presentan $2n=24$ cromosomas y en ambos casos los complementos están compuestos por cromosomas metacéntricos y submetacéntricos; asimismo, encontraron diferencias en cuanto al número de metacéntricos y submetacéntricos. Así, en la localidad de Huinco la fórmula es $6m + 6sm$ mientras que en Palca la fórmula cariotípica es $7m + 5sm$ evidenciando la presencia de dos citotipos diferentes. Encontraron que existen polimorfismo interpoblacional en los cromosomas 2,3,4,5,7,8 y 11 entre ambas localidades. Por cuanto indican que a pesar de poseer el mismo nivel de ploidía, existen diferencias en los parámetros morfológicos del cariotipo, lo que indican que el cariotipo de *C. spinosa* no es uniforme entre poblaciones.

Balaguer et al. (2011) con el objetivo de estudiar la posibilidad de reforestar con individuos de *C. spinosa* en la zona costera de las Lomas de Atiquipa. Evaluaron genotipos procedentes de las lomas costeras y Cajamarca, además de poblaciones de Colombia y Bolivia; determinando que, no existe un patrón perceptible en el que la distribución de haplotipos esté relacionada geográficamente o por zonas ecológicas. Ninguno de los haplotipos obtenidos era exclusivo de alguno de los oasis de niebla (formaciones loma). Haplotipos propios sólo se encontraron en la población situada más al Norte, (San Marcos, Cajamarca). Sorprendentemente, todas las poblaciones peruanas compartieron el haplotipo más frecuente (B), pero ninguno de los haplotipos del Perú se encontró en Colombia o Bolivia.

Villar (2011) realizó la investigación identificación de morfotipos de *C. spinosa* en función a las características del fruto en la zona sur de la región Cajamarca, donde determinó tres morfotipos: roja o morocha, blanca o almidón y celendina o barbada; estos morfotipos prosperan en condiciones diferentes en cuanto a calidad de sitio, así mismo, las características fenotípicas (color de vaina y presencia de pelos) de estos morfotipos son claramente marcadas y diferenciadas.

Asimismo, Villar (2011) ejecutó también el estudio evaluación del contenido de taninos y goma de tres morfotipos de *C. spinosa* en la zona sur de la región Cajamarca, utilizando el método de bloques completo al azar, con cuatro repeticiones (parcelas) y tres tratamientos (morfotipos); obtuvo que el morfotipo que mayor contenido de taninos fue: la barbada o celendina, seguida de la roja o morocha y por último la blanca o almidón con 68.6 %, 66.4 % y 63.8 % respectivamente.

Portal (2010) realizó el estudio distribución altitudinal y elaboración de clave dicotómica de variedades de *C. spinosa*, Huamanga, Ayacucho, donde se determinó cinco variedades: Almidón común, almidón gigante, morocho, roja ayacuchana y verde esmeralda; siendo las claves dicotómicas que sirvieron para la determinación de las variedades: longitud de vaina, color de vaina madura (anaranjado pajizo, rojo intenso, cremoso con bordes rojos y cremosos) y forma de semilla (orbiculares a obcordadas, obtusas a reniformes)

Ventura et al. (2008) realizaron el estudio morfología polínica de la familia Fabaceae de la parte baja de los valles de Pativilca y Fortaleza, Lima - Perú, donde realiza la caracterización del polen de la *C. spinosa*; encontrando que el polen es mónada, oblado - esferoidal en vista ecuatorial, circular en vista polar, eje polar 35 (40,5) 48 um, eje ecuatorial 45 (42,1) 60 um, oblato-esferoidal (P/E= 0,98), tricolporado, tipo de apertura en vista polar vestibular, reticulado, grosor de exina 2,75 um, largo total del colpo en vista ecuatorial 30 um, diámetro del poro 5 um, extremo del colpo aguzado, borde del colpo gruesos bien definido y grosor del colpo 15 um.

Gómez et al. (1997) ejecutaron el estudio taxonómico, ecológico, fitogenético y manejo agronómico de la tara *Caesalpinia spinosa*, en los departamentos de Cajamarca, La Libertad, Ayacucho, Ancash, Huánuco y Lima. Donde determinaron que los valores promedios de las dimensiones del fruto maduro y seco fueron en la longitud de 5.8 – 11.4 cm, y de 1.7 – 2.5 cm de ancho, de color rosado, rojizo o amarillento rojizos, que portan entre 6 a 7 semillas, excepcionalmente de 8 a 9, en cuenta a la forma de semillas describen que son lentiformes, ovoides, duras a veces reniformes, comprimidas, de color marrón oscura lustrosas, de 11 mm de largo, de 6

a 8 mm de ancho. Asimismo, mencionan que en el contenido de tanino en la fibra y polvo de los frutos en el caso de Cajamarca es de 58.8 % siendo el más alto, seguido de Ancash con 57 %, Ayacucho 50.4 % y Lima con 43 %.

2.1.1. Variabilidad morfológica de la *C. spinosa* en otros países.

Canelas (2013) en su estudio validación de un descriptor de *C. spinosa* de los valles interandinos de Bolivia, encontró que según el comportamiento morfológico y fisiológico, se obtuvieron dos grandes grupos, el primer grupo está formado por 20 accesiones, el segundo grupo está formado por 11 accesiones. El primer grupo se caracteriza por la altitud por encima de 2750 msnm, representado por accesiones del valle central y alto, mientras que el grupo dos por debajo de los 2595 msnm, conformado por el valle bajo. Morfológicamente y fisiológicamente se diferencian en altura de bifurcación, número de racimillos, número de flores/racimo, largo de vaina, ancho de vaina, número de vainas/racimo, rendimiento/vaina, rendimiento/semilla, porcentaje de polvo, porcentaje de humedad, el peso de 1000 semillas, forma de vaina, color de vaina madura, forma de la semilla, estado de floración, estado de fructificación.

Heusser (1971) en su estudio pollen and spores of Chile, determinó la morfología del polen de la *C. spinosa* como tricolporado con poros elípticos bordeados con un engrosamiento sobresaliente y tectum perforado – perfosulado.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Recursos genéticos forestales (RGF)

Es el material hereditario que se encuentra dentro de y entre las especies de plantas leñosas y árboles, que tienen un valor social, científico, ambiental o económico real o potencial. Los RGF son esenciales para la adaptación y protección de nuestros ecosistemas, paisajes y sistemas de producción; sin embargo, se encuentran sujetos a crecientes presiones y a una utilización insostenible (FAO, 2014).

Los RGF comprende un subconjunto de genética vegetal recursos para la alimentación y la agricultura (RFAA). Los RFAA se definen como cualquier material genético de origen vegetal de valor real o potencial para alimentos y agricultura (que en el sistema de las Naciones Unidas es tomado ampliamente para incluir la silvicultura) (FAO, 2014).

La misma institución menciona que los RGF también es incluido como un subconjunto de agrobiodiversidad, que es definida como la variedad y variabilidad de animales, plantas y microorganismos que se utilizan directa o indirectamente para la alimentación y la agricultura, incluidos los cultivos, la ganadería, la silvicultura y la pesca.

2.2.2. Diversidad genética forestal (DGF)

La diversidad genética forestal tiene una connotación más amplia que el recurso genético forestal y denota la variabilidad entre organismos que habitan en los bosques

y los procesos de los organismos ecológicos de los cuales son parte. Incluye variación en el ecosistema forestal, las especies y niveles moleculares (FAO, 2014).

La misma entidad menciona que, la diversidad genética es necesaria para garantizar que los árboles forestales puedan sobrevivir, adaptarse y evolucionar en unas condiciones ambientales cambiantes; también mantiene la vitalidad de los bosques y proporciona resiliencia frente a factores de estrés, como las plagas y las enfermedades. Además, la diversidad genética es necesaria para los programas de selección artificial, mejoramiento y domesticación destinados al desarrollo de variedades adaptadas o al fortalecimiento de características útiles.

Granados et al. (2009) consideran que la “diversidad genética comprende la variación de genes dentro de una especie y abarca distintas poblaciones de la misma especie o variaciones genéticas dentro de una misma población”.

Según Franco e Hidalgo (2003) define que es toda la variabilidad es almacenada en el genoma de los miembros de la población y puede expresarse en características visibles o fenotípicas y en características no visibles llamadas genotípicas. Se menciona también que es el conocimiento de la diversidad genética de especies ampliamente distribuidas es importante para su conservación y distinción genética y fenotípica, pues generalmente muestran variación morfológica, fisiológica y en la estructura genética de sus poblaciones (Wen y Hsiao, 2001). Esta variación puede deberse a diversos factores como el altitudinal, por lo que es común encontrar diferentes fenotipos de una misma especie, entre poblaciones desarrolladas a diferentes altitudes (Ohsawa e Ide, 2008).

Para Lesica y Allendorf (1995, cit. por Ohsawa e Ide, 2008) mencionan que las poblaciones entre dos límites geográficos experimentan mayor intercambio de genes, mientras que, entre las poblaciones periféricas, hay flujo limitado de genes. Y que, la diferencia en la altitud de origen de las poblaciones se relaciona con una marcada diferencia en la fenología de cada especie, específicamente en la floración y fructificación; ambas fases se retardan en altitudes mayores (Jordano y Godoy, 2000).

Hidalgo (1991) manifiesta que como sucede con todos los organismos vivos que se desarrollan en condiciones naturales, la población de individuos que conforman una especie vegetal está bajo una continua interacción dinámica de adaptación con los factores en los que crece esa población. Dichos factores son los bióticos (microorganismos, otras especies vegetales, animales inferiores y superiores) y los abióticos (clima y suelo), para ello, cada especie adapta la información contenida en el genoma de acuerdo con las necesidades de sobrevivir en su entorno.

El mismo autor manifiesta que el resultado de esta interacción adaptativa se traduce en la acumulación de la información genética que a manera de variantes cada especie va guardando entre los miembros de su población, y que se va transmitiendo en las subsiguientes generaciones a través del tiempo; de esta manera, aunque la población de individuos en una especie comparte características comunes y se pueden cruzar entre ellos, también es cierto que en cada uno existen muchas variantes individuales. A modo de conclusión el autor considera que, la suma de todos los individuos con sus respectivas variantes es lo que se conoce como variabilidad genética de una especie, la cual permite a dicha especie adaptarse a los cambios que se pueden presentar en su entorno.

Hacer recalcar que la variación genética intraespecífica, es necesaria para lograr la futura adaptabilidad de la especie, y también para hacer posibles los programas de selección artificial y mejoramiento genético. En consecuencia, los beneficios de los bosques y los árboles sólo serán sostenidos si siguen disponibles los recursos genéticos forestales (FAO, FLD, Bioversity International, 2007).

2.2.2.1. Fuentes de variabilidad

Hidalgo (1991) menciona que existen numerosos tratados en los que se discute cómo se ha producido y aún se produce la variabilidad de las especies vegetales. Las fuentes de variabilidad para las especies de plantas cultivadas se pueden resumir en las categorías siguientes.

2.2.2.1.1. Evolutiva

Hidalgo (1991) refiere a la variabilidad producida durante los procesos evolutivos de especiación por los que haya pasado una especie, principalmente durante las etapas de aislamiento reproductivo, así como a la dinámica que la especie ha tenido y sigue teniendo en condiciones naturales.

2.2.2.1.2. Geográfica

Hidalgo (1991) menciona que esta fuente de variabilidad es importante para un buen número de especies cultivadas que tienen un amplio rango de distribución geográfica,

porque además de su dispersión natural, han sufrido una extensa dispersión artificial por acción del hombre. En ambos casos, al llegar a un nuevo nicho ecológico empiezan un nuevo proceso evolutivo en el cual crean variantes genéticas de adaptación como respuesta a variaciones en los componentes ambientales.

2.2.2.1.3. Domesticación

Hidalgo (1991) explica que durante el proceso de domesticación de las especies cultivadas el hombre ha ejercido una fuerte presión de selección que ha permitido la preservación de muchas variantes las cuales, posiblemente, hubieran desaparecido en condiciones naturales. De la misma manera, el hombre también indujo la producción de nuevas variantes, tanto para facilitar el manejo agronómico como para incrementar la producción. Este fenómeno se puede encontrar en todas las especies cultivadas, especialmente en las altamente domesticadas como los cereales (trigo, maíz, arroz), papa, fríjol y otras.

En el proceso de domesticación se pueden identificar dos etapas distintas de presión de selección del hombre con el objeto de preservar o producir variabilidad:

- ✓ La domesticación que abarca todo el proceso de selección empírica mediante el cual el hombre fue adaptando las especies para suplir sus necesidades básicas en alimentación, vestido, salud e industria. Esto fue posible mediante la selección y conservación de variantes útiles que aparecían en las poblaciones en un proceso que para la mayoría de las especies cultivadas tuvo una duración superior a 10000 años.

- ✓ El descubrimiento de la genética que proporcionó una vía alterna a la naturaleza permitiéndole ampliar su variabilidad en el corto tiempo. Por otra parte, desde el comienzo del siglo XX, es decir hace aproximadamente 100 años, genetistas y mejoradores han estado produciendo nuevas variantes genéticas mediante infinidad de cruzamientos en la búsqueda de solucionar problemas de producción y aquellos ocasionados por plagas y enfermedades en las especies cultivadas.

2.2.2.2. Expresión de la variabilidad

Hidalgo (1991) explica que toda la variabilidad producida en los procesos descritos anteriormente se almacena en el genoma, es decir, entre los miembros de la población que conforman la especie, y puede o no expresarse en características que permitan ser identificadas. Por tanto, desde el punto de vista de su expresión, la variabilidad contenida en el genoma de una especie puede ser agrupada en dos grandes clases; la que se expresa en características visibles y que conforman el fenotipo, y la que no se expresa en características visibles y que en general se refiere a los procesos o productos internos de la planta. Sin embargo, vale la pena resaltar que muchos procesos en esta última clase están siendo identificados mediante técnicas de biología molecular que aún no son rutinarias en los bancos de germoplasma, pero que se espera lo sean en el futuro cercano. Es necesario distinguir entre lo que puede o no ser expresado en forma visual, con el fin de precisar qué porción de la variabilidad total de la especie se está analizando en la caracterización.

El mismo autor menciona que en relación con el fenotipo, los caracteres que lo conforman corresponden en su gran mayoría a la descripción morfológica de la planta y su arquitectura. Estos caracteres se denominan descriptores morfológicos y se pueden agrupar en los tipos que se detallan a continuación.

2.2.2.2.1. Botánicos - taxonómicos

Corresponden a los caracteres morfológicos que describen e identifican la especie y son comunes a todos los individuos de esa especie. En su gran mayoría estos caracteres tienen una alta heredabilidad y presentan poca variabilidad, aunque en las especies cultivadas con frecuencia se pueden encontrar unos pocos que muestran diferentes grados de variabilidad, especialmente en aquellos de interés particular para el hombre como son el tipo y la forma de la hoja, la forma del fruto y la descripción de la flor (Hidalgo, 1991).

2.2.2.2.2. Morfoagronómicos

Corresponden a los caracteres morfológicos que son relevantes en la utilización de las especies cultivadas. Pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo, e incluyen algunos de los caracteres botánicos - taxonómicos más otros que no necesariamente identifican la especie, pero que son importantes desde el punto de vista de necesidades agronómicas, de mejoramiento genético, de mercadeo y consumo (Hidalgo, 1991).

El mismo autor menciona a manera de ejemplos de estos caracteres se puede mencionar la forma de las hojas; pigmentaciones en raíz, tallo, hojas y flores; color, forma y brillo en semillas; tamaño, forma y color de frutos; arquitectura de planta expresada en hábito de crecimiento y tipos de ramificación. Algunos curadores de bancos de germoplasma incluyen descriptores relacionados con componentes de rendimiento con el objetivo de proveer a los fitomejoradores indicación del potencial de este carácter en el germoplasma conservado. En su gran mayoría, estos descriptores tienen aceptable heredabilidad local, pero son afectados por cambios ambientales.

2.2.2.2.3. Evaluativos

Según Hidalgo (1991) mencionan que esta porción de la variabilidad sólo se expresa como respuesta a estímulos ambientales bióticos (plagas y enfermedades) o abióticos (estrés por temperatura, agua, nutrientes), en general, la respuesta se expresa en características de tipo cualitativo; el estudio de la variabilidad no expresada en características visibles en la planta se concentra en la detección de marcadores moleculares, entre los que se incluyen proteínas, isoenzimas y fragmentos de ADN; esta variabilidad se puede detectar y cuantificar mediante técnicas de biología molecular que todavía están en proceso de refinamiento, el continuo desarrollo de estas técnicas está aportando innumerables herramientas para el entendimiento más profundo de la evolución y la variabilidad genética y su utilización y, finalmente, para el mapeo genético de especies. En resumen, existe una alta variabilidad genética en las especies vegetales como resultado de su respuesta para adaptarse a los cambios y presiones de los medios biótico y abiótico que las rodea.

El mismo autor menciona que, la suma de todas esas respuestas, es decir, de todos los miembros de la población, conforma la variabilidad genética de la especie; la información genética de esa variabilidad se conserva y transmite por generaciones a través de los miembros de la población de la especie. Aunque dicha información se mantiene mediante una dinámica continua entre los miembros de la especie, la expresión de esa variabilidad puede o no manifestarse en caracteres visibles; la variabilidad que se expresa en caracteres visibles se denomina fenotípica y dentro de ella se encuentran las características botánicas - taxonómicas, las morfoagronómicas y las evaluativas como respuesta a factores bióticos y abióticos. La variabilidad que no se expresa en características requiere para su identificación el uso de técnicas especiales de laboratorio que en la actualidad se refieren principalmente a marcadores moleculares. La variabilidad es más evidente en las especies vegetales cultivadas, porque adicionalmente a las presiones del medio, han sufrido la selección ejercida por el hombre para adaptarlas a sus propósitos.

Según Crisci y López (1983), los tipos de caracteres más importantes a tomar en cuenta en la caracterización son como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. clasificación general de los tipos de caracteres

1. Morfológicos
a) Externos
b) Internos (anatomía)
c) Embriológicos
d) Palinológicos
e) Citológicos
f) Ultraestructurales
2. Fisiológicos
3. Químicos
4. Etológicos
5. Ecológicos
a) Hábitat
b) Parásitos
c) Alimentos
d) Variaciones estacionales
6. Geográficos
a) Distribución
b) Relaciones entre poblaciones (Simpatría, alelopatría)
7. Genéticos

Fuente: Crisci y López (1983)

2.2.2.3. Caracterización morfológica de la variabilidad

Para Hidalgo (1991) en la caracterización de una especie se estima la variabilidad existente en el genoma de la población de individuos que la conforman. Así, el genoma de las especies de animales o plantas contiene toda la información codificada en forma de genes que se necesitan tanto para establecer su identidad morfológica como para desarrollar todos los procesos y funciones vitales para su supervivencia. Se estima que las plantas superiores poseen un poco más de 400 000 genes con funciones particulares dentro de la especie y un buen número de ellos ha creado variantes por efectos evolutivos y del medio ambiente. Esas variantes se van acumulando entre los diferentes miembros componentes de la especie y la suma de todos los efectos de los genes y sus variantes es lo que se denomina variabilidad genética de una especie. Anteriormente se mencionó que los todos los genes cumplen determinadas funciones y sus efectos pueden o no expresarse en características identificables de forma visual.

Esto quiere decir que hay una variabilidad que se puede detectar a simple vista y otra que, aunque no es visible fácilmente, también existe en la especie pero que requiere de técnicas especiales para ser detectada. Por ello, es primordial identificar cuál es el nivel de variabilidad que se intenta medir o describir con el fin de elegir las herramientas o métodos estadísticos adecuados para analizar los datos resultantes de un estudio de caracterización (Hidalgo, 1991). El mismo autor detalla que el primer nivel se refiere a la caracterización de la variabilidad detectable visualmente, la cual se puede dividir en los tipos siguientes:

- ✓ Las características responsables de la morfología y la arquitectura de la planta utilizadas en un principio para la clasificación botánica y taxonómica, aunque en muchas de ellas se pueden encontrar variantes.
- ✓ Una serie de características relacionadas especialmente con aspectos de manejo agronómico y de producción de la especie que son de interés para mejoradores y agrónomos. En la mayoría de los bancos de germoplasma de programas existentes actualmente se hace una caracterización morfoagronómica en la que se fusionan estos dos primeros tipos.
- ✓ Un grupo de características detectables visualmente que sólo se expresan como reacción a estímulos del medio ambiente. Estos pueden ser bióticos como plagas y enfermedades; o abióticos como sequías, deficiencias de minerales y cambios en temperatura, entre otros. Este tipo de caracterización se denomina evaluación y para su correcta cuantificación, generalmente, se requieren diseños experimentales separados de la caracterización morfoagronómica.

- ✓ El segundo nivel se refiere a la caracterización de la variabilidad que no es detectable por simple observación visual. Esta caracterización se denomina molecular porque se refiere a la identificación de productos y/o funciones internas de la célula. Todas las técnicas de laboratorio para detectar esta variabilidad se agrupan dentro del concepto de marcadores moleculares explicado anteriormente. Si bien ya existen algunos métodos de análisis de datos en proceso de desarrollo para estos tipos de caracterización las técnicas de laboratorio son relativamente recientes y están en continuo proceso de mejoramiento y actualización.

Por tanto, el autor explica que el enfoque actual del estudio de la variabilidad genética de las colecciones de germoplasma de una especie exige la documentación lo más completa posible de las accesiones componentes de dichas colecciones; dicha documentación incluye información sobre el origen geográfico (localización geográfica, altitud, clima y suelo), la caracterización morfológica, la evaluación de la respuesta a factores bióticos y abióticos y, por último, una caracterización de marcadores moleculares (proteínas, enzimas, ADN) para cada accesión; estos grupos de información, aparentemente independientes, se encadenan para finalmente establecer criterios racionales que permiten explicar la variabilidad de la especie en estudio. No obstante, es necesario enfatizar que independientemente del nivel de caracterización, los resultados del análisis de los datos son sólo una estimación de la variabilidad total de la especie.

2.2.2.3.1. Objetivos de la caracterización morfológica

Hidalgo (1991) menciona que el proceso de caracterización morfológica de una colección, independientemente de su tamaño, se pueden establecer los objetivos principales siguientes:

- ✓ Medir la variabilidad genética del grupo en estudio; para lo cual se pueden incluir uno, varios o todos los niveles posibles de variabilidad, es decir, fenotípica, evaluativa y molecular, utilizando en todas ellas descriptores previamente definidos.
- ✓ Establecer la representatividad de la colección y su relación con la variabilidad de la especie en una región, o con la variabilidad total de la especie.
- ✓ Investigar la estructura genética, o sea, la forma como se compone la colección estudiada en relación con las variantes, o sus combinaciones que forman grupos o poblaciones identificables. Lo anterior está influenciado por factores demográficos *in situ*, tales como tamaño de población, biología reproductiva y migración.
- ✓ Identificar los porcentajes de duplicidad de accesiones que puedan existir en una misma colección o en comparación con otras colecciones de la especie.
- ✓ Identificar genes especiales o alelos particulares que pueden ser de carácter individual o en combinaciones únicas y que se pueden expresar en caracteres visibles (morfológicos o de evaluación) en diferentes estados o combinaciones

de estados. A estos genes generalmente se les denomina ‘stocks genéticos’ y son utilizados para investigaciones de aplicación práctica inmediata, como es el caso de resistencia a factores bióticos.

En este sentido, Hernández (2013) considera que la caracterización morfológica de recursos fitogenéticos es un procedimiento que nos permite medir y conocer la variabilidad genética del genoma de una población, diferenciar taxonómicamente a las plantas, y seleccionar los descriptores morfológicos más adecuados, confiables y discriminantes para evaluar las plantas.

2.2.2.4. Descriptores

Hidalgo (1991) define a un descriptor como la característica o atributo cuya expresión es fácil de medir, registrar o evaluar y que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de una accesión. Los descriptores son aplicados en la caracterización y evaluación de las accesiones debido a que ayudan a su diferenciación y a expresar el atributo de manera precisa y uniforme, lo que simplifica la clasificación, el almacenamiento, la recuperación y el uso de los datos. Estos descriptores han sido definidos para un gran número de especies cultivadas. El Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) ha compilado y publicado en forma de manual listados de descriptores para más de 100 especies cultivadas. A continuación, el mismo autor aclara los diferentes tipos de descriptores cuya definición completa aparece en las listas del IPGRI.

2.2.2.4.1. Descriptores de pasaporte

En este tipo de descriptores se proporciona la información básica que se utiliza para el manejo general de cada accesión (incluido el registro en el banco de germoplasma y cualquier otra información de identificación) y describen los parámetros que se deberían observar cuando se recolecta originalmente la accesión (Guerrero, 2010).

2.2.2.4.2. Descriptores de manejo

Estos descriptores proporcionan las bases para el manejo de las accesiones en el banco de germoplasma y ayudan durante su multiplicación y regeneración (Guerrero, 2010).

2.2.2.4.3. Descriptores del sitio y el medio ambiente

Con estos descriptores se describen los parámetros específicos del sitio y del medio ambiente en que se han establecido los distintos materiales; lo cual, es importante cuando se realizan pruebas de caracterización primaria y evaluación. Con esto se hacen más precisa la interpretación de los resultados obtenidos durante dichos procesos de investigación. Sumado a esto se incluyen también en esta categoría los descriptores del sitio de recolección del germoplasma (Guerrero, 2010).

2.2.2.4.4. Descriptores de caracterización

Estos descriptores permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos. Por lo general son caracteres altamente heredables, los cuales, pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. Además, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales considerados deseables por consenso de los usuarios de un cultivo en particular (Guerrero, 2010).

2.2.2.4.5. Descriptores de evaluación

Es el caso en que la expresión de muchos de los descriptores depende del medio ambiente, por lo tanto, se necesitan métodos experimentales especiales para evaluarlos. La evaluación puede en algunos casos involucrar métodos complejos mediante la aplicación de la biotecnología, como es la caracterización molecular o bioquímica. Este tipo de descriptores incluyen caracteres tales como rendimiento, productividad agronómica, susceptibilidad al estrés, así como los caracteres bioquímicos y citológicos. Generalmente, éstas son las características más interesantes al hallar el manejo apropiado para mejorar la eficiencia de los cultivos (Guerrero, 2010).

2.2.2.5. Caracterización de frutos y semillas

Castro (1993 cit. por Miniño et al., 2014) quien menciona que los trabajos de morfología de las semillas permiten profundizar en aspectos morfoanatómicos,

contribuyendo de esta forma al conocimiento de las especies, y su agrupamiento sistemático con un enfoque ecológico y permite un mayor conocimiento de la germinación, regeneración natural y crecimiento de la especie.

Dentro de los rasgos morfológicos, el tamaño de las semillas ha sido uno de los más estudiados y su importancia radica en que ocupa una posición pivotante en la ecología de las plantas al estar asociado tanto con la capacidad de las especies de dispersarse como al de establecerse en un determinado sitio (Leishman et al., 1995; Alexander et al., 2001). Consecuentemente, el tamaño de las semillas en algunas especies ha significado que semillas grandes produzcan plántulas más vigorosas en el sotobosque, mientras que especies con semillas pequeñas con rápida germinación, estarían adaptadas a la colonización de nuevos espacios (Thompson, 2000).

La variación encontrada en cada uno de los componentes de las especies incluyendo frutos y semillas, posiblemente sea una respuesta al ambiente donde evolucionaron (Westoby et al., 2002). Por lo tanto, el estudio de rasgos regenerativos (frutos y semillas) son un elemento importante y crítico en la ecología, evolución e historia de las comunidades vegetales, debido a que afectan directamente a procesos de adaptación, dispersión, germinación, colonización y establecimiento de las plántulas (Vandelook et al., 2012).

Pérez et al. (2002) señalan que, la importancia de las características de las semillas, para la identificación clasificación taxonómica y estudios filogenéticos. Y que en la morfología de las semillas se considera su posición en el fruto, su forma y superficie (FUNDEAGRO, 1991).

2.2.2.6. Caracterización de la flor

La flor, del latín *Flos* y *Floris*, es el órgano reproductivo que define a las Angiospermas, encargado de la producción de gametos y de dar lugar al fruto. En términos generales es un conjunto de hojas modificadas con funciones especiales (Jaramillo, 2006).

De acuerdo con Muller (2000) quien menciona que la flor puede ser considerada como un tallo de crecimiento limitado cuyos órganos foliales se transforman en esporófilos. El mismo consta de un eje o talamo y un pedúnculo posterior, además de otras estructuras externas llamativas para los polinizadores; la presencia de cuatro verticilos florales: cáliz, corola, androceo y gineceo, determinan que la flor sea completa. (Jaramillo, 2006) considera que las características cualitativas y cuantitativas de las flores son de gran importancia para la elaboración de claves taxonómicas y descripciones, ya que actúan como caracteres que permiten agrupar a los organismos en taxa previamente establecidos y algunas veces se usan los caracteres diagnósticos para tales fines.

2.2.3. Clasificación taxonómica de la *C. spinosa*

A continuación, se presentan la ubicación taxonómica

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la *C. spinosa*

División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Caesalpinioideae
Tribu	Caesalpinieae
Género	Caesalpinia
Especie	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze

Fuente: Cronquist (1992)

2.2.3.1. La familia Fabaceae Lindley (Nom. Alt. Leguminosae Juss.; Papilionaceae Giseke)

Según Ulibarri (1996) la familia Fabaceae se caracteriza por ser un árbol, arbustos o hierbas, (perennes o anuales inermes o espinosos), trepadoras leñosas o herbáceas (con o sin zarcillos) o plantas en cojín. Hojas generalmente alternas y compuestas, de lámina pinnada o bipinnada, digitada, rara vez simple o por reducción ausente; estípulas presentes. Indumento variado. Inflorescencia variada. Brácteas presentes. Bractéolas menos frecuentes. Flores generalmente 5 – meras, perfectas o rara vez imperfectas, actinomorfas: *Mimosoideae*; levemente zigomorfas; *Caesalpinioideae*; leve o marcadamente zigomorfas: *Papilionoideae*. Prefloración valvar (*Mimosoideae*), imbricado-ascendente (*Caesalpinioideae*), o imbricado – descendente (*Papilionoideae*). Sépalos y pétalos por lo común 5, libres o soldados; en *Papilionoideae* los pétalos diferenciados en: estandarte (adaxial), alas (2 laterales) y quilla (2 abaxial, generalmente unidos). Estambres 5 + 5, numerosos, o rara vez menos de 5. Gineceo en general unicarpelar, súpero, linear, unilocular, 1 – pauciovulado. Legumbre típica o con modificaciones; sámaras, lomentos, drupas, etc. Semillas variadas, con o sin pleurograma (línea fisural), con o sin arilo, exalbuminadas o albuminadas; embrión recto o curvo, cotiledones más o menos carnosos.

El mismo autor presenta la siguiente clave para la **Subfamilia. I. Caesalpinioideae**: corola de prefloración ascendente (carinal); pétalo adaxial, interno, cubierto por los laterales cuando están presentes. Sépalos generalmente libres (excepto Cercideae). Estambres 3 – 12, por lo común libres. Semillas con hilo apical o subapical [sin muesca

hilar] y con embrión por lo general recto. Hojas bipinnadas o pinnadas, raramente simples o 1- folioladas.

2.2.3.2. Subfamilia I. Caesalpinioideae (R. Br.) DC.

Para Ulibarri (2008) son árboles, arbustos, o hierbas, anuales o perennes, menos frecuentemente lianas; inermes o no. Indumento de tricomas simples o glandulares. Hojas alternas, bi – o imparipinnadas, o pinnadas, raramente simples o reducidas; estípulas pequeñas a foliáceas o espinescentes, persistentes o caducas; folíolos escasos a numerosos, generalmente opuestos. Inflorescencias axilares o terminales en racimos simples o compuestos, o en espigas, a veces reducidas a fascículos umbeliformes o 1 – floras a flores solitarias, flores medianamente pequeñas o grandes, generalmente perfectas, por lo común amarillas o rojizas; bractéolas presentes o no. Legumbres generalmente alargadas, rectas o encorvadas, comprimidas o cilíndricas, a veces aladas, rara vez globosas, de consistencia variada, dehiscentes o no. Semillas frecuentemente numerosas, medianas, comprimidas, globosas, ovoides o romboidales, con hilo apical o subapical.

El mismo autor presenta la siguiente clave para la **Tribu I. Caesalpinieae**: estípulas laterales o nulas. Hojas bipinnadas, imparipinnadas o paripinnadas. Peciólulos no retorcidos longitudinalmente. Y las florales no estrobiliformes, sin brácteas coriáceas o marcas en su base. Bractéolas generalmente caducas, pequeñas o nulas.

2.2.3.3. Tribu I. *Caesalpinieae* Benth

Ulibarri (2008) señala que son plantas leñosas, menos frecuentemente herbáceas, inermes o espinosas. Hojas pinnadas o bipinnadas; folíolos opuestos o alternos, a menudo glandular – punctiformes con tricomas glandulares pedicelados. Inflorescencias es espigas, o en racimos o panículas. Flores unisexuales o bisexuales; sépalos y pétalos generalmente 5; estambres por lo común 10; ovario casi siempre central, 1 – multiovulado. Legumbres variadas. Semillas comprimidas a globosas. X= 10, 11, 12, 13, 14.

El mismo autor presenta la siguiente clave para el género *Caesalpinia*: plantas sin espinas nodales; pero con aguijones dispersos en los entrenudos y a veces en las hojas.

2.2.3.4. *Caesalpinia*

Ulibarri, (1996) describe al género *Caesalpinia* de la siguiente manera.

- ✓ Árboles, subarbusto o lianas, a veces espinescentes.
- ✓ Hojas bipinnadas: impari o bi-paripinnadas o pinnadas.
- ✓ Folíolos a veces con glándulas sésiles inmersas.
- ✓ Racimos o panículas.
- ✓ Pedicelo articulado o no.
- ✓ Flores perfectas, raro imperfectas; estambres incluidos o muy exertos.
- ✓ Sépalos generalmente imbricados y caducos.
- ✓ Legumbres variadas, inermes o espinosas, coriáceas a leñosas, glabras, pilosas o glandulosas a menudo con pelos dendroformos.

Goldblatt, et al. (1981, cit. por Ulibarri, 2008) describe las flores de *Caesalpinia* como flores generalmente bisexuales, zigomorfas, frecuentemente de prefloración imbricada, ascendente. Cáliz dialisépalo, 5-lobulado, el sépalo inferior más o menos cóncavo y cubriendo a los restantes, caducos. Pedicelos articulados o no. Corola comúnmente amarilla; pétalos 5, el superior diferente de los otros cuatro. Estambres 10, base de los filamentos pilosa; anteras dorsifijas, con dehiscencia longitudinal. Ovario sésil o más o menos estipitado, 1-10-ovulado, estigma terminal. Legumbre dehiscente o no, de forma variada, glabra, pilosa o glandulosa, inerme o espinosa, coriácea a leñosa. Semillas esférico-elipsoides o reniformes, aplanadas, con o sin albumen. Árboles, arbustos o lianas (estas últimas ausentes en Sudamérica), inermes o espinosas. Hojas bi o imparipinnadas; estípulas generalmente presentes; folíolos por lo común numerosos. Indumento de pelos eglandulosos o glandulosos a veces sésiles, inmersos. Inflorescencias generalmente en racimos o en panículas, terminales o axilares; brácteas frecuentemente caducas. Número cromosómico $x=12, 13$.

2.2.3.5. Especies de *Caesalpinia* reportadas en Perú

Ulibarri (1996) realizó el estudio sinopsis de *Caesalpinioideae* y *hoffmannsegaia* (Leguminosae - *Caesalpinioideae*) de Sudamérica, donde describe las cinco especies de *Caesalpinia* reportadas en el Perú las cuales son: *C. ancashiana* Ulibarri, *C. decapetala* (Roth) Alston, *C. glabrata* Kunth, *C. pulcherrima* (L.) Swartz, *C. trichocarpa* Griseb y *C. spinosa* (Molina) Kuntze. Menciona también que las

especies son, sin embargo, diferenciables con la ayuda de algunos caracteres, como largo de la flor, grado de división de la hoja y la naturaleza de tronco y ramas.

Según el catálogo de las angiospermas y gimnospermas del Perú del Jardín Botánico de Missouri, para el género *Caesalpinia*, describen 11 especies en el Perú por Brako y Zarucchi (1993); Asimismo, Macbride (1943) describe 15 especies de *Caesalpinia*; todas ellas se detallan en la tabla siguiente:

Tabla 3. Especies de *Caesalpinia* reportadas para el Perú, según tres fuentes.

N°	Macbride, (1943)	Brako y Zarucchi, (1993)	Ulibarri, (1996)
1	<i>Caesalpinia bonduc</i> (L.) Roxburgh	<i>Caesalpinia ancashiana</i> Ulibarri	<i>Caesalpinia ancashiana</i> Ulibarri, Willd.
2	<i>Caesalpinia cassioides</i> Willd. Enum. Hort. Berol	<i>Caesalpinia bonduc</i> (L.) Roxburgh	<i>Caesalpinia decapetala</i> (Roth) Alston.
3	<i>Caesalpinia cassioides</i> Willd. Enum. Hort. Berol. Var. <i>Pardoana</i> (Harms) Macbr.	<i>Caesalpinia cassioides</i> Willd.	<i>Caesalpinia glabrata</i> Kuntze
4	<i>Caesalpinia chicamana</i> Killip & Macbr.	<i>Caesalpinia chicamana</i> Killip & J. F. Macbride	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Swartz.
5	<i>Caesalpinia egena</i> Macbr.	<i>Caesalpinia decapetala</i> (Roth) Alston. Var. <i>Decapetala</i>	<i>Caesalpinia trichocarpa</i> Griseb.
6	<i>Caesalpinia gilliesii</i> (Hook) Wall. ex Hook	<i>Caesalpinia gilliesii</i> (Wallich ex Hooker) Dietrich	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze
7	<i>Caesalpinia miranda</i> (Sandw.) Macbr.	<i>Caesalpinia paipai</i> R. & P. var. <i>paipai</i>	
8	<i>Caesalpinia paipai</i> R. & P.	<i>Caesalpinia paipai</i> R. & P. var. <i>Pubens</i> J. F. Macbride	
9	<i>Caesalpinia prostrata</i> (Lag.) Macbr.	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Swartz	
10	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Swartz	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze	
11	<i>Caesalpinia sepiaria</i> Roxb.	<i>Caesalpinia trichocarpa</i> Grisebach	
12	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze		
13	<i>Caesalpinia stipulata</i> (Sandw.) Macbr.		
14	<i>Caesalpinia ternata</i> (Sandw.) Macbr.		
15	<i>Caesalpinia viscosa</i> (R. & P.) Macbr.		

Fuente: Macbride, (1943); Brako y Zarucchi, (1993) & Ulibarri, (1996)

2.2.3.6. *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze

Etimología: Del latín «*spinosum*, - a, - um» = espinoso; aludiendo a la presencia de espinas y aguijones en las partes vegetativas de la planta.

Ulibarri (1996) describe la clave para la *C. spinosa*: estambres cortamente exertos o inconclusos, nunca mayores de 4 cm long. Folíolos elípticos – obovados a suborbiculares. Legumbre inerme o pubérula. Sépalo ventral fimbriado y mayor que los restantes. Folíolos 5 - 8 pares. Flores de 9 - 10 mm long.



Fig. 1. Fotografía del dibujo original *C. spinosa* L. Elaborado por la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada, dirigida por José Celestino Mutis (1783-1816).

Tabla 4. Sinonimia de la *C. spinosa*

Sinónimos	<i>Caesalpinia pectinata</i> Cav.
	<i>Caesalpinia tara</i> Ruiz & Pav.
	<i>Caesalpinia tinctoria</i> (H.B.K.) Dombey ex DC.
	<i>Coulteria tinctoria</i> H.B.K.
	<i>Poinciana spinosa</i> Molina, Sagg. Nat.
	<i>Tara spinosa</i> (Molina) Britton & Rose, N.

Fuente: Brako y Zarucchi, (1993)

2.2.3.6.1. Descripción morfológica de la *C. spinosa*

Ulibarri (1996) describe la planta de *C. spinosa* como un árbol de 3 – 5 (-8) m altura, generalmente espinoso. Hojas con 2 – 2 (-5) pares de pinnas; folíolos 5 – 8 pares, elípticos, de 1.7 – 4 (-4.5) cm long. x 1 – 2.5 cm lat, reticulados, glabros o pubérulos en el envés, obtusos o emarginados. Racimos terminales, pubérulos, multifloros; flores de aprox. 15 mm long., sépalo inferior fimbriado. Legumbre indehiscente, comprimida, coriácea, castaño – rojizo, inerme o pubérula, de 6 – 10 cm long. x 1.5 – 2.5 cm lat.; 5 – 8 seminada

Para Sagástegui et al. (1996) la *C. spinosa* es un árbol que alcanza de 8 a 10 m de alto, el fuste es más o menos cilíndrico y a veces tortuoso, en muchos casos las ramas se inician desde la base, dando la impresión de varios tallos. La copa es irregular, aparasolada y poco densa, con ramas ascendentes, hojas: compuestas, bipinnadas en forma de pluma con 6 a 8 pares de folíolos opuestos. Según Villanueva (2007) las flores están en racimos de 40 a 100 flores, adoptan el color amarillo – rojizo, son hermafroditas y zigomorfas; presenta cáliz de 5 pétalos y corola con 5 sépalos, dispuestas en racimos de 8 a 20 cm de largo, con pedúnculos pubescentes de 5 cm

de largo, articulado debajo de un cáliz corto tubular. Su fruto presenta vainas aplanadas y encorvadas indehiscentes, que cambian de color según su madurez de verde rosado y finalmente a rojo parduzco de 5 a 10 cm de largo y de 1 a 3 cm de ancho. Cada vaina contiene hasta 7 granos de semillas redondeadas de 0.6 a 0.7 cm de diámetro, son ovaladas de color pardo negruzco cuando están maduros y son muy duras, ésta última característica determinado por la presencia de un tegumento impermeable

2.2.3.6.2. Distribución de la *C. spinosa*

En el Perú se distribuye en los departamentos de Amazonas, Ancash, Arequipa, Ayacucho, Apurímac, Cajamarca, Cuzco, Huánuco, Huancavelica, Ica, Junín, Lima, La Libertad, Madre de Dios, Moquegua, Piura y Tacna. Se distribuye entre los 4° y 32 ° S abarcando diversas zonas áridas; en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia hasta el norte Chile (De la Cruz, 2004 & Cabello Liu, 2009).

2.2.3.6.3. Clima de la *C. spinosa*

La *C. spinosa* es de clima sub cálido seco a templado, requiere de temperaturas que varía entre los 12 a 18 °C y en los valles interandinos, la temperatura ideal es de 16 a 17 °C, con precipitaciones para su desarrollo óptimo de 400 a 600 mm promedio anual (Mancero, 2008).

2.2.3.6.4. Zonas de vida donde se desarrolla la *C. spinosa*

De acuerdo a la clasificación de Holdridge, la *C. spinosa* se encuentra en las siguientes zonas de vida, como se detalla en la tabla 5.

Tabla 5. Zonas de vida donde se desarrolla la *C. spinosa*

Zonas de vida	Símbolo	Precipitación (mm)	Biotemperatura (°C)
Estepa Espinosa – Montano Bajo Tropical	Ee – MBT	250 – 500	dic-18
Bosque seco - Montano Bajo Tropical	Bs – MBT	500 – 700	dic-18
Matorral desértico - Montano Bajo Tropical	Md – MBT	200 – 250	13 - 18
Monte Espinoso – Pre Montano Tropical	Me – PT	350 – 500	18 - 20
Matorral Desértico – Montano Tropical	Md – MT	200 – 250	18 - 21

Fuente: Holdridge (1970).

2.2.3.6.5. Composición química de los órganos principales de la *C. spinosa*

Según estudios realizados por varios investigadores (Cabello, 2009; De la Cruz, 2004; Sampio et al. 2009) recalcan que al encontrarse la *C. spinosa* en estado silvestre posee un gran potencial médico, alimenticio e industrial. Por lo cual hoy en día son usadas las vainas y semillas, las cuales ofrecen ciertas propiedades que pueden ser aprovechadas debido a su composición química:

Hojas: está compuesta de aminoácidos, taninos, flavonoides, triterpenos y antroquinonas.

Semillas: están conformadas por goma o hidrocoloide galactománico el cual gracias a esta goma se forma una solución acuosa semejante al pseudoplástico.

Vainas: contiene taninos los cuales son hidrolizables la cual conlleva a la separación de ácido gálico, galato de etilo y cuatro galatos del ácido quínico que corresponden a esteres metílicos de 4,5 - di - Ogaloilquínico y de 3, 4, 5 – tri - O - galoilquínico, y a los ácidos 3, 4 – di – O - galoilquínico y 3, 4, 5 – tri – o – galoilquínico.

2.2.3.6.6. Usos industriales de la *C. spinosa*

Los frutos de la *C. spinosa* brindan diversos productos de interés. La vaina madura representa un 65 % de peso de los frutos teniendo una concentración mayor de taninos entre 40 y 60 %, los taninos son polímeros polifenólicos que contienen las plantas produciéndolos como compuestos secundarios los cuales forman complejos con proteínas, ácidos nucleicos, esteroides, polisacáridos, alcaloides; brindando así a la planta una propiedad de defensa ante los insectos (Cabello Liu, 2009).

Estos taninos son empleados en la industria textil para la elaboración de productos plásticos, adhesivos o el curtido de cueros; como bactericida y fungicida, aclarador de vinos, sustituyente de la malta para dar cuerpo a la cerveza y dentro de la industria farmacéutica al tener diversos usos terapéuticos (De la Cruz, 2004).

Gracias a los taninos se obtiene el ácido gálico el cual es empleado como antioxidante en la industria cervecera y de aceite al tener efecto decolorante y blanqueador. También se emplea en la fotografía como tintes, agentes curtiembres, productos farmacéuticos (Huarino y Ramos, 2012).

A partir de las semillas se obtienen gomas, aceite, harina proteica que sirve para conseguir una consistencia en los helados, jabones, pinturas, barnices de uñas, tintes, mantecas y mantequillas comestibles debido a que contiene ácidos libres en 1,4 % lo cual es aceptable para la comercialización gracias a su acidez baja. La madera obtenida de este árbol se emplea en la industria maderera y en construcción, además de usarla como leña y carbón (De la Cruz, 2004).

2.2.3.6.7. Uso en medicina alopática y tradicional de la *C. spinosa*

Por sus propiedades y usos que los taninos ofrecen, investigadores han realizado diversos estudios para determinar las acciones farmacológicas que pueda brindar esta planta, entre las cuales son:

En la medicina tradicional es empleada para el alivio de afecciones de garganta, infecciones vaginales, sinusitis, infecciones micóticas, limpieza de heridas, dolor de estómago, resfriado y depurativo del colesterol (De la Cruz, 2004; Huarino y Ramos, 2012).

Investigadores como (Araujo y Salas, 2009; Bornaz Acosta, Bornaz Arenas, 2013; De la Cruz, 2004; Keramat, Moaddabi y Ranjbari, 2014; Huarino y Ramos, 2012; Escobar y Chávez, 2008) vieron una posible acción terapéutica al emplear extracto de las vainas de *C. spinosa* en medicina, siendo así como identificaron propiedades antibacterianas, astringentes y anti fúngicas frente a diversos microorganismos como *C. diphtheriae*, *S. aureus*, *E. faecalis*, flora salival mixta y patógenos comunes orales.

En otros trabajos realizados sobre *C. spinosa*, como el de López et al. (1998) encuentran que la planta de *C. spinosa* tiene acción antimicrobiana frente a *B. subtilis*, *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *C. Albicans*, *Penicilium spp.* y *Aspregillus spp.* Así mismo en otra investigación realizada por Cabello (2009) la misma que demostró la actividad antibacteriana del extracto de las vainas de *C. spinosa* sobre cepas Gram positivas (*Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis*). En el trabajo realizado por De la Cruz (2004) donde evaluó el efecto del extracto *C. spinosa* sobre la viabilidad de *Streptococcus hemolítico*, demostrándose actividad antibacteriana sobre dicha bacteria. Asimismo, Escobar et al. (2008) demostró la actividad antibacteriana in vitro del efecto del extracto *C. spinosa* sobre la viabilidad de *Corynebacterium diphtheriae*. Así también, Sampio et al. (2009) determinó la actividad antimicrobiana del extracto de la *C. férrea* Martius contra las bacterias patógenas orales más comunes (*C. albicas*, *S. mutans*, *S. salivarías*, *S. oralis* y *Lactobacillus casei*). En el trabajo realizado por De la Cruz (2004) demostró que la actividad antibacteriana del extracto de *C. spinosa* frente a *Streptococcus hemolítico* aumenta a medida que se eleva la concentración del extracto de 25 % a 100 %”.

También se utiliza en excoiaciones, quemaduras de piel, hemorragias pequeñas localizadas, afecciones intestinales, vesiculares, diarreas, intoxicaciones (Cabello, 2009). De las vainas maduras de esta planta se obtiene un polvo de color amarillento y consistencia poco densa y grasienta; este polvo es soluble en alcohol y agua, e insoluble en soluciones como éter, benceno y cloroformo debido que al calentarse se pierden sus propiedades como se evidencia en el estudio realizado por (Pulipati et al., 2012) donde determinaron que extractos con cloroformo, acetona y hexano de

flores de *C. spinosa* demostraron acción antibacteriana nula o mínima; por lo cual recomiendan el uso de extractos alcohólicos o acuosos.

Huarino y Ramos, (2012) determinaron la actividad farmacológica brindada por los taninos en:

- ✓ Antiséptica
- ✓ Bactericida
- ✓ Bacteriostática
- ✓ Antifúngica
- ✓ Astringente
- ✓ Protectora
- ✓ Hipocolesterolémica

2.3. Definición de términos

Accesión (Colecta, entrada). Cada una de las colectas o muestras obtenidas en el proceso de colección de germoplasma, debidamente identificadas.

Muestra de una variedad, línea o población en cualquiera de sus formas reproductivas (semilla, corno, tubérculo, vareta, estaca, etc.) que entra a un centro de recursos genéticos para su conservación o utilización.

Caracterización morfológica. La caracterización morfológica se define como las actividades complementarias que consisten en describir los atributos de las accesiones y con ello, determinar su utilidad; pero a la vez permite identificar los tipos promisorios para los procesos de selección, mejoramiento genético u otros fines (Olivera et al., 2009).

Carácter. Se puede definir carácter como cualquier propiedad que varía en las unidades taxonómicas operativas (OTU) (Crisci, 1983).

Caracterización. Es la descripción de la variación que existe en una colección de germoplasma en términos de características morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad, con baja interacción con el ambiente (Laviola 2008, Campuzano 2009), del mismo modo Querol (1988) manifiesta que es la toma de datos de todos aquellos caracteres de alta heredabilidad y que se expresen en todos los medios.

Carácter morfoagronómico. Corresponden a los caracteres morfológicos que son relevantes en la utilización de las especies cultivadas. Pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo, e incluyen algunos de los caracteres botánicos - taxonómicos más otros que no necesariamente identifican la especie, pero que son importantes desde el punto de vista de necesidades agronómicas, de mejoramiento genético, de mercadeo y consumo. A manera de ejemplos de estos caracteres se puede mencionar la forma de las hojas; pigmentaciones en raíz, tallo, hojas y flores; color, forma y brillo en semillas; tamaño, forma y color de frutos; arquitectura de planta expresada en hábito de crecimiento y tipos de ramificación (Franco e Hidalgo, 2003).

Caracterización morfológica. Se define la caracterización morfológica como el procedimiento que nos permite medir y conocer la variabilidad genética del genoma de una población, diferenciar taxonómicamente a las plantas, y seleccionar los descriptores morfológicos más adecuados, confiables y discriminantes para evaluar las plantas (Hernández, 2013).

Descriptores. Un descriptor es una característica o atributo cuya expresión es fácil de medir, registrar o evaluar y que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de una accesión (Franco e Hidalgo, 2003).

Especie. La especie es una categoría taxonómica, la unidad básica para la clasificación (Querol, 1988).

Especie taxonómica o morfológica. La población natural más pequeña separada de otras por una discontinuidad clara en una serie de biotipos.

Especie biológica. Las poblaciones que en realidad o potencialmente se cruzan entre sí, produciendo progenies fértiles, pero que no las producen cuando se cruzan con otra población en condiciones naturales. En el sentido amplio es el conjunto de plantas o población de la especie en cuestión.

Especie nativa. Una especie cuyo centro de origen o domesticación se encuentra en el lugar bajo estudio. Por extensión, especies que desde hace más de quinientos años son utilizadas en la zona (Querol, 1988).

Especies silvestres. Plantas que crecen normalmente sin participación del hombre. Un caso especial son formas escapadas del cultivo (Querol, 1988).

Estado del descriptor. Se define como estado a los posibles valores que un carácter pueda presentar. (Sneath y Sokal 1973). Por ejemplo, el descriptor color de flor puede tener los estados: blanco, rojo, amarillo, etc.

Estambre: Órgano masculino formado por antera y filamento, unidos por el conectivo.

Estrías: Surcos o rayas que pueden presentar algunos órganos.

Falcado/a: En forma de hoz, aplanado y más o menos curvo.

Filamento: Parte del estambre que sostiene la antera.

Glabro/a: Desprovisto de pelo, lampiño.

Hilo: Cicatriz presente en la semilla que era el punto de unión con el fruto. En la cariopsis de gramíneas puede verse por transparencia en el lugar opuesto al escudete

Morfotipo. Un morfotipo se define como una población interespecífica, que presenta la morfología general y típica de la especie, pero a la vez presenta ciertos caracteres, especialmente cualitativos, que la diferencian de otros morfotipos. Esta definición es una adecuación de la definición de Font Quer (1985), quien dice del morfotipo: “En las especies polimórficas es cualquier estado morfológico con determinados caracteres formales”.

Muestra. Una parte de una población tomada para estimar las características del conjunto (Querol, 1988).

Muestra aleatoria. Muestra tomada de una población y que representa a ésta lo más fidedignamente posible. Es tomada al azar para evitar una selección de formas o tipos más llamativos (Querol, 1988).

Muestreo. Colección de variantes para representar la gama de variabilidad genética disponible en una población (Querol, 1988).

Oblongo/A: Más largo que ancho, alargado y con los bordes paralelos.

Papiráceo: De la consistencia y delgadez del papel

Pelo: Tricomas epidérmicos alargados uni o pluricelulares, simples o ramificados.

Pétalo: Cada pieza de la corola.

Pubescente: Órgano cubierto de pelos finos y suaves.

Pubérula: Se dice del órgano o estructura vegetal que poseen esa cobertura; puberulento.

Romboidal: Similar a un rombo.

Semilla: Óvulo fecundado que contiene al embrión y sustancias de reserva. Es el embrión en estado latente, con las reservas y tegumentos de protección.

Taya o tara. La “tara” *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze es una especie nativa del Perú, que presenta sustancias útiles en las industrias farmacéutica, alimentaria, cosmética entre otras (López et al., 2013).

Teca: Cada una de las dos mitades de la antera con dos sacos polínicos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del ámbito de estudio

La investigación se realizó en nueve provincias del departamento de Cajamarca, el mismo que está ubicado en la zona Norte del país, entre los paralelos 4° 30' y 7° 30' de latitud Sur, y los meridianos 77° 47' y 79° 20' de longitud Oeste. Limita por el Norte con la República de Ecuador, por el Sur con el departamento de La Libertad, por el Este con el departamento de Amazonas y por el Oeste con los departamentos de Piura y Lambayeque. Para fines del presente estudio, se realizó la visita a los bosques o poblaciones relictos de bosques. El acceso fue por vía terrestre siendo el centro de operaciones la provincia de Cajamarca de la cual se sigue las rutas terrestres a las distintas provincias y por medio de carretera de acceso a los distintos caseríos donde se encontraban los bosques o relictos de la especie en estudio.

Tabla 6. Provincias donde se realizaron las colectas de accesiones

Provincia	Distrito
Cajamarca	Cajamarca
	Asunción
	San Juan
	Magdalena
Cajabamba	Jesús
	Condebamba
Celendín	Celendín
Contumazá	Cupisnique
	Sta. Cruz de Toledo
Chota	Querocoto
Hualgayoc	Bambamarca
San Marcos	San Marcos
San Pablo	San Pablo
Santa Cruz	Santa Cruz
	Chancay baños

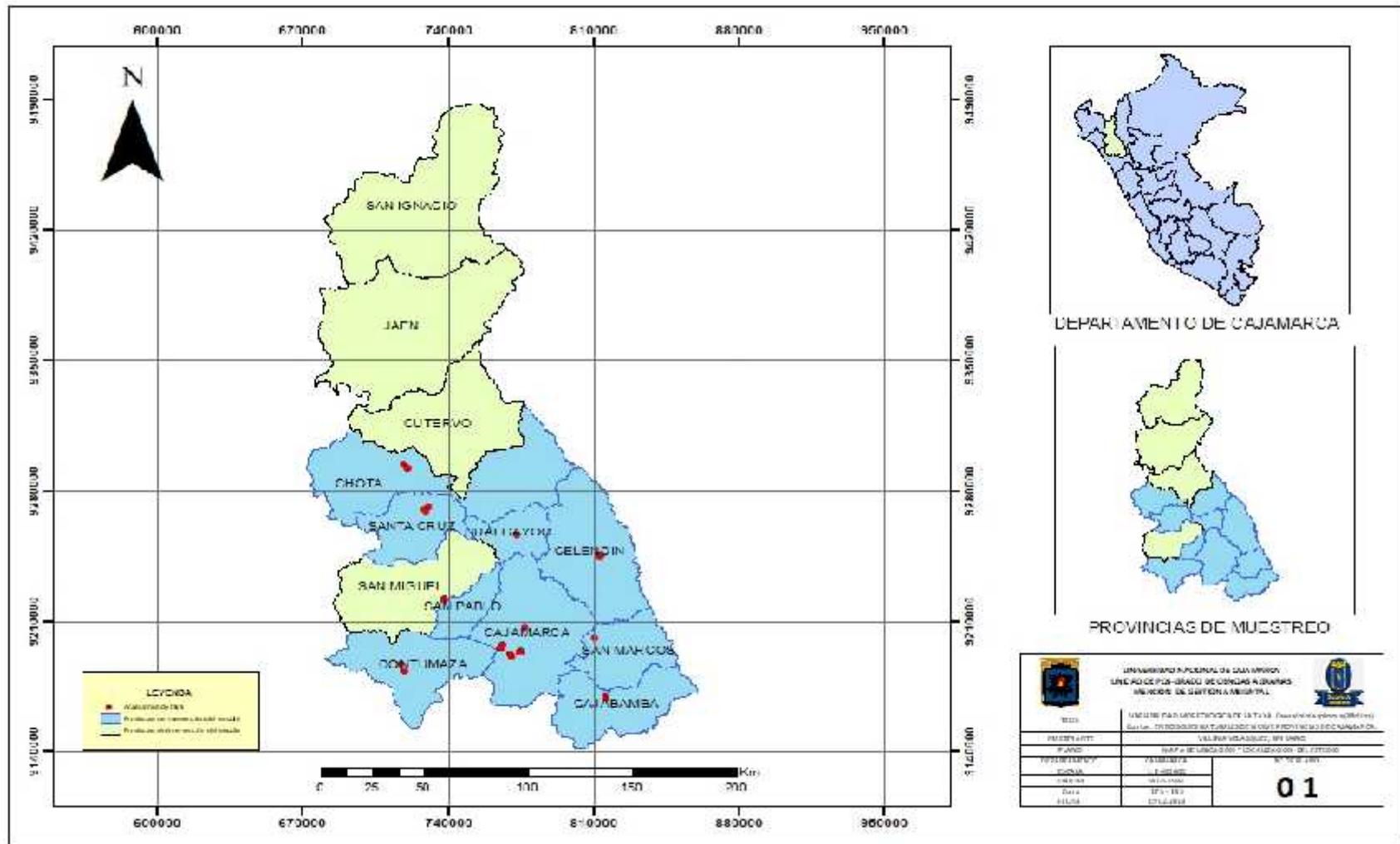


Fig. 2. Mapa de la región Cajamarca, con indicaciones de los lugares donde se realizaron las observaciones y las colectas de material para la caracterización de la *C. spinosa*

3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

López et al. (2008) mencionan que cuando todavía no existen los descriptores en alguna especie, el primer paso es elegir las variables morfológicas que más discriminen. Asimismo, Enríquez et al. (1997) manifiesta que para la descripción morfológica de las plantas cultivadas generalmente se emplean órganos que están menos influenciados por el ambiente como son las flores y los frutos; le siguen en importancia otros como las hojas, troncos, ramas, raíces y los tejidos celulares que muchas veces son muy difíciles de caracterizar. Así, las mejores variables morfométricas que permitan la correcta caracterización serán las que presenten una alta heredabilidad (Abadie y Barretta, 2001).

Por tanto, el enfoque de la investigación fue dirigido a los materiales que presentaron diferencias morfológicas evidentes (cualitativos de alta heredabilidad). Para ello se usó la información básica de los materiales morfológicamente diferentes que fueron previamente identificados por Villar (2011); también se tomó como referencia la experiencia de los agricultores productores de *C. spinosa* y sus apreciaciones de las diferencias en los materiales.

Se realizó el recorrido de campo para observar los bosques y relictos, y se tomó atención a los caracteres morfológicos más evidentes de cada órgano. Para estos recorridos de campo, se aplicó la técnica de los transectos con el propósito de cubrir toda el área de los bosques naturales en estudio, de modo sistemático, y se siguió la descripción de los autores del marco teórico para la toma de muestras de los órganos más importantes y que no están influenciados por el ambiente (Fig. N° 3, 4 y 5).

Los materiales y equipos utilizados fueron:

Colecta de material vegetal

- ✓ Bolsas de plástico y papel
- ✓ Tijeras de podar
- ✓ Cuchilla de campo
- ✓ Prensa
- ✓ Cordel
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Lapiceros
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ GPS (Sistema de posicionamiento global)
- ✓ Mochila
- ✓ Moto lineal
- ✓ Camioneta

Gabinete

- ✓ Computadora personal (Lap top)
- ✓ Impresora
- ✓ Microscopio estereoscopio
- ✓ Papel bond A4
- ✓ Balanza electrónica
- ✓ Reglas
- ✓ Vernier
- ✓ Carta de colores de la RHS Colour Chart de The Royal Horticultural Society (1995)
- ✓ Software Word, Excel, Arc Gis, Corel Draw X7, Image pro plusv 4.5 y NTSYS
- ✓ Mapas
- ✓ Muestras vegetales (hojas, flores, vainas y semillas de *C. spinosa*)

La técnica de la caracterización de la planta y de cada uno de sus órganos que se observaron se detallan a continuación:

Planta:

El hábito de crecimiento que presenta la *C. spinosa* es de un árbol 3 a 8 m de alto, presenta en algunos casos un solo fuste, en otros individuos fuste corto el mismo que se ramifica y otros que presentan varios fustes desde la base del árbol. En cuanto a la forma de copa presenta aparasolada, trapezoidal, irregular aplanada e irregular estratificada. Con respecto a la presencia de aguijones, es un carácter común en todos los individuos observados en los distintos lugares que se visitaron; siendo un carácter propio de la especie.

Hojas: Se determinó el color con la carta de colores de la RHS Colour Chart de The Royal Horticultural Society (1995), las mismas que presentan color verde, número de pinnas de 4 – 8 pares opuestas, foliolos 5 – 8 pares opuestos de forma oblongos – elíptico a obovados.

Flores: El color se caracterizó con la carta de colores de la RHS Colour Chart de The Royal Horticultural Society (1995), en cuanto a las medidas de Ancho y largo de la flor se la realizó mediante toma fotográfica con un microscopio estereoscopio, para luego ser medidas con la aplicación del software se realizaron las medidas de la flor (corte vertical frontal, corte vertical lateral, parte posterior), de mismo modo se procedió para las medidas de anteras, filamento, estambres, carpelo, estilo, estigma, pétalos, pétalo modificado, sépalo y sépalo modificado.

Fruto o vaina: Se determinó el color del lado expuesto al sol y del lado opuesto al sol con la carta de colores de la RHS Colour Chart de The Royal Horticultural Society (1995). El largo de la vaina se midió desde la base (tálamo) hasta el ápice. El ancho, se tomó de la parte más amplia de la vaina en sentido perpendicular al eje longitudinal anterior. El espesor o grosor de la vaina se tomó en la parte de más grosor de la vaina en sentido perpendicular a las dos medidas anteriores. Para esto se realizaron medidas de 50 vainas.

Semillas: Se determinó el color con la carta de colores de la RHS Colour Chart de The Royal Horticultural Society (1995). En cuanto al largo de la semilla se tomó desde la base (punto de ubicación del hilo), hasta el ápice. El ancho, se tomó en la parte más amplia de la semilla, en sentido perpendicular al eje longitudinal anterior. El espesor o grosor de la semilla se tomó en la parte media de la semilla en sentido perpendicular a las dos medidas anteriores. Para esto se realizaron medidas de 30 semillas.



Fig. 3. Elección de árboles de *C. spinosa* representativos



Fig. 4. Inflorescencia de *C. spinosa* a caracterizar



Fig. 5. Vainas de *C. spinosa* a caracterizar

3.3. Definición de los descriptores morfológicos para la *C. spinosa*

De las observaciones y mediciones realizadas permitieron identificar las características en las cuales había variación entre accesiones y de este modo, se elaboró la lista de descriptores en una primera aproximación. En estos descriptores se incluyeron; en primer lugar, las características morfológicas cualitativas altamente heredables y visibles. Segundo las características cuantitativas que luego del análisis estadístico, permitían derivar descriptores cualitativos. Esta inclusión se basó en que algunas medidas de los órganos de las plantas mantienen relaciones alométricas estables, en cualquier condición o medio de crecimiento (Gayon, 2000; Shinglenton, 2010) de tal manera que, existe la seguridad de que su valor absoluto puede variar, pero la relación entre ellos no varía en el tiempo y en el espacio. De modo que, las dimensiones son predictibles entre sí. Es el caso de la relación largo/ancho de los órganos (L/A). De dichas observaciones a toda la arquitectura del árbol, solo se encontraron caracteres altamente discriminantes en vainas y semillas, por lo cual la caracterización morfológica se centró en dichos órganos.

3.3.1. Procesamiento y análisis de los datos cualitativos

Estos constituyeron los verdaderos descriptores morfológicos que permitieron discriminar morfotipos dentro de la colección y a la vez conocer el nivel o porcentaje de duplicidad dentro de la misma. Los datos fueron ingresados a una MBD (Tabla 7) para luego realizar el análisis multivariado con el programa NTSYS. Este análisis arrojó un fenograma el cual se puede analizar a diferentes niveles de disimilitud y diferentes grupos y extraer conclusiones de la variabilidad morfológica de las colectas

3.3.2. Procesamiento y análisis de los datos cuantitativos

De los datos obtenidos de las mediciones de largo, ancho y espesor, de las cuales se calculó las medias, estas se introdujeron en la MBD (Tabla 7) para su análisis con el software NTSYS y obtener un fenograma que agrupó a las accesiones según su afinidad o cercanía. Este agrupamiento permitió tener una visión general de las afinidades cuantitativas de las accesiones; sin embargo, considerando que estas características cuantitativas son fuertemente influenciadas por las condiciones ambientales (y seguramente por la edad de las poblaciones) no permiten tener certeza acerca de la variación dentro de la colección. Sólo constituyen un indicio de la variabilidad de la *C. spinosa* en la región.

Tabla 7. Esquema de la matriz básica de datos (MBD) que se usó para ingresar los datos de la caracterización morfológica de las accesiones.

MBD	Caracteres (Variables)			
	X1	X2	. . . .	Xn
A1	X ₁₁	X ₂₁	. . . .	X _{n1}
A2	X ₁₂	X ₂₂	. . . .	X _{n2}
A3	X ₁₃	X ₂₃	. . . .	X _{n3}
A4	.	.	. . . .	.
A5	.	.	. . . .	.
An	X _n	X _n	. . . .	X _{nt}

Fuente: Crisci y López (1983).

La matriz básica de datos (MBD) se construye a partir de la información que se obtiene en la caracterización y evaluación de especies. Consiste en un arreglo en forma de cuadrícula con tantas filas como accesiones existentes (A) y una columna para cada carácter (variable X) (Tabla 7). La construcción de la MBD es fundamental porque constituye el punto de partida

o materia prima para la aplicación de las herramientas estadísticas. Desde el punto de vista geométrico y espacial la matriz A/X , puede ser conceptualizada de las formas siguientes según (Pla, 1986 cit. por Hidalgo, 2003) **1.** Como un conjunto de “n” accesiones en un espacio definido por las “x” variables, donde las observaciones serán puntos que representan a accesiones en el espacio. Las accesiones consideradas se comparan en función de sus variables. **2.** Como un conjunto de “p” variables, donde las observaciones corresponderán a puntos que representan las variables. Las variables consideradas se comparan en función de las accesiones.

Los datos así organizados fueron sometidos al análisis estadístico multivariado mediante el programa NTSYS (Numeral Taxonomy System ver. 2.2). Se aplicó la técnica de clasificación denominada análisis de agrupamiento y la técnica de ordenación denominada análisis de componentes principales (ACP).

- ✓ **Análisis de agrupamiento de las accesiones** A través de esta técnica se obtuvo un fenograma que permitió establecer los grupos dentro del germoplasma, de acuerdo a su cercanía morfológica y los probables duplicados. En este caso, por el tipo de datos (multiestado predominantes, cualitativos y cuantitativos), se eligió el coeficiente de distancia taxonómica (TD), el que en su valor más bajo (cero) significa máxima similitud entre las *unidades taxonómicas operativas* (OTU) y en su valor más alto () significa mínima similitud entre OTU. Los resultados se obtienen en una matriz de similitud simétrica (Crisci y López 1983; Hidalgo, 2003), para la formación de conglomerados se usó el *método de grupo de pares no ponderado usando aritmética*

promedio (UPGMA), como forma de enlace. Luego se hizo la interpretación del fenograma, a partir de los coeficientes de distancia y los grupos formados.

- ✓ **Análisis de componentes principales (ACP)** Esta técnica permite conocer la relación entre los descriptores considerados y la semejanza entre las OTU (acesiones). En el primer caso, con el fin de saber cuáles descriptores están asociados y cuáles caracterizan en el mismo sentido o en sentido contrario. En el segundo caso, para saber cómo se distribuyen las acepciones y cuáles se parecen o no. El ACP, también permite identificar y seleccionar los descriptores más discriminantes (útil para limitar el número de descriptores en caracterizaciones posteriores) (Crisci y López, 1983; Hidalgo, 2003; Rojas, 2003).

El ACP concentra toda la variabilidad presente en la matriz de datos originales en unos pocos ejes o componentes. Los componentes principales (CP) contienen información de todas las variables originales (descriptores), pero en diferentes proporciones. Matemáticamente se obtienen a través del cálculo de la matriz de correlaciones entre caracteres. Los CP son ortogonales entre sí y por lo tanto no están correlacionados. Es decir, cada CP es independiente, contiene una porción de la variación no expresada en los otros componentes. Su número depende del número de las variables que se incluyen en el análisis. La contribución de las variables (descriptores) a cada componente principal se expresa fundamentalmente en su valor propio. El valor propio (raíz latente) representa la suma de las varianzas de todas las variables para un determinado CP. El valor propio varía para cada CP y decrece a medida que se generan dichos componentes. El componente con mayor valor propio

será el primer CP, el que le sigue en valor será el segundo y así sucesivamente (Crisci y López, 1983). La suma de los valores propios constituye la varianza total de las OTU para las variables utilizadas. Por lo tanto, puede establecerse el porcentaje de variación (% traza) contenido en cada CP, según su aporte a la suma.

Los valores de los CP fueron graficados sobre ejes ortogonales que delimitan un espacio bidimensional, para una mejor interpretación de las relaciones entre OTU y entre caracteres (Crisci y López 1983).

En conclusión, el ACP sirvió para determinar dos aspectos importantes del grupo en estudio: **a)** las relaciones entre las OTU (accesiones); y **b)** el valor discriminatorio de las variables (descriptores), con respecto a las relaciones establecidas en el punto anterior (a).

Esta comprendió las siguientes etapas:



Fig. 06. Diagrama de flujo de los pasos elementales para la aplicación de las técnicas de taxonomía numérica (Crisci y López, 1983).



Fig. 7. Caracterización de la vaina de *C. spinosa* (mediciones con vernier)



Fig. 8. Caracterización del color de vaina de *C. spinosa* con la carta de colores de la RHS Colour Chart de The Royal Horticultural Society (1995)



Fig. 9. Pesando vaina de *C. spinosa*



Fig. 10. Pesando semilla de *C. spinosa*

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Datos pasaporte de las colectas

Los lugares donde se realizaron las colectas y el número de colectas fueron como se detalla en la Tabla 8.

Tabla 8. Provincias donde se realizaron las colectas y números de colectas

Provincia	Distrito	N° colectas
Cajamarca	Cajamarca	1
	Asunción	6
	San Juan	5
	Magdalena	11
	Jesús	2
Cajabamba	Condebamba	5
Celendín	Celendín	5
Contumazá	Cupisnique	3
	Sta. Cruz de Toledo	2
Chota	Querocoto	4
Hualgayoc	Bambamarca	1
San Marcos	San Marcos	1
San Pablo	San Pablo	5
Santa Cruz	Santa Cruz	3
	Chancay Baños	2
Total		56

A continuación, se muestra la tabla 9 donde se indica los datos pasaportes de las colectas, y su detalle de las coordenadas UTM y los rangos altitudinales de cada accesión.

Tabla 9. Datos pasaporte de las colectas de accesiones de *C. spinosa* de las nueve provincias de Cajamarca

Entrada	Lugar	Distrito	Provincia	Región	Altitud	Norte	Este
E1	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	2756	776649	9206921
E2	San Miguel de Matarita	Asunción	Cajamarca	Cajamarca	1709	769999	9192207
E3	San Miguel de Matarita	Asunción	Cajamarca	Cajamarca	1823	769982	9192187
E4	San Miguel de Matarita	Asunción	Cajamarca	Cajamarca	1826	769960	9192173
E5	San Miguel de Matarita	Asunción	Cajamarca	Cajamarca	1820	769930	9192207
E6	San Miguel de Matarita	Asunción	Cajamarca	Cajamarca	1809	769986	9192230
E7	San Miguel de Matarita	Asunción	Cajamarca	Cajamarca	2029	770220	9191056
E8	San Juan	San Juan	Cajamarca	Cajamarca	2174	774600	9193648
E9	San Juan	San Juan	Cajamarca	Cajamarca	2195	774639	9193672
E10	San Juan	San Juan	Cajamarca	Cajamarca	2151	774529	9193600
E11	San Juan	San Juan	Cajamarca	Cajamarca	2169	774550	9193606
E12	San Juan	San Juan	Cajamarca	Cajamarca	2175	774571	9193636
E13	Choropampa	Magdalena	Cajamarca	Cajamarca	1789	764538	9194972
E14	Malcas	Condebamba	Cajabamba	Cajamarca	2051	815555	9168977
E15	Malcas	Condebamba	Cajabamba	Cajamarca	2053	815602	9168949
E16	Malcas	Condebamba	Cajabamba	Cajamarca	2057	815639	9168917
E17	Malcas	Condebamba	Cajabamba	Cajamarca	2060	815665	9168890
E18	Malcas	Condebamba	Cajabamba	Cajamarca	2063	815715	9168876
E19	Chuclálas	Celendín	Celendín	Cajamarca	2440	813168	9245285
E20	Chuclálas	Celendín	Celendín	Cajamarca	2401	813310	9245100
E21	Chuclálas	Celendín	Celendín	Cajamarca	2393	813349	9245172
E22	Chuclálas	Celendín	Celendín	Cajamarca	2297	813236	9245762
E23	Chuclálas	Celendín	Celendín	Cajamarca	2464	813166	9244952
E24	Juque	Cupisnique	Contumazá	Cajamarca	2278	719108	9183369
E25	Juque	Cupisnique	Contumazá	Cajamarca	2271	719084	9183315
E26	Trinidad	Cupisnique	Contumazá	Cajamarca	1872	717312	9187180
E27	El Obraje	Querocoto	Chota	Cajamarca	2095	718158	9294126
E28	El Rocoto	Querocoto	Chota	Cajamarca	2204	720059	9291967
E29	El Rocoto	Querocoto	Chota	Cajamarca	2196	720150	9292178
E30	El Rocoto	Querocoto	Chota	Cajamarca	2195	720059	9291967
E31	Mayhuasi	Bambamarca	Hualgayoc	Cajamarca	2603	772886	9256107
E32	El Cedro	San Marcos	San Marcos	Cajamarca	2895	810714	9200926

Entrada	Lugar	Distrito	Provincia	Región	Altitud	Norte	Este
E33	Jancos	San Pablo	San Pablo	Cajamarca	2032	737845	9221831
E34	Jancos	San Pablo	San Pablo	Cajamarca	2039	737821	9221811
E35	Jancos	San Pablo	San Pablo	Cajamarca	2063	738072	9221751
E36	Jancos	San Pablo	San Pablo	Cajamarca	2083	738041	9221719
E37	Jancos	San Pablo	San Pablo	Cajamarca	2142	737801	9221617
E38	C.P. Silverio	Santa Cruz	Santa Cruz	Cajamarca	1707	728341	9270326
E39	C.P. Chian	Santa Cruz	Santa Cruz	Cajamarca	1896	729304	9268915
E40	C.P. El Porvenir	Santa Cruz	Santa Cruz	Cajamarca	1560	730529	9271520
E41	Choropampa	Magdalena	Cajamarca	Cajamarca	1845	765498	9195628
E42	Choropampa	Magdalena	Cajamarca	Cajamarca	1902	765569	9195687
E43	Choropampa	Magdalena	Cajamarca	Cajamarca	1929	765527	9195751
E44	Choropampa	Magdalena	Cajamarca	Cajamarca	1910	765474	9195726
E45	Choropampa	Magdalena	Cajamarca	Cajamarca	1909	765469	9195692
E46	Choropampa	Magdalena	Cajamarca	Cajamarca	1789	765819	9197270
E47	Choropampa	Magdalena	Cajamarca	Cajamarca	1810	765888	9197335
E48	Choropampa	Magdalena	Cajamarca	Cajamarca	2059	765894	9197326
E49	Choropampa	Magdalena	Cajamarca	Cajamarca	2048	765853	9197301
E50	Choropampa	Magdalena	Cajamarca	Cajamarca	1965	765688	9196829
E51	Sta. Cruz de Toledo	Sta. Cruz de Toledo	Contumazá	Cajamarca	2335	738565	9187736
E52	Sta. Cruz de Toledo	Sta. Cruz de Toledo	Contumazá	Cajamarca	2340	738411	9187776
E53	Agua salada	Chancay Baños	Santa Cruz	Cajamarca	2333	734010	9273375
E54	Tambillo	Chancay Baños	Santa Cruz	Cajamarca	1400	735067	9277760
E55	Lacas	Jesús	Cajamarca	Cajamarca	2340	798672	9193098
E56	Lacas	Jesús	Cajamarca	Cajamarca	2285	797706	9193847

4.2. Definición de los descriptores y sus estados

Para la definición de los descriptores cualitativos se realizó la observación de los caracteres morfológicos cualitativos de la planta y sus órganos. En vista que no se encontraron caracteres diferenciales en planta, tallo, hoja y flor; el estudio se centró en las características o descriptores del fruto o vaina y la semilla. Los descriptores cualitativos estuvieron referidos a forma, apariencia, color, ubicación del hilo. Los descriptores cuantitativos se refieren a largo, ancho, espesor, y relación largo y ancho del fruto y semilla. La lista de descriptores propuestos para la especie combina caracteres cualitativos y cuantitativos y, quedó establecida del siguiente modo:

Descriptores propuestos para la *C. spinosa*

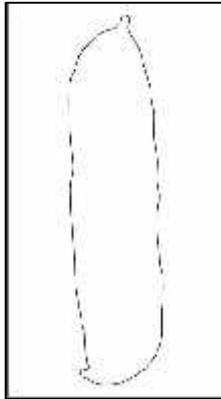
Planta

- ✓ **Ramificación:** No se identificaron descriptores discriminantes
- ✓ **Forma de copa:** No se identificaron descriptores discriminantes
- ✓ **Hoja:** No se identificaron descriptores discriminantes
- ✓ **Inflorescencia:** No se identificaron descriptores discriminantes
- ✓ **Flor:** No se identificaron descriptores discriminantes

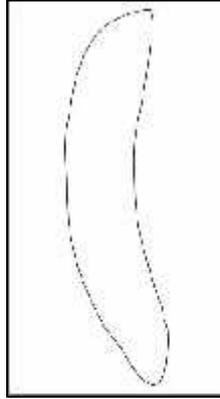
Según lo antes descrito y debido a que no se identificaron descriptores discriminantes, es que no se encontraron descriptores para dichos órganos.

✓ **Fruto**

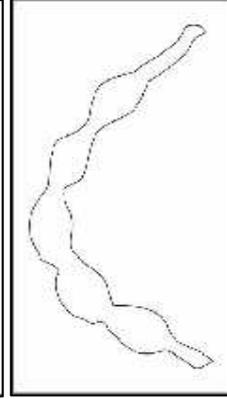
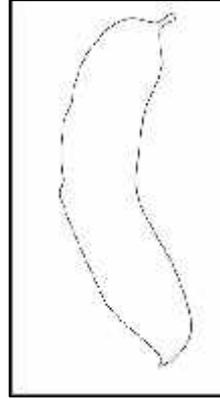
Forma de Vaina (FV)



1. Recta

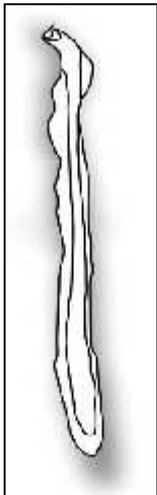


3. Ligeramente falcada

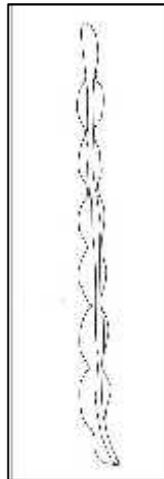
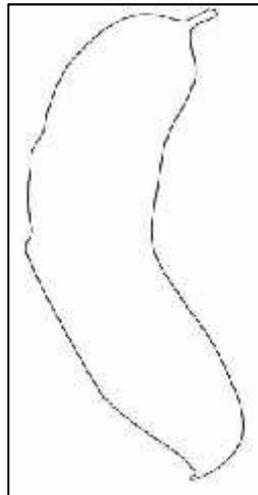


5. Falcada

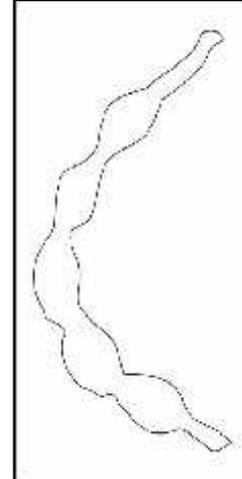
Apariencia superficial de la Vaina (ASV)



1. Aplanada y amplia

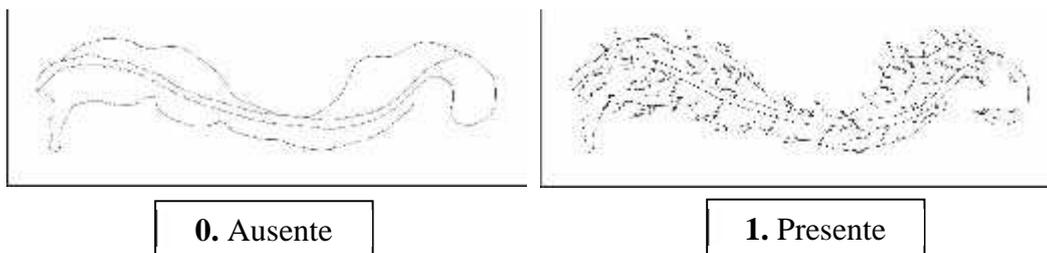


3. Intermedia



5. Delgada y globosa en cada semilla

Pubescencia (PBV)



Color de vaina (CV)

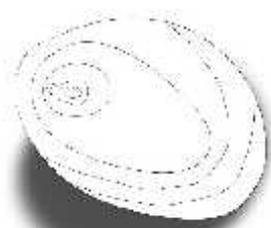
1. Rojo en ambos lados de la vaina (42 B-C)
3. Anaranjado rojizo del lado opuesto al sol y del lado expuesto al sol rojizo o, en ambos lados anaranjado rojizo (31A –32B – 33B – 171A)
5. Pajizo o crema en el lado opuesto al sol y del lado expuesto al sol anaranjado rojizo, y en su gran mayoría pajizo a crema en ambos lados de la vaina (22A - 11C – 19B – 20B – 22B – 26B – 22C)

Relación L/A (L/A v)

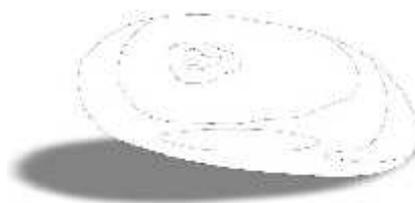
1. < 4
3. 4 6
5. > 6

✓ Semilla

Forma predominante de la semilla (FS)



1. Obovada globosa



3. Obovada aplanada



5. Romboide

Color principal de semilla (CS)

1. Marrón (200A - B- C - D)
3. Marrón grisáceo (199A)

Ubicación del hilo (UH)

1. Basal central
3. Basal lateral

Relación L/A (L/A s)

1. < 1
3. 1 1.5
5. > 1.5

Peso promedio de la semilla (g)

1. < 0.1
3. 0.1 0.2
5. > 0.2

4.3. Caracterización morfológica del germoplasma de *C. spinosa* de la región Cajamarca

Una vez definidos los descriptores morfológicos, se procedió a crear la matriz básica de datos (MBD), de la caracterización morfológica de los caracteres cualitativos por cada entrada o accesiones obtenidas de la especie.

Tabla 10. Matriz básica de datos de la caracterización cualitativa de vaina y semilla de 56 entradas de *C. spinosa*

Entrada	Vaina						Semilla				
	FV	ASV	PBV	C L/Sol	C L/Sombra	L/A v	FS	UH	CS	L/A s	RMPS
E1	3	3	0	3	3	3	1	1	3	3	3
E3	3	3	0	3	3	3	1	1	1	3	3
E4	1	3	0	3	3	1	1	1	3	3	3
E6	3	3	0	5	5	3	3	1	1	3	3
E7	3	3	0	3	3	3	1	1	1	3	3
E8	3	3	0	5	3	3	1	1	3	3	5
E9	3	3	0	3	3	3	1	1	3	3	3
E10	3	3	0	3	5	3	1	1	3	3	3
E11	3	3	0	5	5	3	1	1	3	3	3
E12	3	3	0	5	5	3	3	1	1	3	3
E13	3	3	0	5	5	3	1	1	3	3	3
E14	3	3	0	3	3	3	1	1	1	3	3
E15	3	3	0	5	5	3	1	1	1	3	3
E16	3	3	0	5	5	3	1	1	3	3	3
E17	3	3	0	5	5	3	1	1	3	3	3
E18	3	3	0	5	5	3	1	1	1	3	3
E19	3	3	0	3	3	3	3	1	1	3	3
E20	3	3	1	3	5	3	3	1	3	3	5
E21	3	3	1	3	5	3	3	1	1	3	5
E22	3	3	0	5	5	3	1	1	1	3	5
E23	1	3	1	5	5	3	3	1	1	3	5
E24	3	3	0	5	5	3	1	1	3	3	3
E25	3	3	0	3	5	3	1	1	3	5	5
E26	5	1	0	5	5	3	1	1	3	3	3
E27	3	3	0	1	3	3	1	1	3	3	5
E28	3	1	0	5	5	3	3	1	3	3	5
Entrada	Vaina						Semilla				
	FV	ASV	PBV	C L/Sol	C L/Sombra	L/A v	FS	UH	CS	L/A s	RMPS
E29	3	1	0	5	5	3	1	1	3	1	5
E30	3	3	0	1	5	3	1	1	3	3	5
E31	3	3	0	1	1	3	1	1	3	3	3
E32	3	3	0	3	5	3	1	1	3	3	5
E33	3	3	0	3	5	3	3	1	3	3	3
E34	3	3	0	3	5	3	1	1	3	3	3
E35	3	3	0	5	5	3	3	1	3	3	3

E36	3	3	0	3	5	3	1	1	3	3	1
E37	3	3	0	3	5	1	3	1	3	3	3
E38	3	3	0	3	3	3	3	1	3	3	3
E39	1	3	0	3	3	3	1	1	1	3	3
E40	3	3	0	5	5	3	1	1	3	3	3
E41	3	3	0	3	5	3	3	1	3	3	3
E42	1	3	0	3	5	3	1	1	3	5	3
E43	3	3	0	3	5	3	1	1	3	3	3
E44	1	3	0	3	5	3	1	1	3	3	3
E45	3	3	0	5	5	3	1	1	3	3	3
E46	5	1	0	5	5	3	1	1	3	3	5
E47	5	5	0	5	5	5	5	3	1	1	3
E48	3	3	0	3	5	3	1	1	3	3	5
E49	3	3	0	5	5	3	1	1	3	5	3
E50	3	3	0	3	3	3	1	1	3	3	3
E51	3	3	0	3	3	3	1	1	1	3	5
E52	1	3	0	3	5	3	1	1	3	3	5
E53	1	3	0	3	3	3	1	1	1	3	5
E54	3	3	0	3	3	1	1	1	1	3	3
E55	1	3	0	5	5	3	1	1	3	3	3
E56	3	3	0	3	3	3	1	1	3	3	3
Media	2.81	2.96	0.06	3.70	4	2.93	1.52	1.04	2.37	3.04	3.56
S	0.89	0.73	0.23	1.18	0.94	0.54	0.97	0.27	0.94	0.61	0.98
CV	0.32	0.24	4.16	0.32	0.21	0.19	0.64	0.26	0.40	0.20	0.28

FV: forma de vaina. **ASV:** apariencia superficial de vaina. **PBV:** pubescencia de vaina. **C L/Sol:** Color de lado expuesto al sol. **C L/Sombra:** color del lado opuesto al sol. **L/A v:** relación largo ancho de vaina. **FS:** forma de semilla. **UH:** ubicación del hilo. **CS:** color de semilla. **L/A s:** relación largo ancho de semilla. **RMPS:** relación pesos de semilla.

Una vez obtenida la matriz básica de datos, la misma se procesó en el software NTSYS el cual arrojó el fenograma donde se aprecia los grupos y subgrupos, originados por los niveles de similitud (Fig. 12).

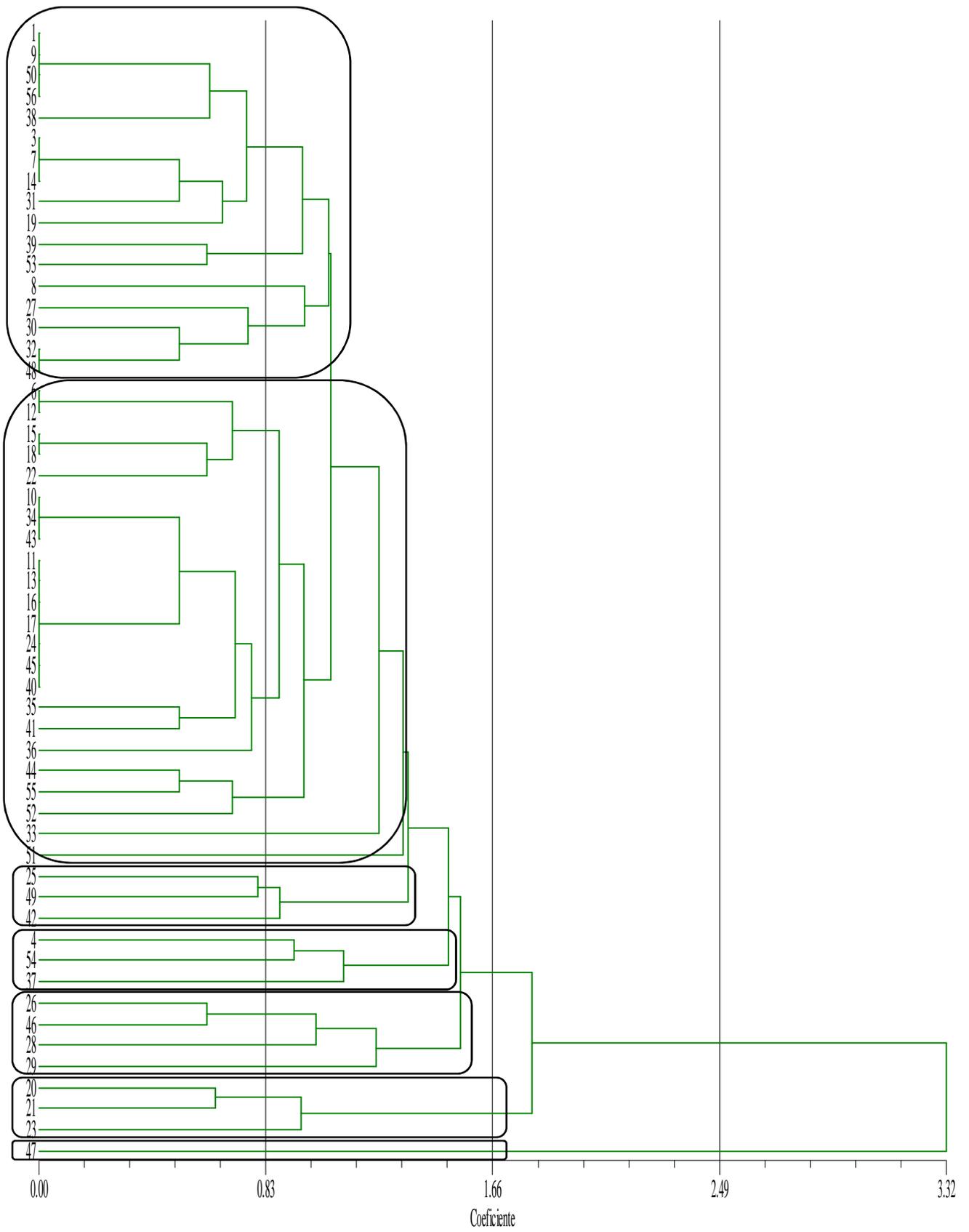


Fig. 11. Fenograma que agrupa 56 entradas de *C. spinosa* caracterizados con 11 descriptores morfológicos cualitativos y mediante el método de ligamento UPGMA

4.3.1. Análisis de agrupamiento

En el fenograma (Fig. 11), se observa que en las 56 entradas de *C. spinosa* a la distancia taxonómica de 0.00 nivel máximo de similitud, se han formado 38 grupos, tres grupos conformados por dos entradas (E15, E18), (E6, E12), (E32, E48), dos grupos conformados por tres entradas (E43, E34, E10) y (E14, E7, E3); un grupo formado por cuatro entradas (E56, E50, E9 y E1) y el último conformado por siete entradas (E40, E45, E24, E17, E16, E13 y E11).

A la distancia taxonómica de 0.83 se han formado 20 grupos o morfotipos, el cual representa el 82.14 % de entradas duplicadas. De los 20 grupos, 10 están conformados por más de una entrada y 10 grupos por entradas independientes (E8, E33, E51, E42, E4, E54, E37, E28, E29, E23 y E47) el cual representa el 19.64 % del total de entradas; cuatro grupos conformados por dos entradas (E53, E39), (E25, E49), (E46, E26) y (E21, E20), un grupo formado por tres entradas (E52, E55 y E44), un grupo de cuatro entradas (E48, E32, E30 y E27), un grupo de cinco entradas (E22, E18, E15, E12 y E6), un grupo de diez entradas (E19, E31, E14, E7, E3, E38, E56, E50, E9 y E9)

Por otro lado, si se analiza a un coeficiente de similitud de 1.66 (*distancia intermedia*) se pueden distinguir 3 grupos, dentro de estos grupos se encuentra el 94.65 % de entradas duplicadas. Estos tres grupos están conformados por un grupo de una entrada independiente (E47), el 2° grupo por tres entradas (E23, E21 y E20) y el 3° grupo que contiene dos subgrupos; el 1° subgrupo conformado por cuatro entradas (E29, E28, E46 y E26) y el 2° subgrupo se divide a su vez en cuatro subgrupos más pequeños, el primer subgrupo pequeño formado por las entradas (E37, E54 y E4) y el segundo subgrupo

pequeño formado por las entradas (E42, E49 y E25), el tercer subgrupo conformado por las entradas que van desde la (E51, E33, E52, E55, E44, E36, E41, E35, E40, E45, E24, E17, E16, E13, E11, E43, E34, E10, E22, E18, E15, E12, E6) y el último subgrupo conformados por las entradas que van de (E48, E32, E30, E27, E8, E53, E39, E19, E31, E14, E7, E3, E38, E56, E50, E9 y E1)

El fenograma descrito permite tener una visión aproximada de los grupos o morfotipos dentro de la colección (Tabla 11), basados en descriptores cualitativos de alta heredabilidad. Sin embargo, *queda a criterio de los investigadores tomar el nivel de disimilitud más conveniente* y; por otro lado, se recomienda seguir observando las colecciones realizadas (y nuevas colectas de la región y del país). Por otro lado, según nuestro criterio y tomando como base las diferencias de los materiales en campo, consideramos la existencia de siete morfotipos (Tabla 11), cuya descripción se presenta en la Tabla 12.

Tabla 11. Grupos identificados, entradas que los conforman y su procedencia según caracteres morfológicos

Grupo	Entradas	Procedencia	Morfotipos
Grupo I	E47	Choropampa	I
Grupo II	E23, E21 y E20	Chuclálas	II
Grupo III			
1° Subgrupo	E29, E28, E46 y E26	Trinidad, Choropampa, El Rocoto	III
2° Subgrupo	E37, E54 y E4	Jancos, Chancay Baños y San Miguel de Matarita	IV
3° Subgrupo	E49, E42 y E25	Choropampa y Juke	V
4° Subgrupo	E51, E33, E52, E55, E44, E36, E41, E35, E40, E45, E24, E17, E16, E13, E11, E43, E34, E10, E22, E18, E15, E12, E6	Santa Cruz, San Pablo, Contumazá Cajamarca, Chota, San Marcos, Celendín, Hualgayoc, Cajabamba	VI
5° Subgrupo	E48, E32, E30, E27, E8, E53, E39, E19, E31, E14, E7, E3, E38, E56, E50, E9 y E1	Santa Cruz, San Pablo, Contumazá Cajamarca, Chota, San Marcos, Celendín, Hualgayoc, Cajabamba	VII

Tabla 12. Morfotipos determinados de *C. spinosa*, denominación y descriptores morfológicos que los caracterizan

Morfotipo	Nombre asignado	Accesiones	Descriptores	Procedencia
I	Globosa	E47	Vaina de apariencia superficial delgada y globosa en cada semilla. Semilla de forma romboide, e hilo basal y lateral, Relación largo/ancho de vaina (> 10 cm)	Cajamarca
II	Pubescente o barbada	E23, E21 y E20	Vaina pubescente	Celendín
III	Gigante	E29, E28, E46 y E26	Vaina de apariencia superficial aplanada y amplia	Cajamarca, Contumazá y Chota
IV	Jancos	E37, E54 y E4	Relación largo/ancho de vaina (< 4 cm)	Cajamarca, San Pablo, Santa cruz
V	Semilla pequeña	E49, E42 y E25	Relación largo/ancho de semilla (> 1.5 cm)	Cajamarca
VI	Blanca	E51, E33, E52, E55, E44, E36, E41, E35, E40, E45, E24, E17, E16, E13, E11, E43, E34, E10, E22, E18, E15, E12, E6	Vaina de color pajizo o crema en el lado opuesto al sol y del lado expuesto anaranjado rojizo, y en su gran mayoría pajizo a crema en ambos lados de la vaina. (22A - 11C - 19B - 20B - 22B - 26B - 22C)	Cajamarca, San Pablo, Celendín, Santa cruz, Chota, Contumazá, Hualgayoc, Cajabamba y San Marcos.
VII	Roja	E48, E32, E30, E27, E8, E53, E39, E19, E31, E14, E7, E3, E38, E56, E50, E9 y E1	Vaina de color rojo del lado expuesto al sol y anaranjado rojizo en el lado opuesto o, anaranjado rojizo en ambos lados (42 B-C, 31A - 32B - 33B - 171A).	Cajamarca, San Pablo, Celendín, Santa cruz, Chota, Contumazá, Hualgayoc, Cajabamba y San Marcos.

Del fenograma (Fig. 11) y del análisis de agrupamiento de datos y de la tabla 12, se detalla:

Morfotipo I. Globosa, formado por la E47 procedente del distrito de Magdalena provincia de Cajamarca, cuyas características son únicas en cuanto a la apariencia superficial de vaina delgada y globosa en cada semilla, semillas de forma romboidal y ubicación del hilo basal y lateral; Bortoluzzi et al. (2007) en su estudio morfológico, citotaxonómicos y moleculares en el grupo *Caesalpinia*, donde hace referencia que la

ubicación del hilo de la semilla es apical, y en cuanto a la forma de semilla las describe como ovadas, suborbiculares a elípticas. Por otro lado, Canelas (2013) describe que el descriptor cualitativo referente a la forma de la semilla en su estudio, presentó una variación del 54.21 % dentro del CP6, siendo los descriptores aplanada, angular, redondeada y mezcla.



Fig. 12. Morfotipo I “Globosa”

Morfotipo II. Pubescente o Barbada, formado por tres entradas (E23, E21 y E20) procedente de Chuclálas, distrito de Celendín, que presenta la característica de presencia de pubescencia en la vaina; a esto mencionar que Ulibarri (1996) describe la legumbre de *C. spinosa* como indehiscente pubérula. Asimismo, Villar (2011) determinó tres morfotipos: roja o morocha, blanca o almidón y celendina o barbada.



Fig. 13. Morfotipo II “Pubescente o Barbada”

Morfotipo III. Gigante, conformado por la entrada E46 procedente del distrito de Magdalena provincia de Cajamarca; E29, E28 del distrito de Querocoto provincia de Chota y la E26 del distrito de Cupisnique provincia de Contumazá, con la característica de apariencia superficial de vaina aplanada y amplia. Portal (2010) encontró cinco variedades de taya y una de ellas es el almidón gigante, cuya clave dicotómica a parte del largo de vaina, es el color de vaina anaranjado pajizo en ambos lados.



Fig. 14. Morfotipo III “Gigante”

Morfotipo IV. Jancos, conformado por las entradas E4 procedente del distrito de asunción provincia de Cajamarca, E37 del distrito y provincia de San Pablo y la E54 del distrito de Chancay Baños provincia de Santa Cruz, y se caracteriza por presentar la relación largo/ancho de vaina menor a 4 cm.



Fig. 15. Morfotipo IV “Jancos”

Morfotipo V. Semilla pequeña, conformado por las entradas E25 distrito de Cupisnique provincia de Contumazá, E42 y E49 distrito de Magdalena provincia de Cajamarca, que presenta el carácter de relación largo/ancho de semilla mayor a 1.5 cm.



Fig. 16. Morfotipo V “Semilla pequeña”

Morfotipo VI. Blanca, conformada por 23 entradas procedentes de las nueve provincias de Cajamarca, y presenta con carácter discriminante que la vaina presenta un color pajizo o crema en el lado opuesto al sol y del lado expuesto anaranjado rojizo, y en su gran mayoría pajizo a crema en ambos lados de la vaina. Mencionar que Portal (2010) identificó la variedad de taya “almidón gigante y almidón común”, cuya clave dicotómica son el color de vaina anaranjado pajizo en ambos lados. Del mismo modo, Gómez et al. (1997) encontraron frutos de *C. spinosa* de color rosado, rojizo o amarillentos rojizos y Bortoluzzi et al. (2007) describe la legumbre de color castaño claro.



Fig. 17. Morfotipo VI “Blanca”

Morfotipo VII. Roja, conformados por 17 entradas procedentes de las nueve provincias de Cajamarca y presenta el carácter discriminante que la vaina es de color rojo del lado expuesto al sol y anaranjado rojizo en el lado opuesto o, anaranjado rojizo en ambos lados. Portal (2010) las variedades: “morocha, roja ayacuchana”, siendo la clave dicotómica el color anaranjado pajizo en ambos lados de la vaina y rojo intenso en ambos lados.



Fig. 18. Morfotipo VII “Roja”



Fig. 19. Morfotipos de *C. spinosa* determinados para la región Cajamarca: de izquierda a derecha. Morf. Globosa, pubescente o barbada (obsérvese que la pubescencia ha caído en estado maduro), gigante, jancos, semilla pequeña, blanca y roja.

4.3.2. Análisis de componentes principales (CP), según caracteres cualitativos

Siguiendo el criterio de análisis de Hidalgo (2003) de selección el número y CP antes explicado, se procede a realizar la descripción de los valores detallados en la tabla 12.

Tabla 13. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por los cinco primeros componentes principales, de 56 entradas de *C. spinosa* de la región Cajamarca, caracterizadas mediante 11 descriptores morfológicos.

Componentes Principales (CP)	Caracteres	Valor propio	Proporción de varianza total explicada	
			Absoluta (%)	Acumulada (%)
CP1	Ubicación de hilo, Forma de semilla, Relación largo/ancho de vaina	2.6195	23.8	23.8
CP2	Color lado sombra de vaina, Apariencia superficial de la vaina	1.8082	16.4	40.2
CP3	Pubescencia en vaina	1.4978	13.6	53.8
CP4	Relación pesos de semilla	1.1129	10.1	63.9
CP5	Relación largo/ancho de semilla	0.9819	8.9	72.8

En la Tabla 13. Se observa que el número de componentes principal, que expresa la varianza total, es igual a 11. Este número corresponde al número de descriptores o variables involucrados. Los cinco CP expresan el 72.8 % de la varianza total. Estos componentes serían los más importantes, según Clifford (1975) considera como aceptables los CP cuyos valores explican el 70 % o más de la varianza total.

La varianza asociada a cada CP decrece sucesivamente. Asimismo, se observa que el 23.8 %, de la variación entre entradas, está explicada por el **primer CP** y los caracteres que más contribuyen a este componente son: UH (0.81), FS (0.71) y L/A v (0.65), en el caso

del **segundo CP** se le atribuye 16.4 % de la variación y los caracteres que contribuye a esta es la C L/sombra (0.71) y ASV (-0.67); al **tercer CP** se le atribuye 13.6 % de la variación y los caracteres que contribuye al este componente son PBV (-0.84) ; al **cuarto CP** se le atribuye el 10.1 % de la variación y el carácter que contribuye el RMPS (0.51) y el **quinto CP** aporta el 8.9 % de la variación total y el carácter que contribuye al componte es el L/A s (0.61)

Tabla 14. Cinco primeros componentes principales, proporción de la varianza total, caracteres y sus coeficientes de correlación en la caracterización de 56 entradas de *C. spinosa* de la región Cajamarca.

Componentes Principales	% de varianza total	Caracteres	Coefficiente de correlación
CP1	23.8	Ubicación de hilo	0.81
		Forma de semilla	0.71
		Relación largo/ancho de vaina	0.65
CP2	16.4	Color lado sombra de vaina	0.71
		Apariencia superficial de la vaina	-0.67
CP3	13.6	Pubescencia en vaina	-0.84
CP4	10.1	Relación peso de semillas	0.51
CP5	8.9	Relación largo/ancho de semilla	0.61

En la Tabla 14, se presenta la correlación entre las variables originales (11 descriptores) y los cinco primeros CP. Estos datos indican la contribución relativa de cada descriptor a cada CP. Se considera que cuanto más alto es el valor de la correlación (sin importar el signo), más alta es la contribución del descriptor al CP (Crisci y López, 1983).

De lo antes indicado se tiene que el CP1, explica el 23.8 % de la varianza, la misma que está asociada positivamente (por la alta correlación) a los caracteres de la semilla (ubicación de hilo y forma de semilla) y al carácter de vaina (relación larga/ancho de vaina).

El CP2, que explica el 16.4 % de la varianza, está asociado positivamente a caracteres de vaina (color lado sombra de vaina) y negativamente asociada a la apariencia superficial de vaina.

El CP3, que explica el 13.6 % de la varianza, está asociado negativamente al carácter de vaina (pubescencia en vaina).

El CP4, explica el 10.1 % de la varianza, y está asociado positivamente al carácter de semilla (relación peso de semilla).

Y el CP5, que explica el 8.9 % de la varianza, y está asociado positivamente al carácter de semilla (relación larga/ancho de semilla).

Del análisis antes descrito se puede resumir que, de las accesiones de *C. spinosa* colectados en el ámbito de estudio, se identificaron siete morfotipos con caracteres morfológicos discriminantes.

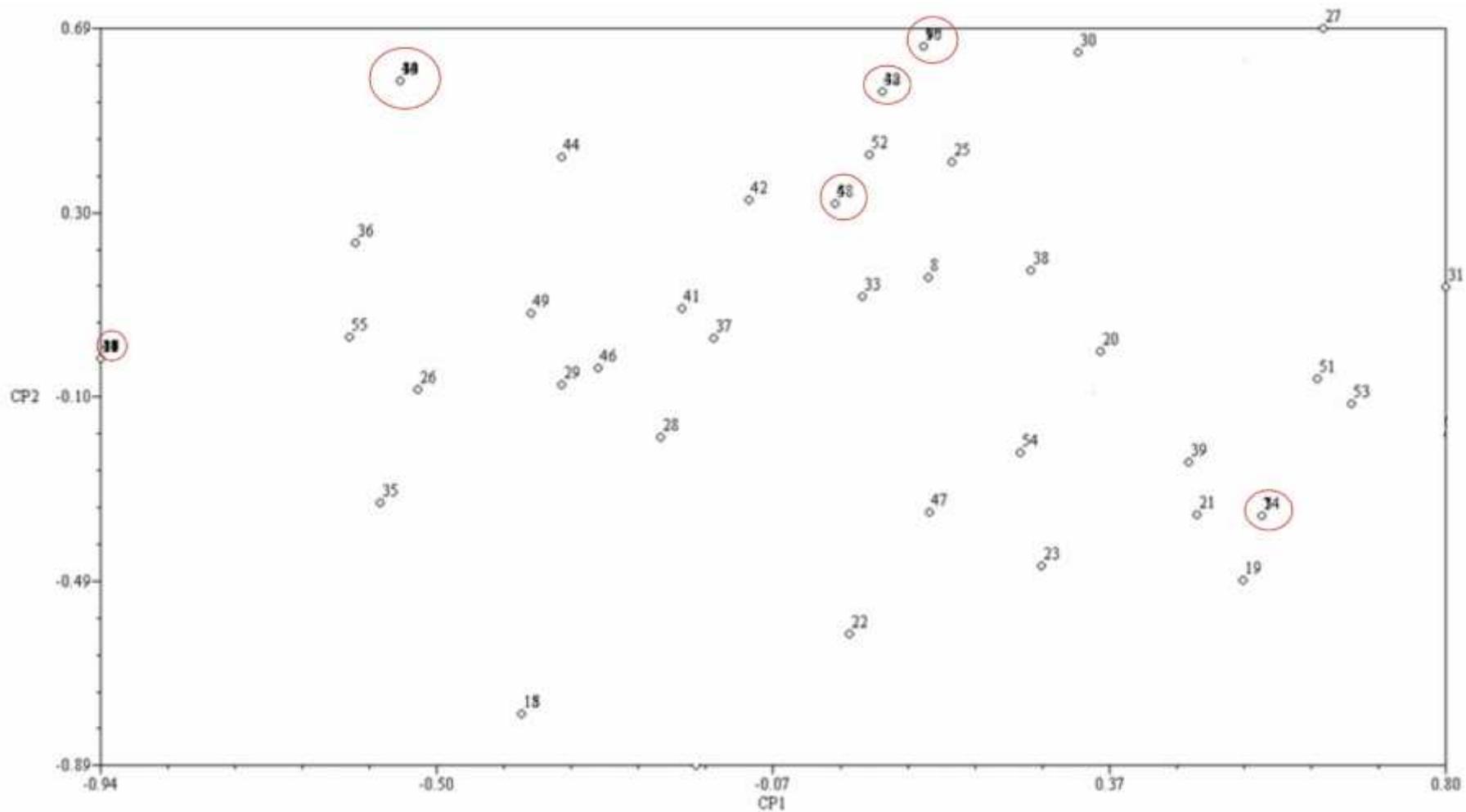


Fig. 20. Dispersión de 56 entradas de *C. spinosa* de la región Cajamarca, en los dos primeros componentes principales con 11 descriptores cualitativos. Obsérvese que se forman seis grupos superpuestos.

4.3.3. Morfometría de la vaina y semilla de la *C. spinosa*

Una vez de haber realizado la caracterización morfológica de los caracteres cuantitativos por cada entrada o accesiones obtenidas de la especie, se procedió a crear la matriz básica de datos (MBD) que a continuación se detalla:

Tabla 15. Matriz básica de datos de la caracterización cuantitativa de vaina y semilla de 56 entradas de *C. spinosa*

Entrada	Vaina						Semilla				
	LV (cm)	AV (cm)	EV (cm)	PV (g)	NSV	PVSS (g)	LS (cm)	AS (cm)	ES (mm)	PSV (g)	PS (g)
E1	7.80	1.60	0.38	2.30	5	1.35	0.76	0.57	0.37	0.73	0.20
E3	8.20	1.54	0.53	1.80	5	1.87	0.83	0.67	0.38	0.70	0.17
E4	7.98	2.04	0.54	2.69	5	1.71	0.83	0.66	0.40	1.09	0.19
E6	10.13	1.77	0.35	2.52	5	1.13	0.85	0.72	0.35	0.47	0.15
E7	7.83	1.68	0.55	2.41	5	1.25	0.81	0.64	0.43	0.82	0.18
E8	6.94	1.66	0.49	2.77	5	1.25	0.88	0.66	0.52	1.24	0.23
E9	7.06	1.54	0.40	2.09	4	1.11	0.80	0.62	0.43	0.74	0.18
E10	7.38	1.56	0.25	1.77	5	0.89	0.82	0.62	0.44	0.54	0.11
E11	7.31	1.52	0.22	1.56	4	0.70	0.78	0.58	0.29	0.55	0.10
E12	8.76	1.77	0.31	2.61	5	2.20	0.89	0.67	0.38	0.86	0.17
E13	7.46	1.64	0.35	2.28	5	1.33	0.77	0.61	0.38	0.65	0.15
E14	6.53	1.53	0.30	1.93	5	1.00	0.82	0.63	0.46	0.63	0.15
E15	6.15	1.50	0.34	2.02	5	1.03	0.87	0.60	0.41	0.79	0.17
E16	6.43	1.52	0.28	1.70	4	1.04	0.84	0.60	0.60	0.45	0.13
E17	7.77	1.64	0.28	2.12	4	1.24	0.90	0.80	0.37	0.75	0.17
E18	7.35	1.66	0.27	2.08	4	1.17	0.94	0.72	0.36	0.70	0.19
E19	9.02	1.94	0.19	2.56	6	1.78	0.84	0.66	0.27	0.69	0.12
E20	8.66	1.89	0.37	3.22	4	2.20	1.00	0.76	0.39	1.05	0.26
E21	7.83	1.90	0.31	2.86	3	1.74	0.90	0.73	0.43	0.97	0.23
E22	8.10	1.73	0.36	3.12	5	1.69	0.88	0.67	0.44	1.14	0.21
E23	8.36	1.79	0.47	3.19	6	1.66	0.93	0.70	0.46	1.28	0.23
E24	8.43	1.86	0.43	2.98	5	2.04	0.85	0.63	0.39	0.71	0.14
E25	11.28	2.11	0.47	3.57	5	2.58	1.00	0.65	0.40	0.98	0.22
E26	10.09	1.75	0.43	3.57	6	2.11	0.92	0.71	0.44	1.22	0.20

Entrada	Vaina						Semilla				
	LV (cm)	AV (cm)	EV (cm)	PV (g)	NSV	PVSS (g)	LS (cm)	AS (cm)	ES (mm)	PSV (g)	PS (g)
E27	8.11	1.99	0.42	3.47	5	2.40	0.98	0.73	0.41	1.06	0.23
E28	8.75	2.04	0.56	4.61	5	3.26	1.03	0.75	0.46	1.04	0.29
E29	11.01	1.91	0.53	4.64	5	3.22	0.99	1.00	0.45	1.31	0.26
E30	9.11	1.72	0.50	3.48	5	2.12	0.98	0.66	0.48	1.15	0.24
E31	8.62	1.94	0.41	3.49	6	2.27	0.93	0.67	0.39	1.04	0.19
E32	7.98	1.73	0.40	2.76	5	1.52	0.87	0.75	0.44	1.05	0.22
E33	8.71	1.78	0.30	2.83	4	2.43	0.85	0.67	0.32	0.55	0.15
E34	7.69	1.67	0.29	2.21	5	1.68	0.83	0.60	0.29	0.53	0.11
E35	8.21	1.80	0.39	2.53	5	1.95	0.84	0.67	0.38	0.67	0.18
E36	7.94	1.82	0.26	2.43	4	2.14	0.77	0.61	0.16	0.35	0.07
E37	6.90	1.93	0.33	2.63	5	2.02	0.88	0.66	0.58	0.58	0.13
E38	7.46	1.59	0.34	2.33	5	1.62	0.86	0.70	0.33	0.67	0.14
E39	8.20	1.43	0.37	2.29	5	1.46	0.78	0.68	0.35	0.84	0.16
E40	7.84	1.53	0.30	1.95	2	1.60	0.85	0.68	0.26	0.31	0.12
E41	9.39	1.51	0.36	2.20	5	1.46	0.82	0.63	0.37	0.76	0.15
E42	8.52	1.44	0.39	2.10	6	1.46	0.49	0.31	0.37	0.64	0.13
E43	7.79	1.59	0.23	1.69	5	1.22	0.71	0.55	0.30	0.39	0.10
E44	9.19	1.68	0.35	2.54	5	1.86	0.82	0.61	0.37	0.64	0.16
E45	9.21	1.63	0.37	2.76	6	1.57	0.77	0.62	0.43	0.90	0.16
E46	12.31	2.57	0.60	6.23	6	4.85	0.90	0.74	0.40	1.35	0.22
E47	8.71	0.82	0.43	1.47	5	0.75	0.58	0.75	0.47	0.57	0.16
E48	9.06	1.60	0.36	2.86	6	1.94	0.87	0.64	0.43	0.94	0.24
E49	9.66	1.73	0.39	2.79	5	2.13	1.00	0.65	0.40	0.69	0.14
E50	8.21	1.66	0.29	2.24	5	1.65	0.81	0.63	0.38	0.68	0.16
E51	9.75	1.89	0.55	3.45	5	2.56	1.00	0.69	0.42	0.92	0.22
E52	9.64	1.79	0.53	3.55	6	2.38	0.97	0.70	0.46	1.29	0.22
E53	7.36	1.62	0.56	2.16	5	2.53	0.77	0.67	0.40	1.28	0.26
E54	8.14	2.10	0.69	3.73	5	1.30	1.04	0.80	0.46	0.88	0.17
E55	7.25	1.81	0.58	2.28	4	0.91	0.58	0.47	0.30	0.71	0.12
E56	7.98	1.84	0.54	2.76	5	1.92	0.78	0.64	0.41	0.86	0.16
M	8.39	1.72	0.39	2.71	5	1.80	0.86	0.67	0.40	0.82	0.18
S	1.20	0.24	0.11	0.86	0.79	0.72	0.10	0.09	0.07	0.27	0.05
CV	0.14	0.14	0.28	0.32	0.16	0.39	0.12	0.13	0.19	0.33	0.28

LV: largo de vaina (cm). AV: ancho de vaina (cm). EV: espesor de vaina (cm). PV: peso de vaina (g). NSV: número de semillas por vaina. PVSS: peso de vaina sin semillas (g). LS: largo de semilla (cm). AS: ancho de semilla (cm). ES: espesor de semilla (mm). PSV: peso de semillas por vaina (g). y PS: peso de semilla (g).

4.3.3.1. Análisis de agrupamiento

En el fenograma (Figura 14), se observa que a una distancia taxonómica de 0.35 nivel máximo de similitud, se han formado 56 grupos, un grupo formado por 54 entradas y dos grupos formados por dos entradas (E35 y E24), (E15 y E50); estos últimos grupos se considera como una entrada duplicada que representa 3.5 % del total de entradas.

A una distancia taxonómica de 0.92 se han formado 16 grupos, que representa el 28.5 % del total de entradas.

Por otro lado, se observa que con un coeficiente de similitud de 1.50 (distancia intermedia) se encuentra siete grupos que representan el 12.5 % del total de entradas, dentro de estos grupos se encuentra el 87.5 % de entradas duplicadas. Los ocho grupos están conformados por seis grupos de una entrada cada uno (E47), (E46), (E29), (E55), (E42) y (E40); dos grupos conformados por dos sub grupos. El primer grupo se encuentran conformado por dos subgrupos, uno de ellos lo forma la entrada (E54) y el otro está conformado por las entradas que van desde la entrada 53 hasta la 8 (15 entradas). El segundo grupo está formado por dos subgrupos, un subgrupo de cuatro entradas (E19, E36, E34, E43 y E11), y el segundo conformado por 27 entradas (E37, E16, E10, E15, E14, E9, E32, E21, E18, E17, E56, E4, E7, E3, E6, E45, E44, E41, E39, E33, E35, E24, E12, E38, E50, E13 y E1).

Es necesario continuar evaluando otras colecciones de la región y de otras regiones para determinar si existen grupos diferenciados por sus características cuantitativas que pueden tomarse como descriptores clave de la especie.

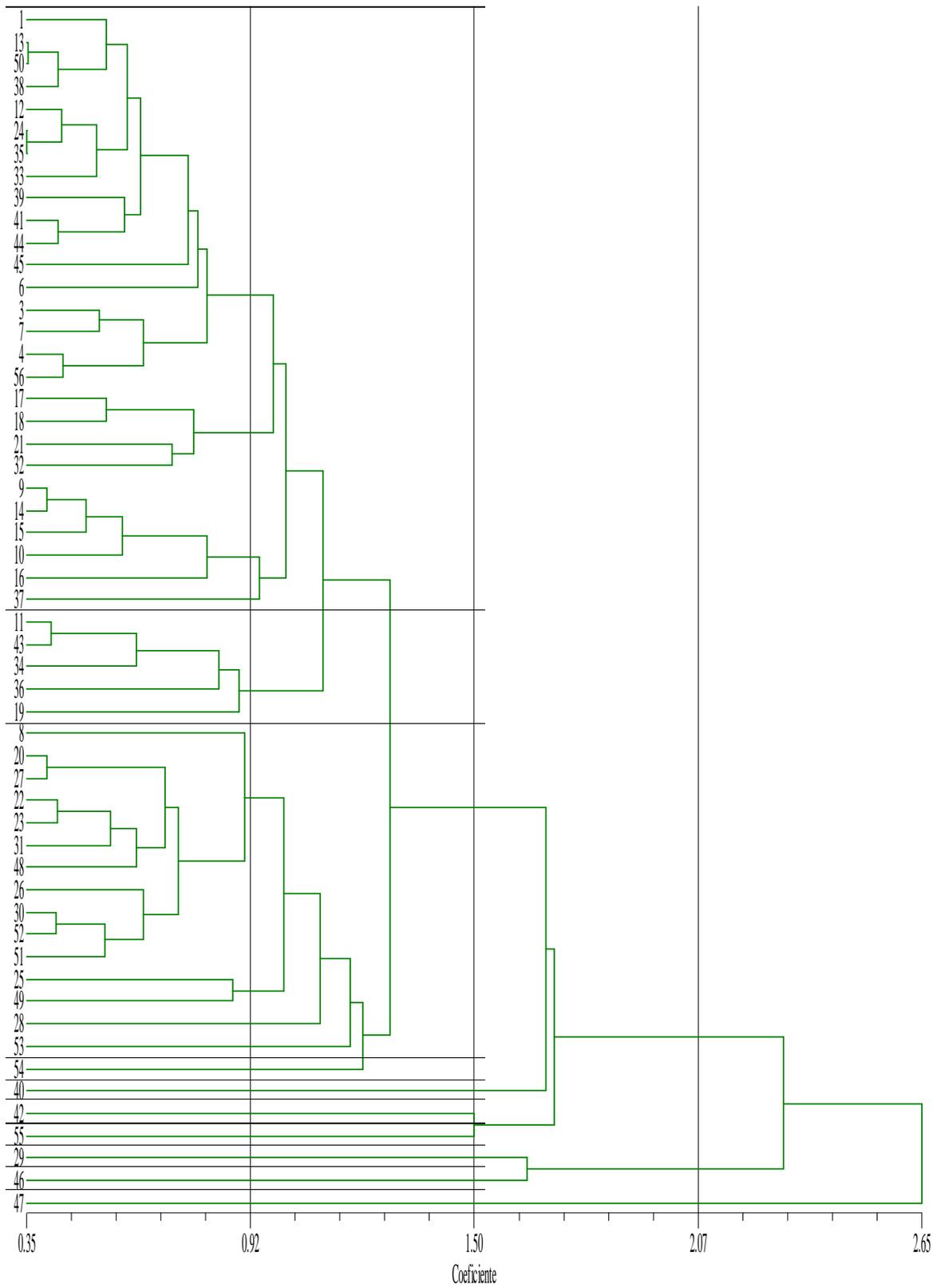


Fig. 21. Fenograma que agrupa a 56 entradas de *C. spinosa* caracterizadas con 11 descriptores morfológicos cuantitativos y mediante el método de ligamento UPGMA

Tabla 16. Grupos identificados, entradas que los conforman y su procedencia según caracteres cuantitativos

Grupos	Entradas	Distribución
Grupo I	E47	Choropampa
Grupo II	E46	Querocoto
Grupo III	E29	Santa Cruz
Grupo IV	E55	Choropampa
Grupo V	E42	Jesús
Grupo VI	E40	Choropampa
Grupo VII		
1° sub grupo	E54	Chancay baños,
2° sub grupo	E53, E28, E49, E25, E51, E52, E30, E26, E48, E31, E23, E22, E27, E20 y E8	Sta. Cruz de Toledo, Cupisnique, Mayhuasi, Querocoto, Chuclálas, Magdalena, Agua salada, San Juan, Jesús
Grupo VIII		
1° sub grupo	E19, E36, E34, E43 y E11	Jancos, Magdalena, San Juan,
2° sub grupo	E37, E16, E10, E15, E14, E9, E32, E21, E18, E17, E56, E4, E7, E3, E6, E45, E44, E41, E39, E33, E35, E24, E12, E38, E50, E13 y E1	Chuclálas, Malcas, Asunción, C.P. Silverio, Choropampa, C.P. Chian, Cajamarca.

4.3.3.2. Análisis de componentes principales (CP), según los caracteres cuantitativos

Una vez expuesta la variabilidad en los 11 componentes, una decisión es seleccionar el número y los CP para el análisis. López e Hidalgo (1994) resume los criterios de selección más usados por connotados autores: Clifford (1975) “considera como aceptables los CP cuyos valores explican el 70 % o más de la varianza total”. Kaiser (1960) “establece como criterio, seleccionar los componentes cuyo valor propio sea > 1 ”. Por su parte Cattell (1966) sugiere un criterio gráfico que consiste en representar el número de componentes y su valor propio en la abscisa, y el porcentaje de la varianza correspondiente en la ordenada, lo que permite observar gráficamente el decrecimiento de los primeros componentes en relación a los demás. En nuestro caso, si seguimos

el criterio de Clifford (1975) debemos tomar los primeros tres CP, que en conjunto, explican prácticamente el 75.8 % de la varianza total.

Tabla 17. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por los tres primeros componentes principales, de 56 entradas de *C. spinosa* de la región Cajamarca, caracterizadas mediante 11 descriptores cuantitativos.

Componentes Principales	Valor propio	Proporción de varianza total explicada	
		Absoluta (%)	Acumulada (%)
CP1	5.28397	48.0	48.0
CP2	1.61883	14.7	62.7
CP3	1.43756	13.1	75.8

En la Tabla 16. Se observa que el número de CP, que expresa la varianza total, es igual a 11. Este número corresponde al número de descriptores o variables involucrados

Los tres primeros CP expresan el 75.8 % de la varianza total. La varianza asociada a cada CP decrece sucesivamente. Asimismo, se observa que el 48.0 %, de la variación entre entradas, está explicada por el primer CP y los caracteres que más contribuyen a este componente son: PV (0.93), PSV (0.85), PVSS (0.81), PS (0.79) y AV (0.72). En el caso del segundo CP se le atribuye el 14.7 % de la variación y el carácter que contribuye a esta es el ES (- 0.74), al tercer CP se le atribuye 13.1 % de la variación y uno de los caracteres que contribuye al componente es el NSV (0.73) y el otro carácter es el AS (-0.63).

Tabla 18. Tres primeros componentes principales, proporción de la varianza total, caracteres y sus coeficientes de correlación en la caracterización de 56 entradas de *C. spinosa* de la región Cajamarca.

Componentes Principales	% varianza total	Caracteres	Coefficiente correlación
CP1	48.0	Peso de vaina	0.93
		Peso de semilla por vaina	0.85
		Peso de vaina sin semilla	0.81
		Peso de semilla	0.79
		Ancho de vaina	0.72
CP2	14.7	Espesor de vaina	-0.74
CP3	13.1	Número de semillas por vaina	0.73
		Ancho de semilla	-0.63

En la Tabla 17, se presenta la correlación entre las variables originales (11 descriptores) y los tres primeros CP. Estos datos indican la contribución relativa de cada descriptor a cada CP. Se considera que cuanto más alto es el valor de la correlación (sin importar el signo), más alta es la contribución del descriptor al CP (Crisci y López, 1983).

De lo antes indicado se tiene que el CP1, explica el 48.0 % de la varianza, la misma que está asociada positivamente por la alta correlación a los caracteres de vaina (peso de vaina, ancho de vaina, peso de vaina sin semilla) y a los caracteres de semilla (peso de semilla y peso de semilla por vaina).

El CP2, que explica el 14.7 % de la varianza, está asociado negativamente al carácter de semilla (espesor de semilla).

Y el CP3, que explica el 13.1 % de la varianza, y está asociado positivamente a carácter de vaina (número de semillas por vaina) y asociado negativamente carácter de semilla (ancho de semilla).

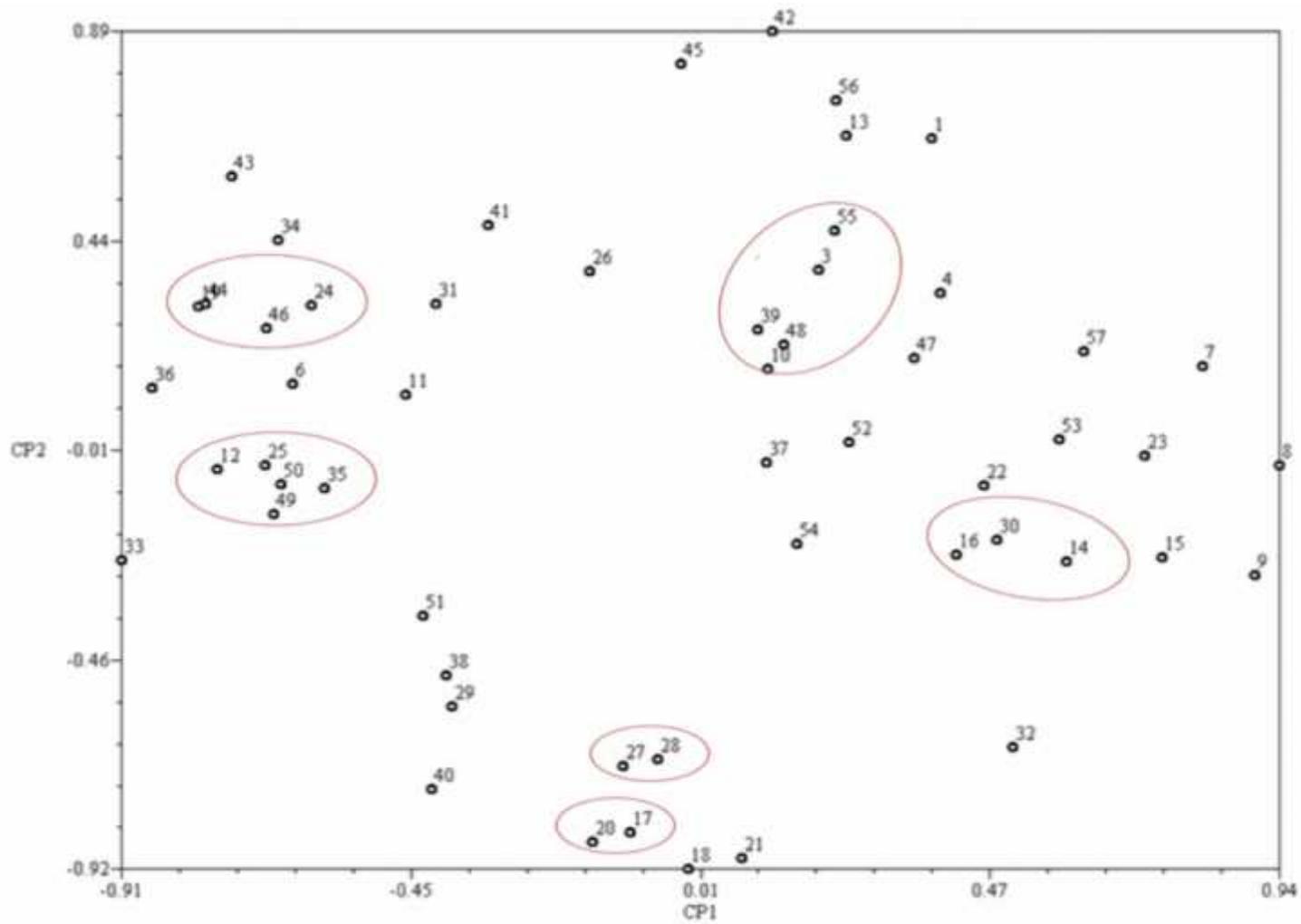


Fig. 22. Dispersión de 56 entradas de *C. spinosa* de la región Cajamarca, en los dos primeros componentes principales con 11 descriptores cuantitativos. Obsérvese que se forman seis pequeños grupos afines

4.3.4. Correlación de variables de vaina y semilla de la *C. spinosa*

Según Martínez (2012), el análisis de regresión da lugar a una ecuación matemática que permite describir la relación de dos variables. Es decir, obtener una línea “ideal” conocida como línea de regresión que nos describa la relación o dependencia entre dos variables. Mientras que el análisis de correlación nos permite medir la fuerza de asociación entre dos variables.

El mismo autor nos especifica los parámetros para clasificar el grado de correlación como se detallan a continuación:

- ✓ Correlación perfecta, cuando $r = 1$ (o menos 1)
- ✓ Correlación excelente, cuando r es mayor a 0.90 y menor de 1
- ✓ Correlación aceptable, cuando r se encuentra entre 0.80 y 0.90
- ✓ Correlación regular, cuando r se encuentra entre 0.60 y 0.80
- ✓ Correlación mínima, cuando r se encuentra entre 0.30 y 0.60
- ✓ No hay Correlación para r menor de 0.30 y mayor a 0

En la tabla 19, se muestra el grado de correlación que existe entre las características cuantitativas de vaina y semillas de *C. spinosa*.

Tabla 19. Grado de correlación de variables de vaina y semilla de 56 entradas de *C. spinosa* de la región Cajamarca

	LV	AV	EV	PV	NSV	PSV	LS	AS	ES	PS	PSV
LV	1.000										
AV	0.400	1.000									
EV	-0.130	0.090	1.000								
PV	0.520	0.670	0.500	1.000							
NSV	0.310	0.160	0.170	0.340	1.000						
PSV	0.430	0.340	-0.050	0.310	0.170	1.000					
LS	0.310	0.570	0.140	0.580	0.030	0.260	1.000				
AS	0.280	0.240	0.030	0.350	-0.030	0.130	0.570	1.000			
ES	0.020	0.060	-0.110	0.080	0.270	0.110	0.270	0.360	1.000		
PS	0.170	0.270	0.180	0.380	0.140	0.100	0.380	0.340	0.320	1.000	
PSV	0.320	0.460	0.320	0.630	0.180	0.200	0.480	0.400	0.450	0.550	1.000

A continuación, se describe el grado de correlación (la fuerza de asociación que existe entre dos variables), entre los descriptores cuantitativos utilizados para caracterizar la vaina y semilla de taya (Tabla 19).

4.3.4.1. Correlación para las variables largo de semilla (LS) y ancho de semilla (AS)

El coeficiente de correlación lineal calculado ($r = 0.57$), indica que existe correlación mínima y positiva entre el LS y el AS, es decir, que ambas variables presentan una relación directamente proporcional (Fig. 37 en anexos).

4.3.4.2. Correlación para las variables largo de vaina (LV) y ancho de vaina (AV)

El coeficiente de correlación lineal calculado ($r = 0.40$), indica que existe correlación mínima y positiva entre el LV y AV, es decir, que ambas variables presentan una relación directamente proporcional (Fig. 38 en anexos).

4.3.4.3. Correlación para las variables espesor de vaina (EV) y peso de vaina (PV)

El coeficiente de correlación lineal calculado ($r = 0.50$), indica que existe correlación mínima y positiva entre el EV y PV, es decir, que ambas variables presentan una relación directamente proporcional (Fig. 39 en anexos).

4.3.4.4. Correlación para las variables peso de semilla (PS) y espesor de semilla (ES)

El coeficiente de correlación lineal calculado ($r = 0.32$), indica que existe correlación mínima y positiva entre el PS y ES, es decir, que ambas variables presentan una relación directamente proporcional (Fig. 40 en anexos).

4.3.4.5. Correlación para las variables número de semilla por vaina (NSV) y peso de semilla por vaina (PSV)

El coeficiente de correlación lineal calculado ($r = 0.18$), indica que no existe correlación entre el NSV y el PSV, es decir, que ambas variables presentan una relación directamente proporcional (Fig. 41 en anexos).

4.3.4.6. Correlación para las variables número de semillas por vaina (NSV) y peso de semilla (PS)

El coeficiente de correlación lineal calculado ($r = 0.14$), indica que no existe correlación entre el NSV y el PS, es decir, que ambas variables presentan una relación directamente proporcional (Fig. 42 en anexos).

4.3.4.7. Correlación para las variables largo de vaina (LV) y peso de vaina (PV)

El coeficiente de correlación lineal calculado ($r = 0.52$), indica que existe correlación mínima y positiva entre LV y el PV, es decir, que ambas variables presentan una relación directamente proporcional (Fig. 43 en anexos).

4.3.4.8. Correlación para las variables ancho de vaina (AV) y peso de vaina (PV)

El coeficiente de correlación lineal calculado ($r = 0.67$), indica que existe correlación regular y positiva entre AV y el PV, es decir, que ambas variables presentan una relación directamente proporcional (Fig. 44 en anexos).

4.3.4.9. Correlación para las variables espesor de semilla (ES) y peso de vaina (PV)

El coeficiente de correlación lineal calculado ($r = 0.087$), indica que no existe correlación entre AV y el PV, es decir, que ambas variables presentan una relación directamente proporcional (Fig. 45 en anexos).

Considerando el enunciado de Martínez (2012), de las nueve correlaciones realizadas, tres indican que no existe correlación entre las variables NSV/PSV, NSV/PS y ES/PS, cinco de ellas indican una correlación mínima entre las variables LS/AS, LV/AV, EV/PV, PS/ES y LV/PV, y una indica correlación regular entre las variables AV/PS. En términos generales, se comprueba que no existen relaciones fuertemente marcadas entre las variables utilizadas en este análisis, que podrían usarse para caracterizar morfológicamente la vaina y semilla de taya.

Tabla 20. Ecuación de regresión y coeficientes de determinación (r^2)

Correlación	Ecuación de regresión	R ²
Ancho de semilla (LS) Vs. ancho de semilla (AS)	$y = 0.5472x + 0.1859$	0.325
Largo de vaina (LV) Vs. ancho de vaina (AV)	$y = 0.0825x + 1.0468$	0.160
Espesor de vaina (EV) Vs. peso de vaina (PV)	$y = 1.7366x + 1.9701$	0.250
Peso de semilla (PS) Vs. espesor de semilla (ES)	$y = 0.4072x + 0.3175$	0.102
Número de semilla por vaina (NSV) Vs. peso de semilla por vaina (PSV)	$y = 0.261x + 0.6551$	0.032
Número de semillas por vaina (NSV) Vs. peso de semilla (PS)	$y = 0.0122x + 0.1252$	0.020
Largo de vaina (LV) Vs. peso de vaina (PV)	$y = 0.3932x - 0.5428$	0.270
Ancho de vaina (AV) Vs. peso de vaina (PV)	$y = 2.4587x - 1.5227$	0.449
Espesor de semilla (ES) Vs. peso de vaina (PV)	$y = 0.8916x + 2.4002$	0.008

Tabla 21. Características morfométricos de vaina y semilla de estudios de caracterización morfológica de *C. spinosa*

Autores	Morfotipos/variedades	Vaina							Semilla				Muestreo
		Longitud (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	# de semilla por vaina	Peso	Peso semilla por vaina	Peso de vaina sin semilla	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Peso (g)	
Portal (2010)	Var. Almidón común	8.99	1.96	0.71	4 -- 8	---	---	---	0.87 -- 1	0.64 -- 0.85	0.36 -- 0.77	---	Se tomó como unidad muestral transectos, y colectaron de cada variedad 50 hojas, 5 inflorescencias, 50 vainas maduras y semillas maturas
	Var. Almidón gigante	9.80	2.11	0.72	4 -- 8	---	---	---	0.87 -- 1	0.66 -- 0.86	0.37 -- 0.52	---	
	Var. Morocho	6.43	1.78	0.66	3 -- 7	---	---	---	0.61 -- 0.97	0.53 -- 0.76	0.36 -- 0.51	---	
	Var. Roja ayacuchana	9.19	2.07	0.85	4 -- 8	---	---	---	0.86 -- 1.1	0.66 -- 0.89	0.39 -- 0.54	---	
	Var. Verde esmeralda	8.55	1.90	0.71	4 -- 8	---	---	---	0.81 -- 1.3	0.61 -- 0.8	0.37 -- 0.52	---	
Villar (2011)	Morf. Roja o morocha	8.27	2.00	---	6	2.88	1.29	1.59	---	---	---	---	Se instalaron parcelas de 250 m2, con una cantidad de 25 a 30 árboles, y en los sistemas agroforestales la distancia entre planta es de 1 a 6 m, para la muestra del fruto colectaron 5 kg, para cada morfotipo
	Morf. Blanca o almidón	11.01	2.33	---	7	4.42	2.08	2.33	---	---	---	---	
	Morf. Barbada o celendina	9.29	1.89	---	6	3.84	1.48	2.35	---	---	---	---	
Orihuela (2014)	Cajamarca	9.66	1.98	---	5	---	2.50	---	---	---	---	0.18	Se tomaron puntos de muestreo en tres departamentos (carretera Cajabamba- San Marco), Junín (carretera Tarma - Jacahuasi) y Ayacucho (carretera Ayacucho - Huanta) y se colectaron frutos maduros de 6 árboles
	Junín	8.76	1.97	---	5	---	2.72	---	---	---	---	0.17	
	Ayacucho	9.61	1.90	---	6	---	2.78	---	---	---	---	0.22	
Villena (2018)	Morf. Pubescente o barbada	8.66	1.79	0.47	6	3.19	1.28	1.66	0.93	0.7	0.46	0.23	Se aplicó la técnica de los transectos con el propósito de cubrir toda el área de los bosques naturales en estudio, de modo sistemático, se colectaron 50 vainas maduras en planta, y se evaluaron 30 semillas maduras.
	Morf. Roja	8.62	1.94	0.41	6	3.49	1.04	2.27	0.93	0.67	0.39	0.19	
	Morf. Blanca	9.66	1.73	0.39	5	2.79	0.69	2.13	1	0.65	0.4	0.14	
	Morf. Gigante	12.31	2.57	0.60	6	6.23	1.35	4.85	0.9	0.74	0.4	0.22	
	Morf. Semilla más pequeña	8.52	1.44	0.39	6	2.1	0.64	1.46	0.49	0.31	0.37	0.13	
	Morf. Curvada	8.71	0.82	0.43	5	1.47	0.57	0.75	0.58	0.75	0.47	0.16	

Fuente: Portal (2010); Villar (2011); Orihuela (2014) y Villena (2018).

En la tabla 19, se aprecian valores morfométricos de vaina de diferentes estudios sobre caracterización morfológica de taya. Portal (2010) reporta una variedad almidón gigante con 9.8 cm de long, siendo su dato más alto, con un ancho de 2.11 cm; del mismo modo Villar (2011) para el morfotipo blanco o almidón con 11.03 cm de long, de 2.33 cm de ancho y de 4.42 g de peso; asimismo, Orihuela (2014) para Cajamarca y Ayacucho reporta 9.7, 9.61 cm de long sucesivamente, valores que se asemejan al reportado por Portal; y 1.98 - 1.9 cm en ancho, sin embargo, en el presente estudio se reportó el morfotipo gigante con una longitud máxima de 14.3 cm, de 2.57 cm de ancho y en peso 6.23 g, parámetros superiores a los reportados por los autores en mención. Por lo que se debe tomar en consideración dichas características de este morfotipo para programas de mejora genética, con la visión de incrementar volúmenes de producción de taya en la región.

En cuanto a los valores morfométricos de semilla, Portal (2010) reporta rangos de valores para las variedades de taya: var. Almidón común de 0.87 - 1 cm de long, de 0.64 - 0.85 cm de ancho y 0.36 - 0.77 cm de espesor, var. Almidón gigante de 0.87 - 1 cm de long, de 0.66 - 0.86 cm de ancho y 0.37 - 0.52 cm de espesor, var. Morocho de 0.61 - 0.97 cm de long, 0.53 - 0.76 cm de ancho y 0.36 - 0.51 cm de espesor, var. Roja ayacuchana con 0.86 - 1.1 cm de long, 0.66 - 0.89 cm de ancho y 0.39 - 0.54 cm de espesor y var. Verde esmeralda de 0.81 - 1.3 de long, 0.61 - 0.8 cm de ancho y 0.37 - 0.52 cm de espesor. En el presente estudio se identificaron siete morfotipos de las cuales seis presentan medidas en longitud, ancho y espesor que se encuentran dentro de los rangos antes descritos: Morf. Pubescente o barbada de 0.93 - 0.7 y 0.46 cm sucesivamente. Morf. Roja con 0.93 - 0.67 y 0.39 cm. Morf. Blanca de 1 - 0.65 y 0.4 cm. Morf. Gigante de 0.9 - 0.74 y 0.04 cm. Morf. Globosa de 0.58 - 0.75 y 0.47 cm y Morf. Jancos de 0.92 - 0.71 y 0.48 cm. Sin embargo, el morfotipo semilla pequeña, presenta medidas de 0.49 - 0.31 y 0.37 cm, que son valores inferiores a los reportados por otros autores.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La taya de Cajamarca, presenta caracteres morfológicos diferenciales en la vaina y la semilla, pero no en la planta, tallo, hojas y flores.

Se determinaron siete morfotipos de *C. spinosa*: morfotipo I “Globosa”, morfotipo V “Semilla pequeña” y morfotipo III “Gigante” que se encontraron en la provincia de Cajamarca, esta última también en las provincias de Contumazá y Chota, el morfotipo II “Pubescente o barbada” exclusiva de la provincia de Celendín, morfotipo IV “Jancos” en las provincias de Cajamarca, Santa Cruz y San Pablo, por último el morfotipo VI “Blanca” y morfotipo VII “Roja” se la encuentra distribuidos en las nueve provincias donde se ejecutó el estudio.

Se identificaron siete descriptores morfológicos básicos que permiten caracterizar la *C. spinosa*, de los cuales cuatro están relacionados con la vaina: apariencia superficial de la vaina (ASV), color de vaina (CV), presencia de pubescencia en vaina (PBV) y la relación largo ancho de vaina (L/A v); y tres relacionados con la semilla: forma de semilla (FS), ubicación del hilo (UH) y relación largo/ancho de semilla (R L/A s).

La identificación de los morfotipos de la *C. spinosa* en la región Cajamarca, permite avizorar nuevos enfoques de investigación; en tal sentido, se debe implementar un programa integral de estudios que permita:

Fomentar un programa de manejo y conservación de los morfotipos de la *C. spinosa*, considerando que en el morfotipo “globosa” sólo se reportó un individuo y en la “pubescente o barbada” no más de 20 individuos. Su estrecha distribución observada, podría indicar un nivel de alto riesgo.

Estudios de calidad de sitio, que es un factor importante para conocer las condiciones ambientales y edáficas que permitieron las variaciones fenotípicas encontradas (morfortipos); asimismo, estudiar la plasticidad fenotípica con el fin de medir la adaptación morfológica y fisiológica como respuesta a la heterogeneidad ambiental fuera de su ámbito de origen.

Estudios moleculares de los morfortipos determinados, con el objeto de conocer si existe una diferencia en cuanto a caracteres no detectables a simple vista (contenido de taninos y qué proporción).

Estudiar la producción en bosques naturales (por morfortipo), y así proyectar futuras plantaciones con los morfortipos que presenten diferenciación cuantitativa en cuanto a la producción (mayores volúmenes de fruto), que permitan elevar los ingresos de los productores.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abadie, T. & Berretta, A. (2001). Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos. Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur. Procisur. Documentos. Montevideo, Uruguay. 91-99.

Acosta, C., Luna, M., Noa, J., Galindo, J., Vázquez, S., Iglesias, L., y Morales, Z. (2011). Caracterización morfológica y dasométrica de la especie Amenazada. *Juglans pyriformis* Liebm. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, 17(1), 59-67.

Alexander, H., Cummings, C., Kahn, L., & Snow, A. (2001). Seed size variation and predation of seeds produced by wild and crop-wild sunflowers. American Journal of Botany. 88(4), 623- 627.

Araujo, J., & Salas, R. (2009). Actividad antimicrobiana del extracto crudo de la vaina de *Caesalpinia spinosa* "tara" frente al *Staphylococcus aureus*. Revista científica. 6(2), 142-155.

Balaguer, L., Arroyo, R., Jiménez, P., Jiménez, M. D., y Villegas, L. (2011). Forest restoration in a fog oasis: Evidence indicates need for cultural awareness in constructing the reference. Plos one, 6(8), 1-9.

- Bonilla, H., López, A., Carbajal, Y., Siles, M. (2016). Análisis de variables morfométricas de frutos de “tara” provenientes de Yauyos y Ayacucho para identificar caracteres agromorfológicos de interés. *Scientia Agropecuaria* 7 (3), 157 – 164.
- Bornaz Acosta, G., Bornaz Arenas, V., & Bornaz Arenas, M. (2013). Efecto inhibitorio del extracto de *Caesalpinia spinosa* (Tara) al 60%, sobre el cultivo in vitro de *Enterococcus faecalis*. *Revista Médica Basadrina*. 7(1), 31-35.
- Bortoluzzi, C., Miotto, S., Biondo, E., Schiffino - Wittmann, T. (2007). Estudos morfológicos, citotaxonômicos e moleculares no grupo *Caesalpinia* l. sensu amplo: *Caesalpinia*, *Hoffmanseggia* e *Pomaria* no Sul da América do Sul.
- Brako, L., Zarucchi, J.L. (1993). Catalogue of the flowering plants and gymnosperms of Perú. Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden. 45: i–xl, 1–1286.
- Cabello, I. (2009). Monografía: Tara *Caesalpinia spinosa* (Molina). Perú biodiverso. 1-32
- Canelas, G. (2013). Validación de un descriptor de tara *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze de los valles interandinos de Bolivia (tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. 1-71.
- Campuzano, L. (2009). Perspectivas de la investigación de *Jatropha curcas* L. en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. Medellín, 62(3), 10-14.

Cattell, R. (1966). The Data Box: Its Ordering of Total Resources in Terms of Possible Relational Systems. En: R.B. Cattell (ed.), Handbook of Multivariate Experimental Psychology, Rand McNally, Chicago, 959.

Chávez, J. (2002). Aporte de los caracteres morfológicos estables y objetivos para resolución de sinonimias de variedades de tipo de uva (*Vitis vinífera* L). Revista Caxamarca, UNC. 10(1), 45-56.

Chávez, J. (2002). La estabilidad de los caracteres morfológicos estudiados por el método ampelográfico para identificar variedades de *Vitis vinífera* L. Revista Caxamarca. UNC. 10(1).

Chávez, J. (2000). Identificación de variedades de vid (*Vitis vinífera* L.) por ampelografía: Capacidad discriminante y estabilidad. Detección de homonimias y sinonimias (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, España.

Crisci, J., López, M. (1983). Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. 1-132.

Clifford, H. y Stephenson, W. (1975). An Introduction to Numerical Classification, Academic Press, Nueva York, N.Y., 229.

De la Cruz, P. (2004). Aprovechamiento integral y racional de la tara *Caesalpinia spinosa* - *Caesalpinia tinctoria*. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, 7(14), 64-73.

Enríquez, G., Cabanilla, H., Suárez, C., & Salazar, C. (1997). Descripción y evaluación de los recursos genéticos. Técnicas para el manejo y uso de recursos genéticos vegetales. INIAP. Quito, Ecuador, 116-140.

Escobar, L. E., y Chávez, M. (2008). Efecto in vitro de diferentes concentraciones de extracto de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, sobre la viabilidad de *Corynebacterium diphtheriae*. Revista Médica Vallejana. 5(1), 28-37.

FAO, FLD, Bioversity International. (2007). Conservación y manejo de recursos genéticos forestales. Vol. 1: visión general, conceptos y algunos métodos sistemáticos., Roma, Italia. 4

Food and agriculture organization of the united nations. (2014). The state of the world's forest genetic resources. Commission on genetic resources for Rome. 4-5.

Fundación para el desarrollo del Agro. (1991). Manual control de calidad de semillas. Lima. Perú. 12-13

Franco, T., Hidalgo, R. (2003). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Instituto internacional de recurso fitogenéticos (IPGRI), Colombia. Boletín técnico N° 8. 89.

Gayon, J. 2000. History of the concept of allometry. *American Zoologist*. 40(5), 748-758.

Granados, D., López, F., & Hernández-García, Á. (2009). Recursos genéticos, biotecnología y propiedad intelectual. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 15(2), 127-140.

Gómez, J., León, B., Gómez, J., Campos, J., Feux, R. (1997). Estudio taxonómico, ecológico, fitogenético y manejo agronómico de la tara *Caesalpinia spinosa*. Asociación Tecnológica y Desarrollo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima Perú. 1-52.

Guerrero, J. 2010. “Caracterización morfológica y agronómica de la colección nacional de germoplasma del piñón (*Jatropha curcas L.*), de Corpoica - La Libertad (Tesis para optar el grado de doctor). Universidad de los Llanos (Unillanos). Villavicencio, Colombia. 150.

Hernández, A. (2013). Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. *Revista Bio Ciencias*, 2(3).

- Heusser, C. J. (1971). Pollen and Spores of Chile: Modern Types of the Pteridophyta, Gymnospermae, and Angiospermae. University of Arizona Press. 167.
- Hidalgo, R. (1991). Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales, Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico No. 8, 7-30.
- Holdridge, L. (1970). Ecología basada en zonas de vida, Centro Tropical y de Investigación y Enseñanza – CATIE. San José, Costa Rica. 45 – 48.
- Huarino, M, & Ramos, D. (2012). Efecto antibacteriano de *Caesalpinia spinosa* (Tara) sobre flora salival mixta. Odontología Sanmarquina, 15(1), 27-30.
- Jaramillo, J. (2006). La Flor y otros órganos derivados. Editorial Universidad de Caldas. 192.
- Jordano, P., & Godoy, J. A. (2000). RAPD variation and population genetic structure in *Prunus mahaleb* (Rosaceae), an animal dispersed tree. Molecular Ecology, 9(9), 1293-1305.
- Keramat, H., Moaddabi, A., & Ranjbari, A. (2014). In vitro antimicrobial effects of aqueous extracts of *Caesalpinia sappan* Linn. derivatives against oral pathogens. Indian J. Sci. Res, 7(1), 342-347.

- Laviola, G., Bhering, L; Mendoncal, S., Rosado, B., y Albrecht, J. (2008). Caracterização morfo – agronómica do banco de germoplasma de pinhao manso na fase jovem. *Bioscience Journal*, 27(3), 371-379.
- Leishman, M. R., Westoby, M. y Jurado, E. (1995). Correlates of seed size variation a comparison among five temperate floras. *Journal of Ecology*, 83(3), 517–529.
- Linares, J. R. (2014). Estudio de la diversidad genética de individuos de poblaciones silvestres de *Caesalpinia spinosa* (molina) kuntze “tara” mediante análisis de patrones electroforéticos de proteínas seminales (Tesis para optar el título profesional de biólogo genetista biotecnólogo). Lima. Perú. 1- 64
- López, J., Nieto, R., Barrientos, A., Colinas, M., Borys, M., y González, F. (2008). Selección de variables morfológicas para la caracterización del Tejocote (*Crataegus spp*). *Revista Chapingo serie Horticultura*, 14(2), 97-111.
- López, A., Siles, M., Orihuela, D., Linares, J., Ríos, S., Villafani, Y., Guevara, M y Bracamonte, O. (2013). Caracterización citogenética de *Caesalpinia spinosa* de los distritos de Tarma y Palca (Junín). *Revista Peruana de Biología*, 20(3), 245-248.
- López, C., Flores, C., Garró, V., Yrei, V., & Gallardo, T. (1998). Acción antimicrobiana *Caesalpineae tintorea* (Molina) Kuntze o Tara de diferentes regiones del Perú. *Ciencia e investigación*, 1(1). 27-31.

- López, J., & Hidalgo, M. (1994). Análisis de componentes principales y análisis factorial. fundamentos de estadística con Systat. Addison Wesley Iberoamericana. 457-503.
- Macbride, M. (1943). Flora of Perú. Associate curator of the herbarium, Department of botany. Botanical series field museum of natural history, volume XIII, part III, number 1. 195-196.
- Mancero, L. (2008). La tara (*Caesalpinia spinosa*) en Perú, Bolivia y Ecuador. Análisis de la cadena productiva en la región (G. Medina & P. d. Rham Eds. Vol. 1). 70-87
- Manco, E., & Pérez, D. (2009). Implementación de un banco de germoplasma de eco tipos de piñón en Perú. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Innovación Agraria. San Martín, Perú. 46.
- Martínez, C. (2012). Estadística y muestreo. Bogotá, Colombia; Décima tercera edición. ECOE ediciones Ltda.
- Ministerio de Agricultura y Riego (2017). ABC de la producción y comercio de la tara en el Perú. Dirección general de políticas agrarias, dirección de estudios económicos e información agraria. Boletín perfil técnico N° 1, 1-6.
- Miniño, A., Rodríguez, L., Paíno, O., León, Y., & Paulino, L. (2014). Caracterización de la morfología de la semilla de *Pinus occidentalis* Swartz. Instituto Tecnológico de Santo, República Dominicana, 39 (4), 777-801

- Muller, H. (2000). Fertilisation of flowers by insects. *Nature*; 16(18), 507-509
- Olivera, Y., Hernandez, L., Cruz, D., Ramirez, W., Lezcano, J. (2009). Nota técnica: Caracterización morfobotánica de tres accesiones cespitosas. Estación experimental de pastos y forrajes, 32(3), 1-1
- Orihuela, C. (2014). Evaluación de la diversidad genética de tres poblaciones de *Caesalpinia spinosa* procedentes de Cajamarca, Junín y Ayacucho mediante marcadores morfométricos de frutos y marcadores moleculares RAPD (Tesis para optar el título Profesional de Biólogo Genetista Biotecnólogo). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú. 45 – 55.
- Ohsawa, T., & Ide, Y. (2008). Global patterns of genetic variation in plant species along vertical and horizontal gradients on mountains. *Global Ecology and Biogeography*. 17(2), 152-163.
- Peréz, S., Tillett, S. y Escala, M. (2002). Estudio morfológico de la semilla de 51 especies del género *Passiflora* L. *Acta Botánica. Venezuelica*. 25(1), 67-96.
- Portal, E. (2010). Distribución altitudinal y elaboración de clave dicotómica y pictórica de biotipos de tara (*Caesalpinia spinosa*). *Biológica Huamangensis* 1(1), 1-5.

- Pulipati, S., Pallavi, G., Sujan, B., Babu, K. A., & Babu, P. S. (2012). Evaluation of antibacterial activity of fresh and dry flower extracts of *Caesalpinia pulcherrima* L. International Journal of Biological & Pharmaceutical Research, 3(3), 360-365.
- Querol, L. (1988). Recursos genéticos, nuestro tesoro olvidado. Aproximación técnica y socioeconómica. Industrial Gráfica S.A. Lima, Perú. 218.
- Rojas, W. (2003). Caracterización morfológica de germoplasma. Estudio de casos. Caso1. Análisis de la variabilidad genética en quinua. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico IPGRI N° 8, (8), 27-39.
- Sagástegui, A., Lezama, P., & Sánchez, E. (1996). Plantas promisorias: La tara o taya. Arnaldoa 4(1), 57-65.
- Sánchez, C; Molinari, E; Nuñez, E; Arista, Ana. (2014). Avances en la morfología floral de *Caesalpinia spinosa* (Feuillée Ex Molina) Kuntze “Tara”, un árbol nativo de la flora peruana. Instituto de Biotecnología, La Molina National Agrarian University. The Biologist, 14(1), 35-43.
- Sampaio, F., Pereira, M., Dias, C., Costa, V., Conde, N., y Buzalaf, M. (2009). In vitro antimicrobial activity of *Caesalpinia ferrea* Martius fruits against oral pathogens. Journal of Ethnopharmacology, 124(2), 289-294.

- Seminario, J. (1993). Aspectos etnobotánicos y morfológicos del chago, miso o mauca (*Mirabilis expansa* R. y P.) en el Perú. Bol. de Lima, 15(86), 71-79.
- Seminario, J; Valderrama, M; y Romero, J. (2004). Variabilidad morfológica y distribución geográfica del yacón *Smallantus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, en el norte peruano. Arnaldoa (UPAO, Trujillo) 11(2): 139-160.
- Seminario, J., Valderrama, M., & Romero, J. (2004). Variabilidad morfológica de la colección de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) de la Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Arnaldoa (UPAO, Trujillo) 11(2), 79-104.
- Sneath, P., Sokal, R. (1973). Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification. Freeman, San Francisco, Ca, 573.
- Shinglenton, A. 2010. Allometry: The study of biological scaling. Nature Education Knowledge 3(10), 2.
- Thompson, K. (2000). The functional ecology of soil seed banks. Seeds: the ecology of regeneration in plant communities, 2, 215-235.
- Ulibarri, E. (2008). Los géneros de *Caesalpinioideae* (*Leguminosae*) presentes en Sudamérica. Darwiniana, nueva serie, 46(1), 69-163.
- Ulibarri, E. (1996). Sinopsis de *Caesalpinia* y *Hoffmannseggia* (*Leguminosae* - *Caesalpinioideae*) de Sudamérica. Darwiniana. 34(1-4), 299-348.

- Vandelook, F., Janssens, S. & Probert, R. (2012). Relative embryo length as an adaptation to habitat and life cycle in Apiaceae. *New Phytologist*, 195(2), 479-487.
- Ventura, K., & Huamán, L. (2008). Morfología polínica de la familia fabaceae de la parte de baja de los valles de pativilca y fortaleza (lima-perú). *The Biologist*, 6(2), 112-134.
- Villanueva, C. (2007). *La Tara, el oro verde de los incas*. Lima. Ed. AGRUM, 10–18.
- Villar, M. (2011). Identificación de morfotipos de taya en función a las características del fruto en la zona sur de la región Cajamarca. - Coordinación del programa de investigación en sistemas agroforestales - estación experimental Agraria Baños del Inca. Proyecto CORECITI. Cajamarca, 3-25.
- Villar, M. (2011). Evaluación del contenido de taninos y goma de tres morfotipos de taya en la zona sur de la región Cajamarca. Coordinación del programa de investigación en sistemas agroforestales - Estación Experimental Agraria Baños del Inca. Proyecto CORECITI. Cajamarca, 3-28.
- Wen, C. S., and J. Y. Hsiao. 2001. Altitudinal genetic differentiation and diversity of Taiwan lily (*Lilium longiflorum* var. *Formosanum*; Liliaceae) using RAPD markers and morphological characters. *Int. J. Plant Sci.* 162(2): 287-295
- Westoby, M., Falster, D., Moles, A., Vesk, P., & Wright, J. (2002). Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology, Evolution and systematics*, 33(1), 125-159.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Características de morfotipos de *C. spinosa* determinados en la región Cajamarca

Morfotipo I “Globosa”

Procedencia: Provincia de Cajamarca, distrito Magdalena.

Altitud: 1810 msnm.

Descripción: Vaina de forma falcada con apariencia superficial delgada y globosa en cada semilla, de color blanco almidón por ambos lados de la vaina (20A/20C), de 8.71 cm de largo, 0.82 de ancho con una relación L/A de vaina de 10.62 y de 0.43 cm de espesor, con un peso de vaina de 1.47 g, peso de vaina sin semilla de 0.75 g y presenta una media de 6 semillas/vaina. Semilla de forma romboide de color marrón (200D), con ubicación del hilo basal lateral, de 0.58 cm de largo, 0.75 cm de ancho con una relación de L/A de semilla de 0.77, de espesor 0.47 cm, con un peso de semillas/vaina de 0.57 g y 0.16 g de peso de semilla.



Fig. 23. Vaina morfotipo “Curvado”, forma de semilla romboide y ubicación de hilo

Morfotipo II “Pubescente o barbada”

Procedencia: Provincia de Celendín, distrito Celendín.

Altitud: 2393 a 2465 msnm.

Descripción: Vainas de forma rectas a ligeramente falcadas con apariencia superficial intermedia, con presencia de pubescencia en estado del fruto verde y en estado maduro pubescencia es caedizo, pero al tacto la vaina es áspero, color de vaina blanco almidón por ambos lados de la vaina (20A/20B), de 8.36 cm de largo, 1.79 de ancho con una relación L/A de vaina de 4.68 y de 0.47 cm de espesor, con un peso de vaina de 3.19 g, peso de vaina sin semilla de 1.66 g y presenta un media de 6 semillas/vaina. Semilla de forma obovada aplanada de color marrón (200D), con ubicación del hilo basal central, de 0.93 cm de largo, 0.70 cm de ancho con una relación de L/A de semilla de 1.33, de espesor 0.46 cm, con un peso de semillas/vaina de 1.28 g y 0.23 g de peso de semilla.



Fig. 24. Vaina madura y semilla morfotipo “Pubescente o barbada”



Fig. 25. Vaina pubescente o barbada”

Morfotipo III “Gigante”

Procedencia: Provincias de Cajamarca, distrito de Magdalena, Chota distrito de Querocoto y Contumazá en el distrito de Trinidad

Altitud: 1872 a 2204 msnm.

Descripción: Vaina de forma falcada con apariencia superficial aplanada y amplia, color blanco almidón por ambos lados de la vaina (20C/20C), de 12.31 cm de largo, 2.57 de ancho con una relación L/A de vaina de 4.8 y de 0.6 cm de espesor, con un peso de vaina de 6.23 g, peso de vaina sin semilla de 4.85 g y presenta una media de 6 semillas/vaina. Semilla de forma obovada globosa de color marrón grisáceo (199A), con ubicación del hilo basal central, de 0.9 cm de largo, 0.74 cm de ancho con una relación de L/A de semilla de 1.22, de espesor 0.40 cm, con un peso de semillas/vaina de 1.35 g y 0.22 g de peso de semilla.



Fig. 26. Vaina y semilla morfotipo “Gigante”



Fig. 27. Semilla de morfotipo “Gigante”

Morfotipo IV “Jancos”

Procedencia: Provincia de Cajamarca, San Pablo y Santa Cruz.

Altitud: 1400 a 2142 msnm.

Descripción: Vaina de forma recta a ligeramente falcada con apariencia superficial intermedia, de color anaranjado rojizo en ambos lados de la vaina; así como, al lado expuesto al sol anaranjado rojizo y del lado opuesto rojo, (22A/178C, 34C/22C y 31A/26B), también color pajizo o crema en el lado opuesto al sol y del lado expuesto al sol presenta una coloración anaranjado rojizo (20A/22A), de 7.67 cm de largo, 2.02 de ancho con una relación L/A de vaina de 3.79 y de 0.52 cm de espesor, con un peso de vaina de 2.72 g, peso de vaina sin semilla de 1.73 g y presenta una media de 5 semillas/vaina. Semilla de forma obovada globosa a obovada aplanada de color marrón a marrón grisáceo (200D, 199A), con ubicación del hilo basal central, de 0.92 cm de largo, 0.71 cm de ancho con una relación de L/A de semilla de 1.29, de espesor 0.48 cm, con un peso de semillas/vaina de 0.85 g y 0.16 g de peso de semilla.



Fig. 28. Vaina y semilla morfotipo II



Fig. 29. Semilla de morfotipo II

Morfotipo V “Semilla pequeña”

Procedencia: Provincias de Cajamarca, distrito de Magdalena

Altitud: 1902 msnm.

Descripción: Vaina de forma recta con apariencia superficial intermedia, color de vaina blanco almidón por ambos lados de la vaina (19A), de 8.52 cm de largo, 1.44 de ancho con una relación L/A de vaina de 5.92 y de 0.39 cm de espesor, con un peso de vaina de 2.1 g, peso de vaina sin semilla de 1.46 g y presenta una media de 6 semillas/vaina. Semilla de forma obovada globosa de color marrón grisáceo (199A), con ubicación del hilo basal central, de 0.49 cm de largo, 0.31 cm de ancho con una relación de L/A de semilla de 1.46, de espesor 0.37 cm, con un peso de semillas/vaina de 0.64 g y 0.13 g de peso de semilla.



Fig. 30. Vaina y semilla morfotipo “Semilla pequeña”



Fig. 31. Semilla de morfotipo “Semilla pequeña”

Morfotipo VI “Blanca”

Procedencia: Provincias de Cajamarca, San Pablo, Celendín, Santa cruz, Chota, Contumazá, Hualgayoc, Cajabamba y San Marcos.

Altitud: 1709 a 2340 msnm.

Descripción: Vainas de forma rectas a ligeramente falcadas con apariencia superficial intermedia, color pajizo o crema del lado opuesto al sol (22B), aunque el lado expuesto al sol presente una coloración anaranjado rojizo (32B), y en su gran mayoría pajizo a crema en ambos lados de la vaina (22B/22B), de 9.66 cm de largo, 1.73 de ancho con una relación L/A de vaina de 5.59 y de 0.39 cm de espesor, con un peso de vaina de 2.79 g, peso de vaina sin semilla de 2.13 g y presenta un media de 5 semillas/vaina. Semilla de forma obovada globosa de color marrón grisáceo (199A), con ubicación del hilo basal central, de 1 cm de largo, 0.65 cm de ancho con una relación de L/A de semilla de 1.55, de espesor 0.40 cm, con un peso de semillas/vaina de 0.69 g y 0.14 g de peso de semilla.



Fig. 32. Vaina y semilla morfotipo “Blanca”



Fig. 33. Semilla de morfotipo “Blanca”

Morfotipo VII “Roja”

Procedencia: Provincias de Cajamarca, San Pablo, Celendín, Santa cruz, Chota, Contumazá, Hualgayoc, Cajabamba y San Marcos.

Altitud: 1707 a 2896 msnm.

Descripción: Vainas de formas rectas a ligeramente falcadas con apariencia superficial intermedia, color rojo intenso del lado expuesto al sol (42B) y del otro lado una coloración anaranjado rojizo (32B), así como, en ambos lados la coloración anaranjado rojizo (32B/31B), de 8.62 cm de largo, 1.94 de ancho con una relación L/A de vaina de 4.45 y de 0.41 cm de espesor, con un peso de vaina de 3.49 g, peso de vaina sin semilla de 2.27 g y presenta una media de 6 semillas/vaina. Semilla de forma obovada globosa de color marrón grisáceo (199A), con ubicación del hilo basal central, de 0.93 cm de largo, 0.67 cm de ancho con una relación de L/A de semilla de 1.39, de espesor 0.39 cm, con un peso de semillas/vaina de 1.04 g y 0.19 g de peso de semilla.



Fig. 34. Vaina y semilla morfotipo “Roja”



Fig. 35. Semilla de morfotipo “Roja”



Fig. 36. Morfotipos de *C. spinosa* determinados para la región Cajamarca, de izquierda a derecha; Morfotipo: Gigante, pubescente o barbada, globosa, roja, jancos, blanca, y semilla pequeña.

Tabla 22. Media lineal, máximas y mínimas, desviación estándar de datos cuantitativos de vaina y semilla de morfotipos de *C. spinosa* determinados

Morfotipo	Parámetro	Vaina												Semilla								Denominación		
		LV (cm)		AV (cm)		EV (cm)		PV (g)		NSV		PVSS (g)		LS (cm)		AS (cm)		ES (cm)		PSV (g)			PS (g)	
I	Media	8.71		0.82		0.43		1.47		5		0.75		0.58		0.75		0.47		0.57		0.16		Globosa
	Mín - Máx.	7	10.6	0.5	1.1	0.3	0.5	0.76	2.15	3	6	0.09	1.73	0.4	0.7	0.6	0.9	0.3	0.6	0.2	0.9	0.06	0.27	
	S	0.8		0.15		0.05		0.3		0.74		0.28		0.08		0.07		0.08		0.18		0.06		
II	Media	8.52		1.44		0.39		2.1		6		1.46		0.49		0.31		0.37		0.64		0.13		Semilla pequeña
	Mín - Máx.	6.7	9.7	1.3	1.7	0.2	0.5	1.57	2.59	4	8	1.16	1.81	0.3	0.6	0.2	0.4	0.2	0.5	0.19	1.04	0.05	0.18	
	S	0.62		0.09		0.06		0.25		0.98		0.18		0.06		0.06		0.06		0.22		0.03		
III	Media	12.31		2.57		0.6		6.23		6		4.85		0.9		0.74		0.4		1.35		0.22		Gigante
	Mín - Máx.	11	14.3	2	3	0.4	0.8	4.59	8.26	3	8	3.48	6.74	0.7	1	0.6	0.9	0.3	0.6	0.46	2.08	0.11	0.31	
	S	0.75		0.22		0.07		0.81		1.04		0.75		0.08		0.08		0.07		0.33		0.06		
IV	Media	6.9		1.93		0.33		2.63		5		2.02		0.88		0.66		0.58		0.58		0.13		Jancos
	Mín - Máx.	5.8	8.1	1.7	2.3	0.2	0.3	1.71	3.84	3	8	1.36	2.67	0.8	1	0.6	0.8	0.1	4	0.22	1.02	0.07	0.18	
	S	0.55		0.12		0.07		0.5		1.1		0.32		0.07		0.06		0.88		0.17		0.03		
V	Media	8.36		1.79		0.47		3.19		6		1.66		0.93		0.7		0.46		1.28		0.23		Pubescente o barbada
	Mín - Máx.	7	10.1	1.5	2.1	0.4	0.6	2.39	4.3	3	7	1.07	2.66	0.8	1	0.5	0.8	0.3	0.6	0.78	1.72	0.11	0.32	
	S	0.7		0.14		0.05		0.43		0.81		0.31		0.07		0.07		0.07		0.21		0.04		
VI	Media	9.66		1.73		0.39		2.79		5		2.13		1		0.65		0.4		0.69		0.14		Blanca
	Mín - Máx.	7.2	12	1.4	2.1	0.2	0.6	1.78	3.8	2	7	1.53	2.83	0.6	0.8	0.6	0.8	0.2	0.5	0.23	1.32	0.05	0.21	
	S	1.02		0.17		0.11		0.47		1.08		0.35		1.32		0.06		0.09		0.23		0.05		
VII	Media	8.62		1.94		0.41		3.49		6		2.27		0.93		0.67		0.39		1.04		0.19		Roja
	Mín - Máx.	6.5	10.5	1.7	2.3	0.2	0.6	2.2	6.46	3	8	1.67	3.04	0.8	1.1	0.5	0.9	0.2	0.5	0.47	1.71	0.07	0.28	
	S	0.82		0.13		0.1		0.59		1.12		0.29		0.07		0.09		0.07		0.34		0.05		

Tabla. 23. Media lineal, máximas y mínimas, desviación estándar de datos cuantitativos de vaina y semilla

N°	Parámetro	Vaina											Semilla										
		LV (cm)		AV (cm)		EV (cm)		PV (g)		NSV		PVSS (g)		LS (cm)		AS (cm)		ES (cm)		PSV (g)		PS (g)	
1	Media	7.80		1.60		0.38		2.30		5		1.35		0.76		0.57		0.37		0.73		0.20	
	Min - Máx.	6.30	9.20	1.40	1.80	0.20	0.50	1.45	3.18	2.00	8.00	0.83	2.15	0.60	0.90	0.40	0.70	0.20	0.40	0.19	1.1	0.06	1.70
	S	0.58		0.10		0.07		0.42		1.47		0.29		0.08		0.08		0.05		0.25		0.29	
3	Media	8.20		1.54		0.53		1.80		5		1.87		0.83		0.67		0.38		0.70		0.17	
	Min - Máx.	6.10	9.70	1.10	1.80	0.10	0.90	1.15	2.47	3.00	7.00	1.32	2.34	0.70	1.00	0.60	0.80	0.20	0.50	0.21	0.99	0.10	0.24
	S	0.68		0.14		0.12		0.28		0.90		0.20		0.07		0.06		0.07		0.19		0.04	
4	Media	7.98		2.04		0.54		2.69		6		1.71		0.83		0.66		0.40		1.09		0.19	
	Min - Máx.	6.40	9.20	1.30	2.20	0.45	0.60	1.83	3.58	3.00	7.00	0.53	2.61	0.70	0.90	0.60	0.80	0.30	0.60	0.62	1.62	0.11	0.23
	S	0.60		0.13		0.04		0.35		0.74		0.41		0.05		0.06		0.07		0.20		0.03	
6	Media	10.13		1.77		0.35		2.52		5		1.13		0.85		0.72		0.35		0.47		0.15	
	Min - Máx.	8.20	11.30	1.60	2.00	0.20	1.04	1.73	3.33	3.00	7.00	0.34	2.07	0.70	1.00	0.50	0.90	0.20	0.40	0.12	1.04	0.10	0.21
	S	2.08		0.28		0.13		0.49		1.47		0.48		0.22		0.16		0.09		0.28		0.04	
7	Media	7.83		1.68		0.55		2.41		5		1.25		0.81		0.64		0.43		0.82		0.18	
	Min - Máx.	4.50	9.90	1.30	2.00	0.30	4.00	1.48	3.20	2.00	7.00	0.80	2.05	0.70	0.90	0.40	0.70	0.30	0.50	0.39	1.28	0.09	0.26
	S	1.15		0.15		0.62		0.46		1.22		0.30		0.07		0.09		0.10		0.26		0.05	
8	Media	6.94		1.66		0.49		2.77		5		1.25		0.88		0.66		0.52		1.24		0.23	
	Min - Máx.	5.70	8.00	1.20	1.90	0.30	0.60	1.93	3.72	3.00	7.00	0.78	1.70	0.80	1.00	0.60	0.80	0.40	0.70	0.92	1.64	0.16	0.28
	S	0.53		0.13		0.06		0.41		0.95		0.20		0.06		0.06		0.07		0.19		0.03	
9	Media	7.06		1.54		0.40		2.09		4		1.11		0.80		0.62		0.43		0.74		0.18	
	Min - Máx.	5.50	8.00	1.40	1.70	0.30	0.50	1.26	2.84	2.00	6.00	0.75	1.54	0.70	0.90	0.50	0.70	0.30	0.50	0.27	1.18	0.13	0.24
	S	0.60		0.08		0.05		0.30		0.82		0.21		0.06		0.06		0.05		0.19		0.03	
10	Media	7.38		1.56		0.25		1.77		5		0.89		0.82		0.62		0.44		0.54		0.11	
	Min - Máx.	5.80	8.60	0.60	1.90	0.10	0.40	1.20	2.43	1.00	7.00	0.40	1.53	0.60	1.00	0.40	0.90	0.10	3.00	0.20	0.82	0.03	0.20
	S	0.65		0.21		0.07		0.27		1.21		0.21		0.09		0.10		0.49		0.17		0.04	

	Media	7.31	1.52	0.22	1.56	4	0.70	0.78	0.58	0.29	0.54	0.10											
11	Min - Máx.	5.20	8.90	1.20	1.90	0.10	0.40	1.00	2.64	1.00	7.00	0.98	1.79	0.60	1.00	0.40	0.90	0.20	0.50	0.09	2.24	0.04	0.19
	S	0.82	0.15	0.07	0.42	1.47	0.64	0.09	0.12	0.09	0.42	0.04											
	Media	8.76	1.77	0.31	2.61	5	2.20	0.89	0.67	0.38	0.86	0.17											
12	Min - Máx.	5.20	11.00	1.50	2.30	0.20	0.45	1.33	4.37	1.00	7.00	0.19	3.61	0.70	1.10	0.50	0.90	0.20	0.50	0.21	1.65	0.02	0.25
	S	1.01	0.21	0.07	0.69	1.32	0.65	0.08	0.08	0.07	0.33	0.06											
	Media	7.46	1.64	0.35	2.28	5	1.33	0.77	0.61	0.38	0.65	0.15											
13	Min - Máx.	6.40	8.90	1.20	1.90	0.20	0.50	1.61	3.09	2.00	7.00	0.46	2.47	0.60	0.90	0.50	0.80	0.20	0.80	0.34	0.99	0.08	0.19
	S	0.54	0.10	0.07	0.34	1.09	0.38	0.06	0.07	0.07	0.16	0.03											
	Media	6.53	1.53	0.30	1.93	5	1.00	0.82	0.63	0.46	0.63	0.15											
14	Min - Máx.	4.10	8.50	1.10	1.90	0.10	0.50	0.98	2.88	2.00	7.00	0.45	2.43	0.70	1.00	0.50	0.80	0.00	3.00	0.18	1.39	0.06	0.21
	S	1.27	0.18	0.10	0.60	1.32	0.50	0.10	0.08	0.48	0.28	0.04											
	Media	6.15	1.50	0.34	2.02	5	1.03	0.87	0.60	0.41	0.79	0.17											
15	Min - Máx.	4.50	7.80	1.30	1.70	0.10	0.50	1.37	2.82	2.00	7.00	0.68	1.54	0.80	1.00	0.50	0.80	0.30	0.50	0.27	1.08	0.13	0.20
	S	0.76	0.09	0.10	0.36	1.13	0.22	0.06	0.07	0.07	0.18	0.02											
	Media	6.43	1.52	0.28	1.70	4	1.04	0.84	0.60	0.60	0.45	0.13											
16	Min - Máx.	3.70	8.60	1.30	0.50	0.10	0.50	0.93	2.71	2.00	6.00	0.49	1.89	0.60	1.00	0.40	0.80	0.40	0.80	0.24	0.92	0.03	0.22
	S	1.14	0.15	0.12	0.38	1.19	0.35	0.10	0.11	0.11	0.17	0.05											
	Media	7.77	1.64	0.28	2.12	4	1.24	0.90	0.80	0.37	0.75	0.17											
17	Min - Máx.	5.50	9.90	1.40	0.40	0.10	0.40	1.12	3.05	0.00	6.00	0.49	1.98	0.80	1.00	0.70	1.00	0.20	0.50	0.35	1.27	0.04	0.26
	S	1.08	0.15	0.11	0.46	1.34	0.31	0.07	0.09	0.06	0.21	0.07											
	Media	7.35	1.66	0.27	2.08	4	1.17	0.94	0.72	0.36	0.70	0.19											
18	Min - Máx.	6.00	8.60	1.40	1.90	0.10	0.50	1.33	4.46	1.00	7.00	0.77	1.60	0.80	1.10	0.50	0.80	0.20	0.50	0.20	1.33	0.08	0.25
	S	0.63	0.12	0.10	0.52	1.27	0.25	0.07	0.07	0.08	0.26	0.05											
	Media	9.02	1.94	0.19	2.56	6	1.78	0.84	0.66	0.27	0.69	0.12											
19	Min - Máx.	5.30	10.50	1.30	8.60	0.10	0.30	1.57	3.70	3.00	7.00	1.06	3.07	0.70	1.00	0.50	0.80	0.20	0.40	0.19	1.24	0.07	0.23
	S	1.03	1.01	0.07	0.46	1.07	0.46	0.08	0.08	0.06	0.24	0.04											
20	Media	8.66	1.89	0.37	3.22	4	2.20	1.00	0.76	0.39	1.05	0.26											

	Min - Máx.	6.10	10.80	1.60	2.20	0.10	0.60	1.92	4.23	1.00	6.00	0.94	3.40	0.80	1.10	0.20	0.90	0.20	0.50	0.09	1.74	0.04	0.33
	S	0.95		0.13		0.13		0.60		1.51		0.66		0.09		0.13		0.07		0.41		0.08	
	Media	7.83		1.90		0.31		2.86		3		1.74		0.90		0.73		0.43		0.97		0.23	
21	Min - Máx.	5.00	10.10	1.20	2.30	0.10	0.50	1.24	4.24	0.00	6.00	0.95	2.61	0.80	1.00	0.60	0.90	0.30	0.50	0.21	1.66	0.14	0.32
	S	1.33		0.26		0.13		0.93		2.19		0.55		0.06		0.08		0.07		0.41		0.04	
	Media	8.10		1.73		0.36		3.12		5		1.69		0.88		0.67		0.44		1.14		0.21	
22	Min - Máx.	5.10	10.20	0.70	2.00	0.10	0.60	1.13	4.09	1.00	7.00	1.09	2.56	1.09	2.56	0.50	0.80	0.40	0.50	0.00	1.53	0.15	0.25
	S	1.01		0.20		0.12		0.62		1.59		0.27		0.06		0.06		0.05		0.33		0.03	
	Media	8.36		1.79		0.47		3.19		6		1.66		0.93		0.70		0.46		1.28		0.23	
23	Min - Máx.	7.00	10.10	1.50	2.10	0.40	0.60	2.39	4.30	3.00	7.00	1.07	2.66	0.80	1.00	0.50	0.80	0.30	0.60	0.78	1.72	0.11	0.32
	S	0.70		0.14		0.05		0.43		0.81		0.31		0.07		0.07		0.07		0.21		0.04	
	Media	8.43		1.86		0.43		2.98		5		2.04		0.85		0.63		0.39		0.71		0.14	
24	Min - Máx.	7.10	9.80	0.60	2.90	0.30	0.60	2.20	4.23	2.00	7.00	1.55	3.09	0.80	0.90	0.50	0.80	0.30	0.50	0.21	1.23	0.08	0.23
	S	0.68		0.25		0.07		0.41		1.03		0.33		0.05		0.07		0.07		0.24		0.05	
	Media	11.28		2.11		0.47		3.57		5		2.58		1.00		0.65		0.40		0.98		0.22	
25	Min - Máx.	9.30	13.70	1.60	2.50	0.40	0.60	2.32	5.27	1.00	7.00	1.59	3.63	0.90	1.10	0.50	0.90	0.30	0.50	0.00	1.85	0.09	0.29
	S	1.80		0.19		0.07		0.07		1.24		0.53		0.06		0.08		0.06		0.36		0.05	
	Media	10.09		1.75		0.43		3.57		6		2.11		0.92		0.71		0.44		1.22		0.20	
26	Min - Máx.	8.10	12.20	1.50	2.10	0.30	0.60	2.32	5.27	3.00	7.00	1.42	2.94	0.80	1.00	0.60	0.80	0.30	0.50	0.62	1.62	0.09	0.30
	S	0.92		0.17		0.07		0.07		0.94		0.48		0.05		0.04		0.06		0.30		0.06	
	Media	8.11		1.99		0.42		3.47		5		2.40		0.98		0.73		0.41		1.06		0.23	
27	Min - Máx.	6.60	10.60	1.70	2.70	0.10	0.80	2.43	5.09	3.00	7.00	1.61	3.94	0.80	1.10	0.60	0.90	0.30	0.50	0.52	1.5	0.12	0.31
	S	0.87		0.19		0.13		0.56		0.95		0.47		0.06		0.07		0.05		0.23		0.05	
	Media	8.75		2.04		0.56		4.61		5		3.26		1.03		0.75		0.46		1.04		0.29	
28	Min - Máx.	7.00	10.90	1.70	2.30	0.40	0.70	2.63	6.95	1.00	7.00	1.90	4.64	0.80	1.20	0.50	0.90	0.20	0.60	0.36	2.18	0.11	0.36
	S	0.91		0.13		0.07		0.91		0.13		0.57		0.07		0.07		0.09		0.34		0.05	
29	Media	11.01		1.91		0.53		4.64		5		3.22		0.99		1.00		0.45		1.31		0.26	

	Min - Máx.	9.50	13.00	1.70	2.20	0.40	0.80	2.75	6.45	2.00	7.00	2.22	4.27	0.80	1.10	0.60	8.00	0.40	0.50	0.70	2.07	0.11	0.31
	S	0.81		0.14		0.08		0.81		1.26		0.46		0.06		1.32		0.05		0.34		0.05	
	Media	9.11		1.72		0.50		3.48		5		2.12		0.98		0.66		0.48		1.15		0.24	
30	Min - Máx.	7.60	11.20	1.50	1.90	0.40	0.60	2.60	5.40	3.00	7.00	1.70	3.30	0.90	1.10	0.60	0.80	0.30	0.50	0.60	1.5	0.20	0.30
	S	0.74		0.09		0.03		0.05		0.96		0.38		0.05		0.06		0.05		0.28		0.03	
	Media	8.62		1.94		0.41		3.49		6		2.27		0.93		0.67		0.39		1.04		0.19	
31	Min - Máx.	6.50	10.50	1.70	2.30	0.20	0.60	2.20	6.46	3.00	8.00	1.67	3.04	0.80	1.10	0.50	0.90	0.20	0.50	0.47	1.71	0.07	0.28
	S	0.82		0.13		0.10		0.59		1.12		0.29		0.07		0.09		0.07		0.34		0.05	
	Media	7.98		1.73		0.40		2.76		5		1.52		0.87		0.75		0.44		1.05		0.22	
32	Min - Máx.	6.00	10.30	1.50	2.10	0.20	0.60	1.73	4.24	2.00	7.00	1.03	2.27	0.80	1.00	0.70	0.90	0.10	0.50	0.56	1.69	0.07	0.28
	S	0.88		0.14		0.12		0.59		1.48		0.29		0.06		0.06		0.09		0.35		0.05	
	Media	8.71		1.78		0.30		2.83		4		2.43		0.85		0.67		0.32		0.55		0.15	
33	Min - Máx.	7.40	10.60	1.40	2.10	0.08	0.50	1.36	3.71	1.00	7.00	1.61	3.06	0.70	0.90	0.50	0.80	0.10	0.50	0.06	1.15	0.04	0.27
	S	0.66		0.16		0.09		0.55		1.37		0.39		0.06		0.06		0.08		0.25		0.05	
	Media	7.69		1.67		0.29		2.21		5		1.68		0.83		0.60		0.29		0.53		0.11	
34	Min - Máx.	6.00	8.81	1.40	2.00	0.20	0.40	1.55	3.60	3.00	7.00	1.08	2.08	0.70	0.90	0.40	0.70	0.20	0.40	0.23	0.93	0.05	0.16
	S	0.60		0.11		0.06		0.37		0.94		0.22		0.07		0.08		0.06		0.15		0.04	
	Media	8.21		1.80		0.39		2.53		5		1.95		0.84		0.67		0.38		0.67		0.18	
35	Min - Máx.	7.10	9.50	1.50	2.10	0.10	0.50	1.14	3.36	2.00	7.00	1.32	2.57	0.70	0.90	0.50	0.80	0.20	0.50	0.20	1.12	0.03	1.20
	S	0.55		0.12		0.08		0.49		1.14		0.31		0.06		0.06		0.07		0.24		0.20	
	Media	7.94		1.82		0.26		2.43		4		2.14		0.77		0.61		0.16		0.35		0.07	
36	Min - Máx.	6.00	9.60	1.60	2.10	0.13	0.40	1.79	3.36	2.00	7.00	1.66	2.84	0.60	0.90	0.50	0.80	0.10	0.30	0.05	0.8	0.03	0.16
	S	0.81		0.12		0.07		0.39		1.14		0.32		0.08		0.08		0.06		0.19		0.03	
	Media	6.90		1.93		0.33		2.63		5		2.02		0.88		0.66		0.58		0.58		0.13	
37	Min - Máx.	5.80	8.10	1.70	2.30	0.20	0.30	1.71	3.84	3.00	8.00	1.36	2.67	0.80	1.00	0.60	0.80	0.10	4.00	0.22	1.02	0.07	0.18
	S	0.55		0.12		0.07		0.50		1.10		0.32		0.07		0.06		0.88		0.17		0.03	
	Media	7.46		1.59		0.34		2.33		5		1.62		0.86		0.70		0.33		0.67		0.14	
38	Min - Máx.	5.70	9.40	1.30	1.90	0.10	0.50	1.47	3.46	1.00	7.00	1.19	2.45	0.70	1.00	0.60	0.80	0.10	0.40	0.13	1.21	0.03	0.22

	S	0.87	0.16	0.08	0.50	1.49	0.28	0.06	6.00	0.07	0.32	0.05											
	Media	8.20	1.43	0.37	2.29	5	1.46	0.78	0.68	0.35	0.84	0.16											
39	Min - Máx.	6.70	9.30	1.20	1.60	0.30	0.50	1.54	3.24	2.00	7.00	0.92	1.94	0.70	0.90	0.50	0.80	0.20	0.40	0.46	1.36	0.11	0.22
	S	0.62	0.09	0.05	0.34	1.06	0.25	0.06	0.07	0.07	0.21	0.03											
	Media	7.84	1.53	0.30	1.95	2	1.60	0.85	0.68	0.26	0.31	0.12											
40	Min - Máx.	6.60	8.70	1.20	1.70	0.10	0.40	1.32	2.75	0.00	5.00	1.22	2.07	0.70	1.00	0.60	0.80	0.10	0.40	0.00	0.83	0.03	0.20
	S	0.53	0.11	0.10	0.35	1.37	0.23	0.07	0.06	0.08	0.22	0.05											
	Media	9.39	1.51	0.36	2.20	5	1.46	0.82	0.63	0.37	0.76	0.15											
41	Min - Máx.	7.50	11.00	1.20	1.80	0.30	0.40	1.26	2.80	2.00	7.00	1.20	1.90	0.70	0.90	0.50	0.70	0.20	0.40	0.46	1.25	0.05	0.21
	S	0.74	0.10	0.05	0.33	1.19	0.17	0.07	0.08	0.06	0.18	0.04											
	Media	8.52	1.44	0.39	2.10	6	1.46	0.49	0.31	0.37	0.64	0.13											
42	Min - Máx.	6.70	9.70	1.30	1.70	0.20	0.50	1.57	2.59	4.00	8.00	1.16	1.81	0.30	0.60	0.20	0.40	0.20	0.50	0.19	1.04	0.05	0.18
	S	0.62	0.09	0.06	0.25	0.98	0.18	0.06	0.06	0.06	0.22	0.03											
	Media	7.79	1.59	0.23	1.69	5	1.22	0.71	0.55	0.30	0.39	0.10											
43	Min - Máx.	5.90	10.10	1.30	1.90	0.10	0.40	0.84	2.59	2.00	7.00	0.66	1.97	0.60	0.80	0.40	0.70	0.20	0.40	0.04	0.74	0.05	0.14
	S	1.04	0.12	0.07	0.46	1.14	0.31	0.04	0.08	0.05	0.15	0.02											
	Media	9.19	1.68	0.35	2.54	5	1.86	0.82	0.61	0.37	0.64	0.16											
44	Min - Máx.	8.00	10.40	0.80	2.00	0.20	0.50	1.48	3.41	3.00	8.00	1.24	2.56	0.70	0.90	0.50	0.70	0.20	0.40	0.12	0.98	0.04	0.22
	S	0.63	0.22	0.06	0.44	0.97	0.36	0.07	0.08	0.05	0.20	0.05											
	Media	9.21	1.63	0.37	2.76	6	1.57	0.77	0.62	0.43	0.90	0.16											
45	Min - Máx.	7.50	11.60	1.50	2.00	0.10	0.60	1.74	4.32	4.00	8.00	1.14	2.24	0.60	0.90	0.40	0.70	0.20	0.50	0.01	1.33	0.08	0.20
	S	0.78	0.10	0.09	0.42	1.04	0.26	0.07	0.07	0.08	0.27	0.04											
	Media	12.31	2.57	0.60	6.23	6	4.85	0.90	0.74	0.40	1.35	0.22											
46	Min - Máx.	11.00	14.30	2.00	3.00	0.40	0.80	4.59	8.26	3.00	8.00	3.48	6.74	0.70	1.00	0.60	0.90	0.30	0.60	0.46	2.08	0.11	0.31
	S	0.75	0.22	0.07	0.81	1.04	0.75	0.08	0.08	0.07	0.33	0.06											
	Media	8.71	0.82	0.43	1.47	5	0.75	0.58	0.75	0.47	0.57	0.16											
47	Min - Máx.	7.00	10.60	0.50	1.10	0.30	0.50	0.76	2.15	3.00	6.00	0.09	1.73	0.40	0.70	0.60	0.90	0.30	0.60	0.20	0.9	0.06	0.27

	S	0.80	0.15	0.05	0.30	0.74	0.28	0.08	0.07	0.08	0.18	0.06											
	Media	9.06	1.60	0.36	2.86	6	1.94	0.87	0.64	0.43	0.94	0.24											
48	Min - Máx.	7.50	10.90	0.60	2.10	0.20	0.60	2.05	4.20	4.00	8.00	1.27	2.96	0.80	1.00	0.50	0.80	0.30	0.60	0.41	1.45	0.02	2.10
	S	0.74	0.23	0.10	0.51	0.99	0.41	0.06	0.09	0.09	0.28	0.36											
	Media	9.66	1.73	0.39	2.79	5	2.13	1.00	0.65	0.40	0.69	0.14											
49	Min - Máx.	7.20	12.00	1.40	2.10	0.20	0.60	1.78	3.80	2.00	7.00	1.53	2.83	0.60	8.00	0.60	0.80	0.20	0.50	0.23	1.32	0.05	0.21
	S	1.02	0.17	0.11	0.47	1.08	0.35	1.32	0.06	0.09	0.23	0.05											
	Media	8.21	1.66	0.29	2.24	5	1.65	0.81	0.63	0.38	0.68	0.16											
50	Min - Máx.	6.60	9.90	1.30	2.10	0.10	0.50	1.43	3.23	3.00	6.00	1.10	2.42	0.70	1.00	0.50	0.80	0.20	0.40	0.09	1.04	0.04	0.27
	S	0.68	0.16	0.08	0.46	0.94	0.33	0.08	0.08	0.05	0.24	0.06											
	Media	9.75	1.89	0.55	3.45	5	2.56	1.00	0.69	0.42	0.92	0.22											
51	Min - Máx.	7.70	12.00	1.50	2.20	0.40	0.70	2.23	5.62	2.00	7.00	1.66	4.06	0.80	1.10	0.50	1.00	0.20	0.50	0.47	1.64	0.03	0.31
	S	0.99	0.17	0.08	0.73	1.22	0.58	0.08	0.10	0.07	0.03	0.05											
	Media	9.64	1.79	0.53	3.55	6	2.38	0.97	0.70	0.46	1.29	0.22											
52	Min - Máx.	8.20	11.50	1.60	2.10	0.40	0.70	2.80	5.24	3.00	7.00	1.77	3.61	0.70	1.10	0.60	0.80	0.40	0.50	0.70	1.88	0.14	0.27
	S	0.68	0.13	0.06	0.42	1.13	0.40	0.09	0.05	0.05	0.30	0.03											
	Media	7.36	1.62	0.56	2.16	5	2.53	0.77	0.67	0.40	1.28	0.26											
53	Min - Máx.	5.40	9.60	1.25	2.00	0.30	0.80	1.19	4.05	1.19	4.05	1.95	3.28	0.70	0.80	0.60	0.80	0.20	0.50	0.21	2.21	0.15	0.33
	S	1.03	0.18	0.08	0.56	1.06	0.38	0.05	0.06	0.06	0.43	0.04											
	Media	8.14	2.10	0.69	3.73	5	1.30	1.04	0.80	0.46	0.88	0.17											
54	Min - Máx.	6.60	9.80	1.80	2.40	0.40	0.90	2.46	5.14	2.00	8.00	0.80	1.84	1.00	1.20	0.60	1.00	0.30	0.50	0.13	1.47	0.06	0.21
	S	0.79	0.13	0.09	0.62	1.41	0.26	0.06	0.08	0.06	0.34	0.04											
	Media	7.25	1.81	0.58	2.28	4	0.91	0.58	0.47	0.30	0.71	0.12											
55	Min - Máx.	4.80	8.50	1.40	2.30	0.25	0.75	0.76	3.15	2.00	7.00	0.64	2.05	0.70	0.90	0.60	0.70	0.30	0.50	0.13	1.57	0.06	0.24
	S	0.74	0.15	0.09	0.48	1.17	0.27	0.05	0.05	0.06	0.31	0.05											
	Media	7.98	1.84	0.54	2.76	5	1.92	0.78	0.64	0.41	0.86	0.16											
56	Min - Máx.	6.40	9.85	1.60	2.20	3.00	0.70	1.81	3.55	2.00	7.00	1.26	2.44	0.70	0.90	0.50	0.70	0.20	0.50	0.24	1.37	0.09	0.21
	S	0.74	0.14	0.08	0.44	1.14	0.30	0.06	0.07	0.07	0.25	0.03											

7.2. Distribución lineal de medidas de vaina y semilla de la *C. spinosa*

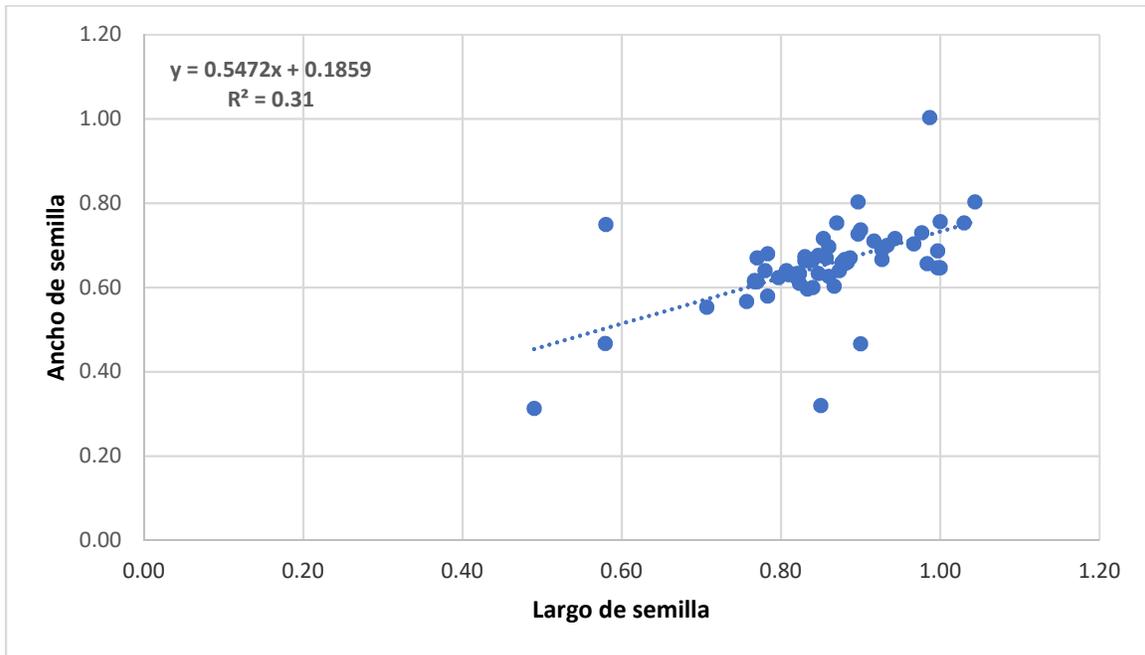


Fig. 37. Recta de regresión lineal largo de semilla (LS) y ancho de semilla (AS)

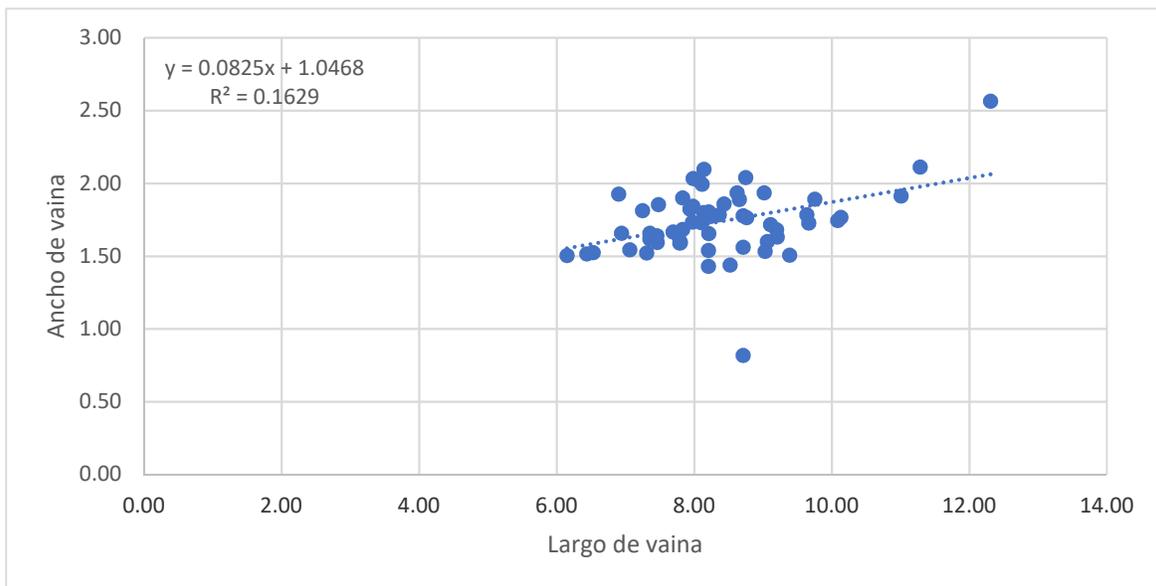


Figura 38. Recta de regresión lineal para el largo de vaina (LV) y ancho de vaina

(AV)

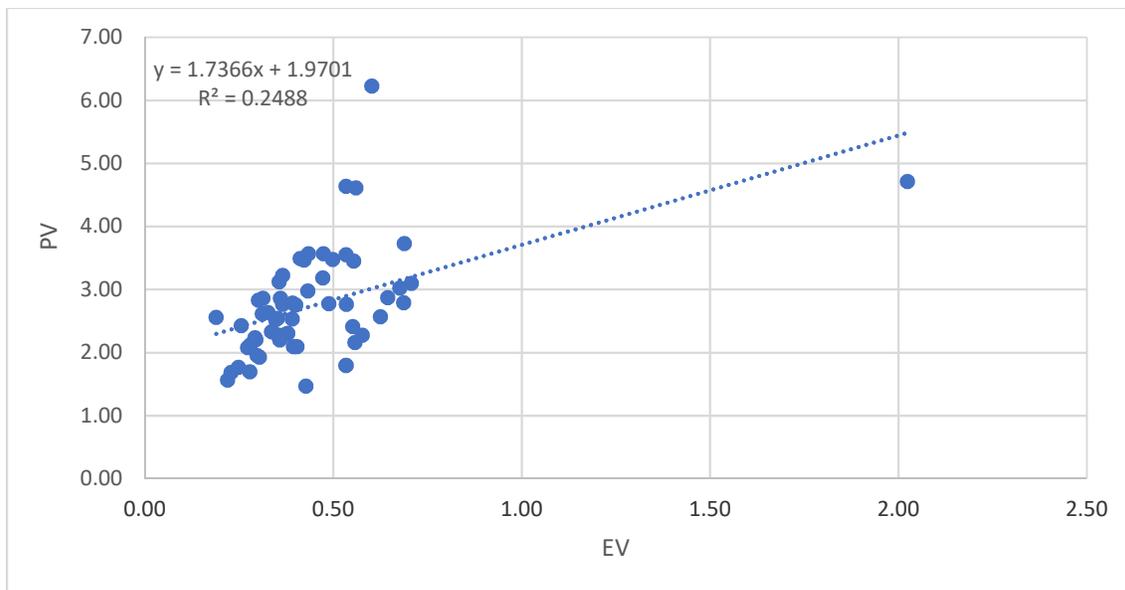


Fig. 39. Recta de regresión lineal para el espesor de vaina (EV) y peso de vaina (PV).

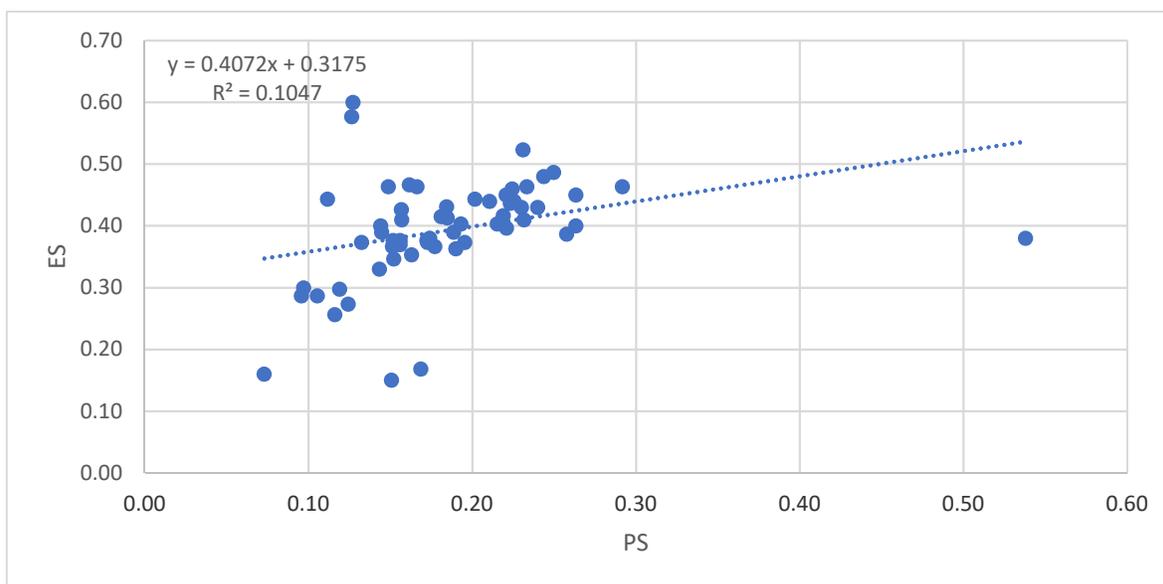


Fig. 40. Recta de regresión lineal para el peso de semilla (PS) y espesor de semilla (ES).

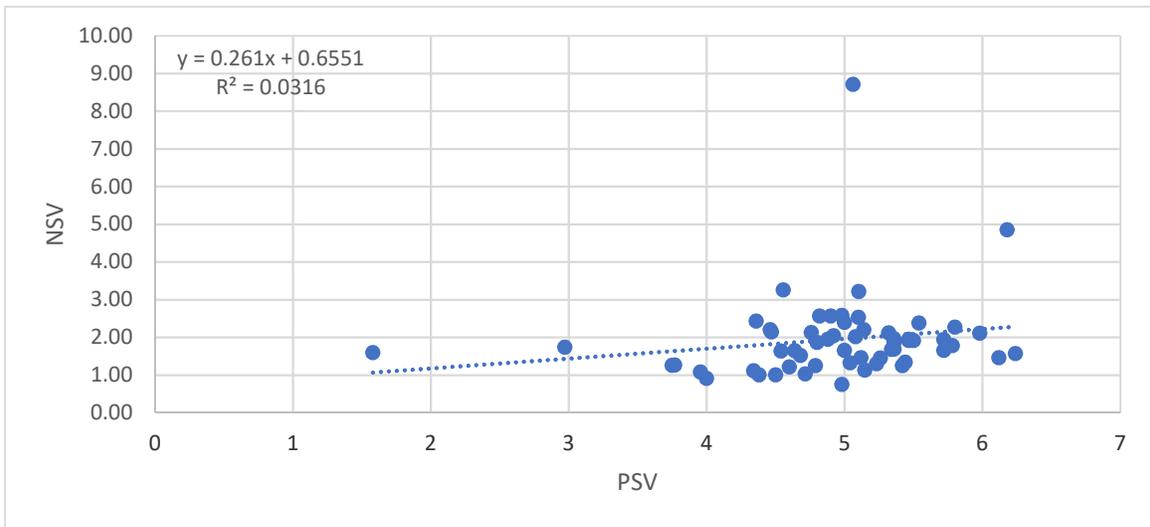


Fig. 41. Recta de regresión lineal para el número de semilla por vaina (NSV) y peso de semilla por vaina (PSV)

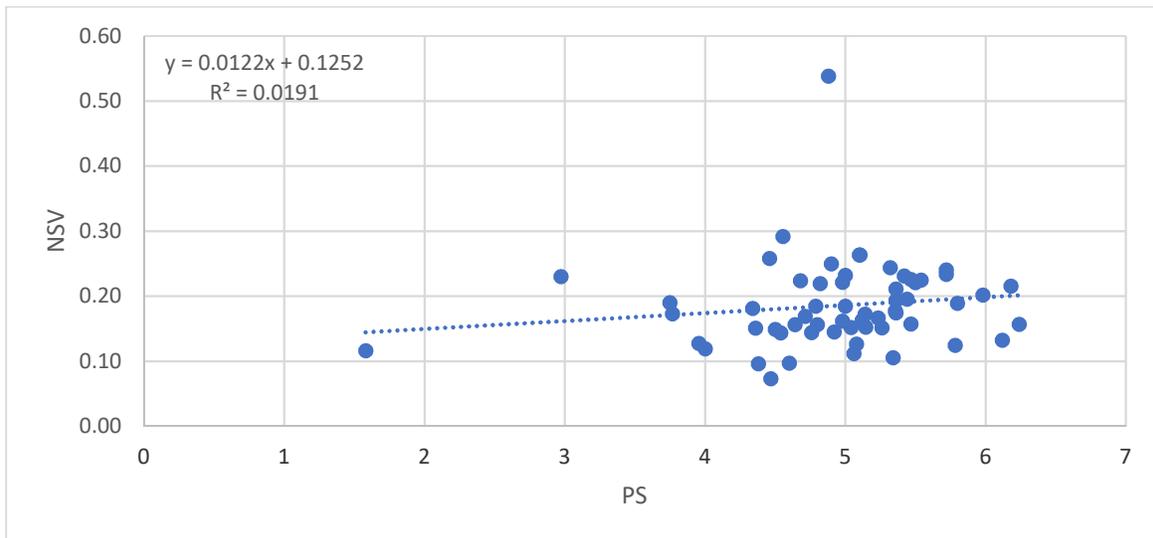


Fig. 42. Regresión y correlación lineal para el número de semillas por vaina (NSV) y peso de semilla (PS)

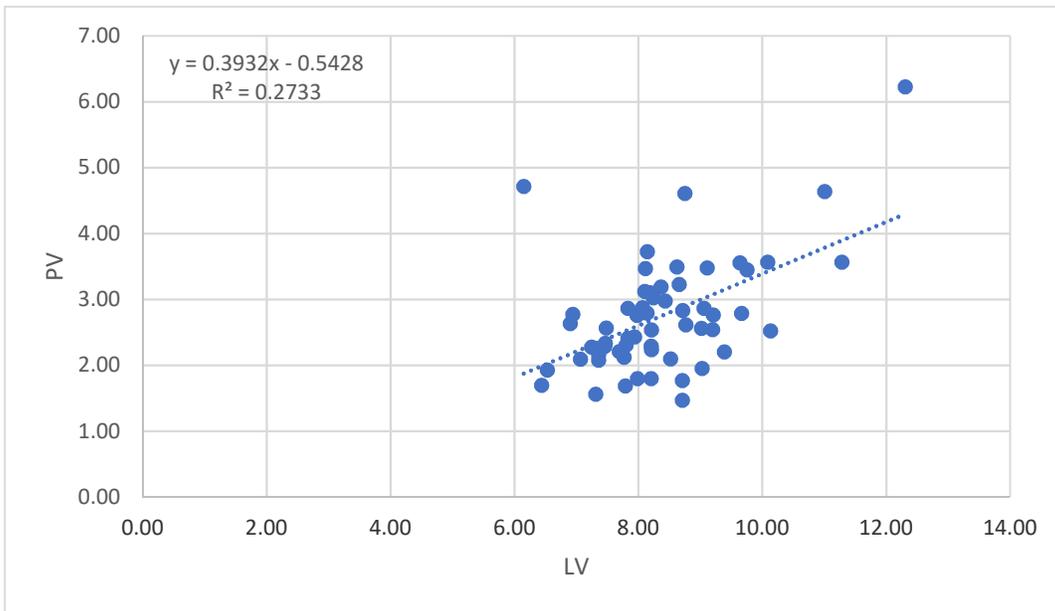


Fig. 43. Recta de regresión lineal para el largo de vaina (LV) y peso de vaina (PV)

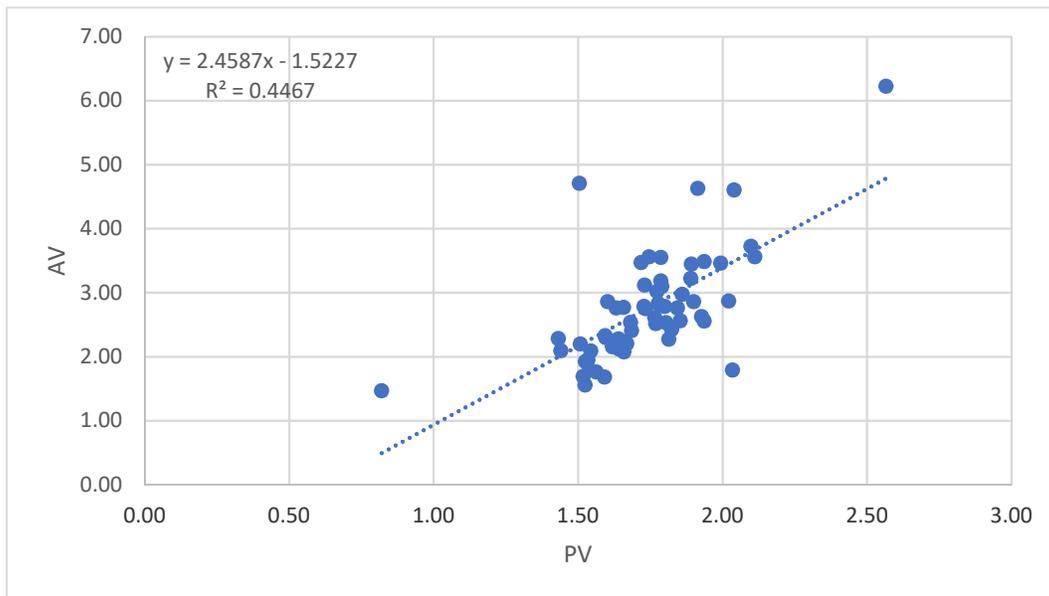


Fig. 44. Recta de regresión lineal para ancho de vaina (AV) y peso de vaina (PV)

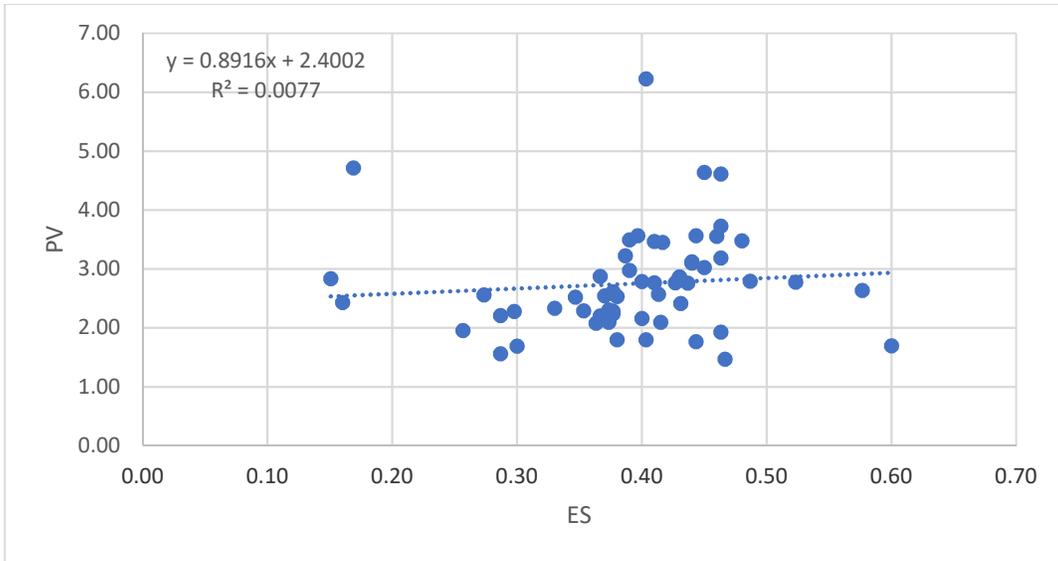


Fig. 45. Recta de regresión lineal para espesor de semilla (ES) y peso de vaina (PV).