

Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ciencias Agrarias

Caracterización morfológica, fisiológica y molecular de entradas de algodón (*Gossypium*
hirsutum L.) e identificación de QTL de importancia agronómica

Ing. Agr. Pablo Nahuel Dileo

Doctorado en Recursos Naturales

Versión 1.2

Aprobado por Director y Co-Director de Tesis

Director

Dr. Gustavo Rubén Rodríguez

Co-Director

Dr. Marcelo Javier Paytas

Agradecimientos

Agradecimientos aquí..

Dedicatoria

Dedicatoria aquí..

Publicaciones

Lista de publicaciones a congresos y revistas aquí..

Índice General

Capítulo 1: 'Install needed packages for {thesisdown}': True	1
Capítulo 2: Caracterización de entradas de algodón (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) del banco de germoplasma de INTA mediante caracteres morfo-fisiológicos	2
2.1. Introducción	2
2.2. Objetivo	2
2.3. Materiales y métodos	3
2.3.1. Caracterización preliminar de 26 entradas de algodón (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	3
2.3.2. Caracterización de 8 entradas seleccionadas de algodón (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	5
2.3.3. Análisis estadístico	7
2.4. Resultados	7
2.4.1. Características cualitativas de las entradas del Banco de Germoplasma de Algodón (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	7
2.4.2. Características morfológicas cuantitativas, componentes del rendimiento y calidad de fibra	9

2.4.3. Entradas seleccionadas para mayor profundización en el análisis de las características de rendimiento, calidad de fibra y procesos fisiológicos que intervienen en la determinación del rendimiento de fibra	12
2.5. Discusión	17
2.6. Conclusión	17
Capítulo 3: Identificación de QTL de importancia agronómica	18
3.1. Introducción	18
3.2. Objetivo	18
3.3. Materiales y métodos	18
3.3.1. Análisis estadístico	18
3.4. Resultados	18
3.4.1. Generación de variabilidad a partir del cruce biparental BGSP-00166 x SP-41255	18
3.5. Discusión	18
3.6. Conclusión	18
Capítulo 4: Si es necesario un tercer capítulo	19
4.1. Introducción	19
4.2. Objetivo	19
4.3. Materiales y métodos	19
4.4. Discusión	19
4.5. Conclusión	19

Conclusión 20

Apéndice A: Primer Apéndice 21

Apéndice B: Segundo Apéndice 22

Referencias 23

Lista de Abreviaturas

A1RR	Altura a primer rama reproductiva
AP	Altura de planta
D1P	Distancia de la primera posición al tallo principal
IF	Índice de fibra
IS	Índice de semillas
IU	Índice de uniformidad de fibras
Mic	Micronaire
N1RR	Nudos a primer rama reproductiva
NC	Número de capullos
NN	Número de nudos
NRR	Número de ramas reproductivas
NRV	Número de ramas vegetativas
NSC	Numero de semillas por capullo
PC	Peso promedio de capullos
RB	Rendimiento de algodón bruto
RF	Rendimiento de fibra
RFD	Rendimiento de fibra al desmote
Str	Resistencia de las fibras
UHML	Longitud de las fibras
zContinua...	Otras abreviaturas

Resumen

Primer párrafo del resumen en español.

Segundo párrafo del resumen aquí.

Abstract

Primer párrafo del resumen en inglés.

Segundo párrafo del resumen aquí.

Índice de Tablas

2.1. Entradas de <i>Gossypium hirsutum</i> L. y su procedencia	3
2.2. Descriptores	8
2.3. Datos conjuntos...	11
2.4. Valores medios, error estándar (entre paréntesis) y prueba L.S.D. (diferencia mínima significativa) de Fisher para rendimiento de fibra, sus componentes y calidad.	12
2.5. Correlación de Pearson entre los rasgos evaluados en el germoplasma de colección	16

Índice de Figuras

- 2.1. Biplot del análisis de componentes principales con puntos que representan las proyecciones de las accesiones (1) y las variables (2) en el espacio definido por las dos primeras dimensiones (Dim) o componentes principales. RB: Rendimiento de algodón bruto en g; RF: Rendimiento de fibra en g; RFD: Rendimiento de fibra al desmote en %; PC: Peso promedio de capullos en g; NC: Número de capullos; IS: Índice de semillas en g; IF: Índice de fibra en g; NSC: Numero de semillas por capullo. UHML: Longitud promedio de fibra de la mitad superior en mm; Str: Resistencia de las fibras g tex^{-1} ; Mic: Micronaire; IU: Índice de uniformidad de fibras en %. 15

Capítulo 1

‘Install needed packages for {thesisdown}’:

True

Placeholder

Capítulo 2

Caracterización de entradas de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) del banco de germoplasma de INTA mediante caracteres morfo-fisiológicos

2.1. Introducción

Aquí una breve introducción del capítulo

2.2. Objetivo

Caracterizar entradas de algodón del banco de germoplasma de INTA con diferente procedencia mediante caracteres morfológicos relacionados al rendimiento. Evaluar procesos fisiológicos que intervienen en la determinación del rendimiento de fibra de entradas de algodón del banco de germoplasma de INTA.

2.3. Materiales y métodos

Los ensayos se realizaron en invernadero con condiciones controladas en la Estación Experimental INTA Reconquista. Se utilizaron macetas de 5 litros con 2200 g de suelo de monte (pH: 6,7, P disp: 165,7 mg Kg⁻¹, Na⁺ 0,6 cmol⁺Kg⁻¹, K⁺: 0,8 cmol⁺Kg⁻¹, Ca²⁺: 27,0 cmol⁺Kg⁻¹, Mg²⁺: 2,2 cmol⁺Kg⁻¹, NH₄: 76,30 mg kg⁻¹, NO₃: 86,1 mg Kg⁻¹) y de 400 g de sustrato comercial (GrowMix Multipro), en el cual se colocó 1 planta por maceta.

2.3.1. Caracterización preliminar de 26 entradas de algodón (*Gossypium hirsutum* L.)

En el estudio se llevó a cabo una caracterización inicial de 26 entradas (Tabla 2.1) de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) del banco de germoplasma utilizando un diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones.

Tabla 2.1: Entradas de *Gossypium hirsutum* L. y su procedencia

Entradas	Procedencia	Entradas	Procedencia
BGSP-00166	Argentina	BGSP-00748	China
BGSP-00177	Argentina	BGSP-00752	China
BGSP-00192	Argentina	BGSP-00755	China
BGSP-00193	Argentina	BGSP-00759	China
BGSP-00194	Argentina	BGSP-00779	China
BGSP-00207	Argentina	BGSP-00067	Costa de Marfil
BGSP-00269	Argentina	BGSP-00028	EEUU
SP 41255	Argentina-Línea avanzada	BGSP-00145	EEUU
SP 6565	Argentina-Línea avanzada	BGSP-00159	EEUU
BGSP-00514	Australia	BGSP-00425	EEUU
BGSP-00072	Camerún	BGSP-00428	EEUU
BGSP-00088	Camerún	BGSP-00715	Pakistán
BGSP-00070	Chad	BGSP-00126	Senegal

Variables medidas

Las variables que se mencionan a continuación fueron registradas en todas las plantas de las 26 entradas: i) Características Morfológicas Cualitativas: Forma de la planta, aspecto de la canopia, tipo de floraciones, forma y pubescencia de la hoja, tipo de bráctea y forma de cápsula. ii) Características Morfológicas Cuantitativas: Altura de planta (AP en cm, medido desde la base del tallo hasta el ápice), Altura a la primera rama reproductiva (A1RR en cm, medido desde la base del tallo hasta la primera rama reproductiva), número de nudos (NN, número de nudos presentes en el tallo), número de ramas vegetativas (NRV) y reproductivas (NRR), nudo de inserción de la primera rama reproductiva (N1RR, nudo donde se inserta la 1ª rama reproductiva en la planta), y distancia de la primera posición al tallo principal (D1P en cm, distancia que existe entre el tallo principal y la primera posición de la primera rama reproductiva de la planta). iii) Rendimiento y sus componentes: Para calcular el rendimiento de las diferentes entradas y sus componentes se efectuaron las siguientes mediciones: Rendimiento bruto de algodón (RB, en g): se recolectó la fibra-semilla de algodón de todas las cápsulas presentes en las plantas. Las muestras obtenidas fueron pesadas en balanzas de precisión y se realizó medición de la humedad de cada una de ellas; Rendimiento de fibra al desmote (RFD, en %): se tomó cada muestra de algodón proveniente de las mediciones de rendimiento bruto, se realizó el desmote en una mini-desmotadora experimental y se pesó en una balanza de precisión la fibra y semillas por separado. El rendimiento de fibra al desmote fue la relación entre el peso de la fibra sobre el peso de la fibra más la semilla; Rendimiento de fibra (RF en g): se multiplicó el rendimiento bruto de algodón por el rendimiento de fibra al desmote obtenido; Nº de cápsulas por planta (NC): se determinará dividiendo el peso total de la muestra recolectada en cada parcela con el peso por cápsula (Wells & Meredith, 1984). iv) Parámetros de calidad tecnológica de fibra de algodón: con el total de las entradas se hizo un pool de muestras de todas las plantas y solo se obtuvo una medición por entrada,

esto es debido a los requisitos de peso mínimo de muestra de fibra del instrumento de medición. Las muestras de fibra de algodón obtenidas se enviaron al laboratorio de HVI (Uster 1000) de la Asociación para la Promoción de la Producción (APPA) en Reconquista, Santa Fe. Los parámetros de calidad tecnológica de fibra registrados fueron: Índice de Hilabilidad (SCI, por sus siglas en inglés), Micronaire (Mic), Índice de madurez (Mac), longitud promedio de la mitad superior (UHML en mm, por sus siglas en inglés), longitud media (ML, por sus siglas en inglés), índice de uniformidad (UI en %, por sus siglas en inglés), índice de fibras cortas (SFI, por sus siglas en inglés), resistencia de fibra (Str en g tex⁻¹), elongación (Elg en %), contenido de humedad de la muestra, color (Rd y +b), grado de color (C.G) y contenido de basura. Debido a los requisitos de peso mínimo de muestra de fibra del instrumento HVI, las muestras se mezclaron cada tres réplicas. v) Fenología: Tiempo en días para alcanzar los estados de primer pimpollo (DPP), primera flor abierta (DPF), cut out (DCO), primera bocha abierta (DPCA) y fin de ciclo (DFC). El estado de cut out se determina cuando el número de nudos por encima de la última flor blanca en el tallo sea menor que 4 (Bourland et al., 1992).

2.3.2. Caracterización de 8 entradas seleccionadas de algodón (*Gossypium hirsutum* L.)

Para una profundización del análisis, se llevaron a cabo experimentos adicionales repetidos en dos momentos con nueve repeticiones en cada momento, utilizando un diseño en bloques completos al azar. Se aumentó la cantidad de réplicas para obtener repeticiones en los parámetros de calidad de fibra y poder analizar estadísticamente las diferencias. Esto fue realizado para encontrar entradas contrastantes en términos de rendimiento y calidad de fibra. En estos experimentos adicionales solo se evaluaron ocho entradas seleccionadas.

Variables medidas

Para los experimentos adicionales en las ocho entradas, se registraron las variables de rendimiento y calidad de fibra mencionados anteriormente sumado las siguientes variables: número de semillas por cápsula (NSC)(Worley et al., 1974), índice de fibra (IF en g, peso de la fibra proveniente de 100 semillas) y el índice de semillas (IS en g, peso de 100 semillas de cada muestra) (Pettigrew et al., 2013).

La medición de las variables fisiológicas se llevaron a cabo en un ensayo en invernadero. Las mediciones se realizaron en seis momentos durante el ciclo de la planta siguiendo lo propuesto por (Luo et al., 2017). Los equipos utilizados para las mediciones propuestas fueron a) Fotosíntesis: LICOR 6400; b) Contenido de clorofila: Minolta SPAD 502; c) Apertura y cierre estomático: LICOR 6400. Para las mediciones de estas variables, se utilizaron las entradas ~~detallar~~ entradas del diseño planteado en “Caracterización morfológica”.

De mapeo (Ajustar al texto) vii) Área foliar: para el cálculo de esta variable, se midieron todas las hojas de las plantas a través de los equipos LICOR 3000 y LICOR 3050; viii) Dinámica de la floración: junto con las mediciones de las características morfológicas mencionadas en los puntos anteriores, se realizaron mapeos de dinámica de floración en todas las plantas seleccionadas para la partición de asimilados. Este procedimiento se realiza registrando en cada una de las posiciones reproductivas que genera la planta, la presencia de un pimpollo, una flor, una bocha verde, una cápsula abierta o un aborto (Kerby & Hake, 1996). Con estos datos se realizó la dinámica de floración de las diferentes entradas y porcentaje de retención final a la que llegan cada una de las plantas seleccionadas para el mapeo;

Por otra parte, se realizaron muestreos destructivos de plantas para la determinación de materia seca y partición de los asimilados. Los cortes se realizaron a los 30, 60, 90 y

120 días (correspondientes a los estados fenológicos 1er pimpollo, 1era flor, 1era bocha abierta y fin de ciclo). En cada uno de estos momentos se seccionaron las plantas en tallo, ramas reproductivas, ramas vegetativas, pimpollos y flores, bochas cerradas, capsulas abiertas, fibra y rebrote de tallo según el momento de muestreo. Todas las muestras de las partes de la planta fueron llevadas a estufa a 65 ° C hasta peso constante (96 horas). El ensayo se realizó en un diseño en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, con los 4 momentos de corte y las entradas incluidas en cada parcela, con cuatro repeticiones. Se utilizaron macetas de 5 litros (con una mezcla de suelo y sustrato comercial), en el cual se colocó 1 planta por maceta.

2.3.3. Análisis estadístico

Para la caracterización de la colección de germoplasma de algodón, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y análisis de correlación de Pearson de todos los rasgos medidos utilizando el software R (R Core Team, 2024). La distribución normal de cada rasgo se confirmó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Las diferencias estadísticas se evaluaron con un nivel de confianza del 95 % ($p \leq 0,05$) según la prueba L.S.D de Fisher, considerando las entradas como efecto fijo, mientras que el experimento y los bloques dentro de cada experimento como efectos aleatorios. A continuación, se realizó un estudio completo de la diversidad genética disponible en ese conjunto de entradas mediante el análisis de componentes principales.

2.4. Resultados

2.4.1. Características cualitativas de las entradas del Banco de Germoplasma de Algodón (*Gossypium hirsutum* L.)

La tabla 2.2 detalla las características de las entradas del banco de germoplasma de algodón evaluadas. En términos de la forma de la planta, el 61,54 % fueron cilíndricas y el

38,46 % fueron cónicas. En cuanto al aspecto de la canopia, se destacaron las categorías “medio” (69,23 %) y “abierta” (23,08 %). Sin embargo, algunas antradas presentaron una canopia “compacta” (7,69 %), como los genotipos BGSP-00166 y BGSP-00194. El tipo de floración varió entre individual (23,08 %), agrupada (7,69 %) o medio agrupada (69,23). Las hojas se presentan principalmente en forma palmada (96,15 %) y plana (96,15 %), con niveles variados de pubescencia (11,54 % para pubescencia escasa y fuerte, y 76,92 % para pubescencia media). Solo la entrada BGSP-00514 presentó forma digitada o también conocida como tipo “Okra”. En todas las entradas, el tipo de bráctea es normal, mientras que la forma de la bocha varió entre cónica (88,46 %), elíptica (7,69 %) y redonda (3,85 %).

Tabla 2.2: Descriptores

Entradas	Característica de planta			Característica de hoja			Bráctea	Cápsula
	Forma	Canopia	Tipo Floración	Forma	Lámina	Pubescencia	Tipo	Forma
BGSP-00028	Cónica	Abierta	Individual	Palmada	Plana	Escasa	Normal	Cónica
BGSP-00067	Cónica	Abierta	Individual	Palmada	Plana	Escasa	Normal	Cónica
BGSP-00070	Cilíndrica	Medio	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica
BGSP-00072	Cilíndrica	Medio	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica
BGSP-00088	Cónica	Medio	Individual	Palmada	Plana	Fuerte	Normal	Cónica
BGSP-00126	Cilíndrica	Medio	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Escasa	Normal	Cónica
BGSP-00145	Cónica	Medio	Individual	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica
BGSP-00159	Cilíndrica	Medio	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica
BGSP-00166	Cilíndrica	Compacta	Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica
BGSP-00177	Cónica	Abierta	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica
BGSP-00192	Cilíndrica	Medio	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica
BGSP-00193	Cilíndrica	Medio	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica
BGSP-00194	Cilíndrica	Compacta	Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica
BGSP-00207	Cónica	Abierta	Individual	Palmada	Plana	Fuerte	Normal	Cónica
BGSP-00269	Cilíndrica	Medio	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica
BGSP-00425	Cilíndrica	Medio	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica
BGSP-00428	Cilíndrica	Medio	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Redonda
BGSP-00514	Cónica	Abierta	Individual	Digitada (Okra)	Plana	Media	Normal	Cónica
BGSP-00715	Cónica	Medio	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Fuerte	Normal	Cónica
BGSP-00748	Cónica	Medio	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Elíptica
BGSP-00752	Cónica	Medio	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica
BGSP-00755	Cilíndrica	Medio	Medio Agrupadas	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica
BGSP-00759	Cilíndrica	Abierta	Medio Agrupada	Palmada	En copa	Media	Normal	Redonda
BGSP-00779	Cilíndrica	Medio	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica
SP 41255	Cilíndrica	Medio	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica
SP 6565	Cilíndrica	Medio	Medio Agrupada	Palmada	Plana	Media	Normal	Cónica

2.4.2. Características morfológicas cuantitativas, componentes del rendimiento y calidad de fibra

La tabla 2.3 muestra los valores medios de las características morfológicas evaluadas de las entradas del banco de germoplasma de algodón (*Gossypium hirsutum*), incluyendo la altura de planta (AP), número de nudos (NN), número de ramas vegetativas (NRV), número de ramas reproductivas (NRR), nudos a la primera rama reproductiva (N1RR), altura a la primera rama reproductiva (A1RR) y distancia de la primera posición al tallo principal (D1P). Los valores de estos parámetros variaron significativamente entre las entradas, con alturas de planta que oscilaron entre 89,0 cm y 126,3 cm, y números de nudos entre 13,0 y 17,0. El número de ramas vegetativas fluctuaron entre 0,3 y 2,7, mientras que el número de ramas reproductivas varió entre 9,7 y 13,3. Los nudos a la primera rama reproductiva estuvieron entre 3,7 a 5,7, y la altura a la primera rama reproductiva varió de 25,0 cm a 40,7 cm. La distancia de la primera posición al tallo principal osciló entre 3,9 cm y 14,3 cm.

La tabla 2.3 también presenta un resumen de las características de rendimiento, calidad de fibra y fenología de las entradas. Los parámetros medidos incluyen rendimiento bruto de algodón (RB), rendimiento de fibra (RF), rendimiento de fibra al desmote (RFD), peso promedio de capullos (PC), número de capullos (NC), longitud promedio de fibra de la mitad superior (UHML), resistencia de las fibras (Str), micronaire (Mic), índice de uniformidad de fibras (IU), días a primer pimpollo (DPP), días a primera flor (DPF), días a cut out (DCO), días a primera cápsula abierta (DPCA) y días a fin de ciclo (DFC). Los valores muestran una amplia variabilidad entre las entradas, con rendimientos brutos de algodón que oscilaron entre 14,3 g planta⁻¹ y 33,5 g planta⁻¹, rendimientos de fibra que varió de 4,6 g planta⁻¹ a 12,3 g planta⁻¹, peso promedio de capullo entre 2,6 g a 4,7 g y número de capullos entre 4,7 a 8,7. La calidad de la fibra se refleja en características como UHML, que varió de 25,1 mm a 33,9 mm, y la resistencia de las fibras, que osciló

entre 21,5 g tex⁻¹ y 37,6 g tex⁻¹. En términos fenológicos, los días a primer pimpollo varió de 22 a 27 días, los días a primera flor de 49 a 55 días, los días a cut out de 73 a 80 días, los días a primera cápsula abierta de 113 a 137 días, y los días a fin de ciclo de 161 a 164 días.

Tabla 2.3: Datos conjuntos...

Entradas	Características morfológicas							Rendimiento y sus componentes					Calidad de fibra				Fenología				
	AP	NN	NRV	NRR	N1RR	A1RR	D1P	RB	RF	RFD	PC	NC	UHML	Str	Mic	IU	DPP	DPF	DCO	DPCA	DFC
BGSP-00028	106,3 (5,5)	13,3 (0,9)	1,0 (0,6)	10,7 (0,7)	3,7 (0,3)	25,3 (0,7)	9,3 (0,7)	24,1 (2,0)	8,7 (0,6)	36,5 (0,7)	4,3 (0,3)	5,7 (0,3)	30,7	34,0	3,1	84,1	25	51	74	118	163
BGSP-00067	102,0 (4,0)	14,7 (0,7)	1,3 (0,3)	11,0 (0,6)	4,7 (0,3)	27,0 (1,7)	11,0 (1,5)	23,3 (3,3)	8,2 (1,0)	36,0 (1,9)	2,8 (0,2)	8,3 (1,2)	26,8	37,0	2,9	80,8	25	54	74	128	163
BGSP-00070	109,3 (0,3)	14,3 (0,3)	1,3 (0,3)	9,7 (0,3)	5,7 (0,7)	40,7 (4,2)	9,7 (1,9)	19,9 (1,3)	7,7 (0,8)	39,6 (0,8)	3,4 (0,3)	6,0 (0,6)	32,5	31,0	3,8	84,6	27	53	76	128	163
BGSP-00072	113,3 (4,3)	17,0 (0,0)	1,3 (0,3)	13,3 (0,3)	4,7 (0,3)	27,3 (3,2)	7,3 (1,8)	26,3 (2,2)	9,8 (0,9)	38,3 (0,6)	3,5 (0,4)	7,7 (0,3)	28,1	28,2	4,3	82,6	25	54	80	130	162
BGSP-00088	104,3 (5,8)	14,3 (0,7)	1,7 (0,3)	10,7 (0,3)	4,7 (0,3)	28,3 (2,7)	14,3 (1,2)	31,0 (3,2)	11,3 (1,1)	37,1 (0,4)	4,4 (0,2)	7,0 (0,6)	31,6	36,5	3,5	86,2	25	54	78	135	163
BGSP-00126	126,3 (3,8)	14,9 (0,2)	1,5 (0,2)	11,3 (0,3)	4,6 (0,1)	37,4 (1,4)	8,9 (0,9)	16,0 (0,6)	6,6 (0,3)	42,9 (0,3)	2,7 (0,2)	6,0 (0,3)	29,9	32,4	2,8	83,5	25	54	79	132	163
BGSP-00145	89,0 (4,5)	14,3 (0,3)	1,0 (0,6)	11,3 (0,3)	4,0 (0,0)	25,7 (0,9)	9,7 (1,8)	16,1 (3,1)	6,1 (1,1)	38,6 (0,7)	3,6 (0,6)	4,7 (0,9)	26,9	26,6	3,5	80,8	25	52	73	121	163
BGSP-00159	104,3 (3,6)	14,3 (0,3)	1,1 (0,2)	11,0 (0,2)	4,3 (0,2)	31,8 (1,9)	11,4 (0,6)	14,3 (0,6)	5,1 (0,2)	36,8 (0,6)	2,7 (0,1)	5,2 (0,2)	30,0	34,4	2,5	82,7	22	49	74	114	161
BGSP-00166	109,0 (3,0)	15,2 (0,2)	0,8 (0,2)	11,8 (0,3)	4,4 (0,2)	30,6 (1,2)	3,9 (0,6)	18,2 (0,5)	5,5 (0,2)	31,1 (0,4)	3,6 (0,1)	5,1 (0,2)	33,9	37,6	2,5	86,1	23	52	74	124	163
BGSP-00177	103,7 (3,3)	14,3 (0,3)	1,7 (0,3)	10,7 (0,3)	4,7 (0,3)	32,7 (3,4)	13,7 (1,7)	24,5 (2,2)	7,9 (0,8)	33,0 (0,4)	4,2 (0,8)	6,0 (0,6)	29,2	30,7	4,2	82,9	26	53	75	127	164
BGSP-00192	101,3 (5,8)	15,0 (0,0)	1,7 (0,3)	11,0 (0,0)	5,0 (0,0)	29,0 (2,1)	11,3 (0,9)	18,7 (3,3)	7,1 (1,1)	37,9 (2,0)	3,3 (0,4)	5,7 (0,3)	28,2	31,9	3,5	83,3	25	54	76	124	162
BGSP-00193	106,7 (5,5)	15,3 (0,3)	2,7 (0,3)	11,3 (0,3)	5,0 (0,0)	30,7 (0,9)	8,0 (1,7)	29,4 (3,9)	10,9 (1,4)	38,1 (1,8)	4,2 (0,6)	7,0 (0,0)	30,2	33,8	3,5	85,5	25	55	78	137	162
BGSP-00194	92,7 (3,2)	14,7 (0,3)	2,3 (0,3)	10,7 (0,3)	5,0 (0,0)	31,3 (0,7)	5,7 (3,2)	24,0 (3,1)	9,6 (1,4)	40,9 (0,8)	3,7 (0,4)	6,7 (0,9)	29,9	32,6	3,7	85,0	25	55	75	118	163
BGSP-00207	105,0 (8,5)	15,3 (0,2)	0,7 (0,2)	12,2 (0,2)	4,2 (0,1)	29,4 (0,8)	10,1 (1,0)	16,2 (0,6)	6,7 (0,2)	43,6 (0,5)	2,8 (0,1)	5,8 (0,2)	28,6	28,4	2,8	83,2	23	52	79	135	164
BGSP-00269	113,0 (3,7)	14,7 (0,2)	1,2 (0,2)	11,2 (0,2)	4,4 (0,1)	34,2 (1,6)	8,3 (0,8)	16,9 (0,5)	7,1 (0,3)	43,7 (0,5)	2,9 (0,2)	6,1 (0,3)	29,2	33,4	3,9	84,1	23	52	75	133	163
BGSP-00425	105,2 (3,3)	13,8 (0,1)	0,9 (0,3)	10,8 (0,1)	4,0 (0,0)	25,5 (0,7)	8,4 (0,9)	15,1 (0,5)	4,6 (0,2)	31,5 (0,3)	2,6 (0,1)	5,8 (0,3)	32,1	32,6	2,3	82,2	25	53	73	130	163
BGSP-00428	105,3 (7,3)	15,3 (0,3)	0,7 (0,3)	12,0 (0,6)	4,3 (0,3)	28,0 (2,9)	8,7 (2,4)	21,4 (3,6)	8,7 (1,4)	40,1 (0,4)	4,3 (0,7)	5,0 (0,6)	25,1	23,1	4,0	80,0	23	49	74	113	163
BGSP-00514	99,0 (8,0)	16,0 (0,0)	2,7 (0,3)	12,3 (0,3)	4,7 (0,3)	25,0 (1,5)	11,7 (1,7)	28,0 (2,8)	11,7 (1,2)	42,3 (0,4)	4,2 (0,2)	6,7 (0,9)	29,0	32,0	2,7	83,6	23	52	76	117	161
BGSP-00715	102,0 (8,5)	14,7 (0,9)	0,3 (0,3)	11,7 (0,9)	4,0 (0,0)	27,3 (2,3)	13,0 (1,2)	24,0 (3,6)	9,8 (1,2)	41,6 (1,2)	3,4 (0,4)	7,0 (0,6)	27,2	31,7	4,0	83,5	24	55	78	134	163
BGSP-00748	105,7 (0,9)	15,0 (0,0)	1,7 (0,3)	12,0 (0,0)	4,0 (0,0)	25,7 (1,2)	12,0 (0,6)	33,5 (1,8)	12,3 (1,0)	39,0 (2,4)	4,4 (0,1)	7,7 (0,3)	26,3	21,5	3,9	80,9	23	52	74	135	164
BGSP-00752	103,3 (5,2)	15,3 (0,3)	2,7 (0,3)	11,3 (0,3)	5,0 (0,0)	29,3 (0,7)	10,3 (0,9)	27,2 (2,1)	11,3 (1,2)	42,1 (1,9)	4,1 (0,1)	6,7 (0,3)	31,8	26,7	3,6	84,1	25	55	79	135	162
BGSP-00755	97,3 (3,3)	13,0 (0,0)	2,7 (0,3)	10,0 (0,0)	4,0 (0,0)	28,7 (0,3)	10,3 (0,7)	26,3 (2,0)	10,0 (0,7)	38,5 (0,8)	4,7 (0,2)	5,7 (0,7)	29,8	31,4	3,3	84,2	25	53	75	124	163
BGSP-00759	108,3 (5,0)	14,0 (0,6)	1,0 (0,6)	10,0 (1,0)	5,0 (0,6)	38,3 (5,5)	9,7 (2,4)	24,6 (3,6)	8,7 (1,5)	38,3 (1,1)	4,7 (0,6)	5,7 (1,5)	27,8	23,9	4,1	82,3	25	54	77	134	163
BGSP-00779	112,3 (1,9)	16,0 (0,0)	1,3 (0,3)	12,3 (0,3)	4,7 (0,3)	30,3 (1,8)	11,7 (0,7)	26,3 (1,5)	10,4 (0,5)	40,5 (0,7)	3,0 (0,1)	8,7 (0,3)	30,2	31,5	2,7	84,4	25	55	76	126	161
SP 41255	122,3 (2,9)	15,2 (0,1)	1,2 (0,2)	11,8 (0,2)	4,4 (0,1)	32,7 (1,1)	11,2 (0,8)	20,7 (0,7)	8,8 (0,4)	44,7 (0,5)	2,8 (0,1)	7,3 (0,3)	30,9	32,3	3,0	84,1	23	52	76	124	162
SP 6565	120,8 (1,9)	15,7 (0,2)	1,3 (0,2)	12,2 (0,2)	4,5 (0,2)	35,8 (1,6)	8,4 (0,6)	17,3 (0,5)	6,9 (0,2)	41,2 (0,3)	2,6 (0,1)	6,8 (0,3)	29,9	33,3	3,0	84,6	25	55	79	131	162
p-valor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L.S.D Fisher	17,96	1	0,99	1,05	0,74	6,29	3,89	4,3	1,76	2,46	0,76	1,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Referencias: AP: Altura de planta en cm; NN: Número de nudos; NRV: Número de ramas vegetativas; NRR: Número de ramas reproductivas; N1RR: Nudos a primer rama reproductiva; A1RR: Altura a primer rama reproductiva en cm; D1P: Distancia de la primera posición al tallo principal en cm. RB: Rendimiento de algodón bruto en g; RF: Rendimiento de fibra en g; RFD: Rendimiento de fibra al desmote en %; PC: Peso promedio de capullos en g; NC: Número de capullos. UHML: Longitud promedio de fibra de la mitad superior en mm; Str: Resistencia de las fibras g tex⁻¹; Mic: Micronaire; IU: Índice de uniformidad de fibras en %. DPP: Días a primer pimpollo; DPF: Días a primera flor; DCO: Días a Cut Out; DPCA: Días a primer cápsula abierta; DFC: días a fin de ciclo.

2.4.3. Entradas seleccionadas para mayor profundización en el análisis de las características de rendimiento, calidad de fibra y procesos fisiológicos que intervienen en la determinación del rendimiento de fibra

Las entradas seleccionadas para una mayor profundización en la evaluación de las características de rendimiento y calidad se muestran en la tabla 2.4. La selección se realizó principalmente mediante los datos mostrados en la tabla 2.3, eligiendo entradas contrastantes en términos de rendimiento y sus componentes (principalmente RFD) y calidad de fibra. Adicionalmente, se seleccionaron algunas entradas que presentaban baja NRV y aspecto de canopia compacta, como es el caso de la entrada BGSP-00166.

Tabla 2.4: Valores medios, error estándar (entre paréntesis) y prueba L.S.D. (diferencia mínima significativa) de Fisher para rendimiento de fibra, sus componentes y calidad.

Entradas	Rendimiento y sus componentes								Calidad de fibra			
	RB	RF	RFD	PC	NC	IS	IF	NSC	UHML	Str	Mic	IU
BGSP-00126	30,5 (6,6)	13,2 (2,9)	43,1 (0,4)	3,6 (0,4)	8,0 (1,0)	8,7 (0,3)	6,2 (0,3)	25,0 (1,6)	29,8 (0,3)	30,4 (1,3)	3,5 (0,4)	83,8 (1,0)
BGSP-00159	26,2 (5,4)	9,5 (1,9)	36,3 (0,8)	4,1 (0,5)	6,2 (0,6)	10,3 (1,0)	5,6 (0,7)	26,8 (0,7)	28,4 (0,9)	33,2 (2,1)	3,7 (0,5)	82,7 (0,5)
BGSP-00166	27,5 (4,3)	8,6 (1,4)	31,2 (0,3)	4,6 (0,4)	5,8 (0,5)	11,5 (0,5)	5,0 (0,4)	28,9 (0,8)	33,2 (0,5)	37,3 (2,0)	3,2 (0,3)	85,8 (0,6)
BGSP-00207	30,2 (6,3)	13,1 (2,7)	43,5 (0,4)	3,6 (0,4)	8,0 (1,0)	8,3 (0,2)	6,2 (0,3)	25,2 (2,0)	28,3 (0,4)	29,2 (0,7)	3,4 (0,3)	83,5 (0,4)
BGSP-00269	29,8 (5,8)	12,9 (2,5)	43,4 (0,4)	3,4 (0,2)	8,6 (1,1)	8,8 (0,4)	6,5 (0,2)	22,8 (1,9)	28,3 (0,5)	31,6 (1,2)	4,3 (0,2)	83,7 (0,3)
BGSP-00425	31,5 (7,4)	11,3 (2,9)	34,2 (1,2)	3,6 (0,4)	8,3 (1,1)	7,9 (0,4)	4,0 (0,6)	30,6 (0,9)	30,4 (1,0)	31,3 (1,6)	3,4 (0,5)	82,2 (0,2)
SP-41255	34,2 (6,1)	15,8 (3,0)	45,8 (0,6)	3,7 (0,5)	9,2 (1,0)	7,7 (0,1)	6,2 (0,3)	26,8 (2,8)	29,8 (0,7)	32,2 (1,2)	3,8 (0,3)	83,6 (0,7)
SP-6565	30,1 (5,8)	12,5 (2,4)	41,4 (1,0)	3,7 (0,6)	8,2 (0,7)	8,9 (0,4)	5,9 (0,2)	25,5 (3,0)	30,1 (0,5)	32,5 (0,9)	3,7 (0,3)	84,9 (0,6)
p-value	0,005	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,014	<0,001	0,017	<0,001	0,003
Fisher's L.S.D	3,68	1,91	1,99	0,57	1,19	1,35	0,75	4,04	1,38	4,03	0,43	1,66

Referencias: RB: Rendimiento de algodón bruto en g; RF: Rendimiento de fibra en g; RFD: Rendimiento de fibra al desmote en %; PC: Peso promedio de capullos en g; NC: Número de capullos; IS: Índice de semillas en g; IF: Índice de fibra en g; NSC: Numero de semillas por capullo. UHML: Longitud promedio de fibra de la mitad superior en mm; Str: Resistencia de las fibras g tex⁻¹; Mic: Micronaire; IU: Índice de uniformidad de fibras en %.

Las entradas de algodón mostraron diferencias significativas en todos los rasgos re-

lacionados con el rendimiento y la calidad de la fibra ($p < 0,05$, Tabla 2.4).

La entrada SP-41255 presentó los valores medios más elevados para RB, RF, RFD y NC, con valores de $34,2 \text{ g planta}^{-1}$, $15,8 \text{ g planta}^{-1}$, $45,8 \%$, y $9,2 \text{ capullos planta}^{-1}$ respectivamente, sin embargo, presentó el valor medio más bajo de IS, con $7,7 \text{ g}$. BGSP-00159 tuvo la media más baja de RB con $26,2 \text{ g planta}^{-1}$. BGSP-00166 tuvo los valores medios más bajos para RF, RFD, MIC y NC con valores de $8,6 \text{ g planta}^{-1}$, $31,1 \%$, $3,2$ y $5,8 \text{ capullos planta}^{-1}$ respectivamente, no obstante, presentó los valores medios más elevados de PC, IS, UHML, Str y IU con valores de $4,6 \text{ g capullo}^{-1}$, $11,5 \text{ g}$, $33,2 \text{ mm}$, $37,3 \text{ g tex}^{-1}$ y $85,8 \%$ respectivamente. BGSP-00269 presentó los valores medios más bajos de PC, NSC y UHML, con valores de $3,4 \text{ g capullo}^{-1}$, $22,8 \text{ semilla capullo}^{-1}$, y $28,3 \text{ mm}$ respectivamente, mientras que tuvo el valor medio más alto para IF y Mic con valores de $6,5 \text{ g}$ y $4,3$. BGSP-00425 tuvo la NSC media mas alta, con un $30,6 \text{ semillas cápsula}^{-1}$ mientras que los valores medios más bajos para IF y IU con valores de $4,0 \text{ g}$ y $82,2 \%$, respectivamente. BGSP-00207 presentó los valores medios más bajos de UHML y Str con valores de $28,3 \text{ mm}$ y $29,2 \text{ g tex}^{-1}$ respectivamente. En particular, las accesiones BGSP-00166 y SP-41255 fueron significativamente diferentes para casi todos los caracteres estudiados excepto para NSC ($p < 0,01$).

Estos resultados indican que existe variación fenotípica entre las accesiones de algodón tanto en términos de rendimiento como de calidad de la fibra.

El primer componente principal explicó el $45,61 \%$ de la varianza de los datos, mientras que el segundo componente principal explicó el $21,97 \%$ (Figura 2.1). Los rasgos más asociados con el primer componente fueron RB, Mic, RF, IF y NC, mientras que UHML, Str, IU, IS, NSC, PC y RFD fueron los más asociados con el segundo componente. Las entradas situadas en el cuadrante superior izquierdo fueron BGSP-00166, BGSP-00159 y BGSP-00425, estando estas entradas asociadas con valores más altos de calidad de fibra (UHML, Str, IU) y tamaño de semilla (IS) y valores más bajos en caracteres relacionados

con el rendimiento como RB, RF, IF, NC, RFD. Las entradas situadas en el cuadrante inferior derecho como SP-41255, BGSP-00269, BGSP-00207 y BGSP-00126, mostraron un comportamiento opuesto a las descritas.

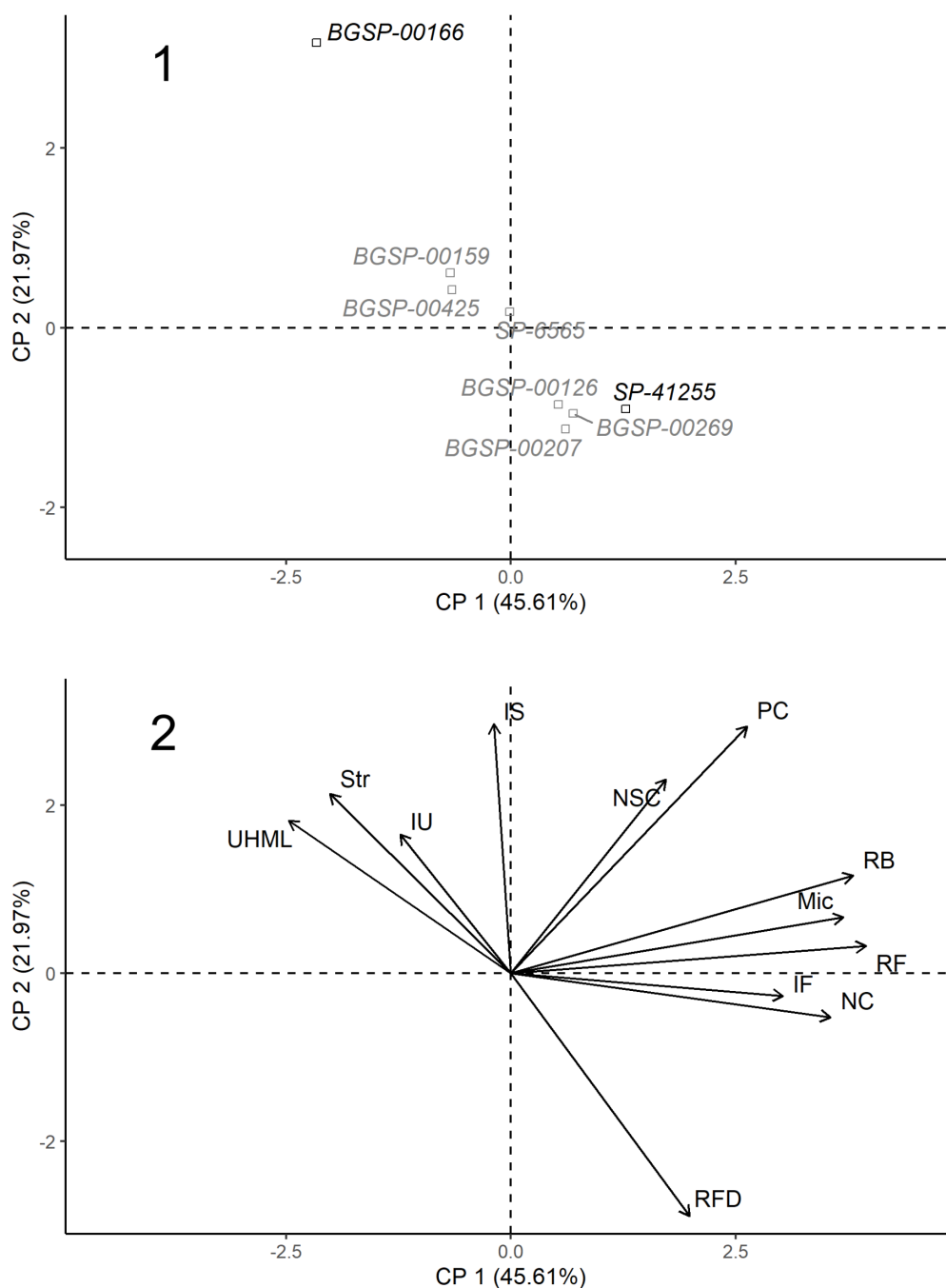


Figura 2.1: Biplot del análisis de componentes principales con puntos que representan las proyecciones de las accesiones (1) y las variables (2) en el espacio definido por las dos primeras dimensiones (Dim) o componentes principales. RB: Rendimiento de algodón bruto en g; RF: Rendimiento de fibra en g; RFD: Rendimiento de fibra al desmote en %; PC: Peso promedio de capullos en g; NC: Número de capullos; IS: Índice de semillas en g; IF: Índice de fibra en g; NSC: Numero de semillas por capullo. UHML: Longitud promedio de fibra de la mitad superior en mm; Str: Resistencia de las fibras g tex^{-1} ; Mic: Micronaire; IU: Índice de uniformidad de fibras en %.

En particular, las entradas BGSP-00166 y SP-41255 presentaron más contraste en cuanto a los rasgos medidos. Estas accesiones mostraron valores diferentes para la mayoría de los rasgos medidos relacionados tanto con el rendimiento como con la calidad de la fibra. Por lo tanto, seleccionamos estas accesiones para realizar un cruce biparental y generar una población segregante para estimar los parámetros genéticos y, a continuación, seleccionar fenotipos prometedores para el rendimiento y los rasgos relacionados con la calidad.

Tabla 2.5: Correlación de Pearson entre los rasgos evaluados en el germoplasma de colección

	RB	RF	RFD	PC	NC	IS	IF	NSC	UHML	Str	Mic
RF	.97***	-									
RFD	.18	.41**	-								
PC	.78***	.66***	-.21	-							
NC	.86***	.91***	.44**	.37**	-						
IS	.09	-.09	-.51***	.54***	-.27	-					
IF	.55***	.63***	.62***	.47***	.47***	.28	-				
NSC	.62***	.54***	-.31*	.72***	.32*	.00	-.09	-			
UHML	-.36*	-.43**	-.49***	-.09	-.44**	.12	-.50***	.09	-		
Str	-.25	-.33*	-.43**	-.01	-.37*	.41**	-.25	-.08	.41**	-	
Mic	.85***	.84***	.32*	.67***	.75***	.19	.73***	.34*	-.52***	-.30*	-
IU	-.07	-.08	-.07	.09	-.14	.29*	.09	-.08	.40**	.50***	-.07

Referencias: *p < 0.05, **p < 0.01 and *** p < 0.001. RB: Rendimiento de algodón bruto en g; RF: Rendimiento de fibra en g; RFD: Rendimiento de fibra al desmote en %; PC: Peso promedio de capullos en g; NC: Número de capullos; IS: Índice de semillas en g; IF: Índice de fibra en g; NSC: Numero de semillas por capullo. UHML: Longitud promedio de fibra de la mitad superior en mm; Str: Resistencia de las fibras g tex⁻¹; Mic: Micronaire; IU: Índice de uniformidad de fibras en %.

Varias correlaciones fenotípicas fueron estadísticamente significativas (Tabla 2.5). Para el análisis, se consideraron correlaciones fuertes los valores superiores a 0,80, moderadas las comprendidas entre 0,40 y 0,80, y bajas las inferiores a 0,40. El RF mostró una fuerte correlación positiva con el NC. También mostró una correlación positiva moderada con PC. La RFD mostró una correlación positiva moderada con el RF y el NC. Sin embargo, mostró una correlación negativa moderada con IS. El UHML mostró correlaciones negativas moderadas con el RF, lo que indica que, a medida que aumenta el rendimiento de

fibra, disminuye la longitud de la misma.

2.5. Discusión

Aquí la discusión del capítulo 1

plant mapping specifically refers to the recording and evaluating of plant structure and the distribution and retention of fruit on plants at a specific time (Kerby et al., 2010)

2.6. Conclusión

Aquí la conclusión del capítulo 1

Capítulo 3

Identificación de QTL de importancia agronómica

Placeholder

3.1. Introducción

3.2. Objetivo

3.3. Materiales y métodos

3.3.1. Análisis estadístico

3.4. Resultados

3.4.1. Generación de variabilidad a partir del cruce biparental BGSP-00166 x SP-41255

3.5. Discusión

3.6. Conclusión

Capítulo 4

Si es necesario un tercer capítulo

Placeholder

4.1. Introducción

4.2. Objetivo

4.3. Materiales y métodos

4.4. Discusión

4.5. Conclusión

Conclusión

Las conclusiones de la tesis aquí..

Apéndice A

Primer Apéndice

Sí es necesario incluir un apéndice, iría aquí..

En capítulo 2:

Descripción aquí..

Apéndice B

Segundo Apéndice

Este sería el segundo apéndice..

Referencias

Placeholder