



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



## MÁSTER INTERUNIVERSITARIO OFICIAL EN MEJORA GENÉTICA VEGETAL

**DESARROLLO Y FENOTIPADO DE DOS  
GENERACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN  
DE LÍNEAS DE INTROGRESIÓN DE *Solanum  
incanum* EN EL FONDO GENÉTICO DE LA  
BERENJENA (*Solanum melongena*).**

Tesis para la obtención del título de Máster presentada por:

**Ignacio Antonio Sotomayor Cantos**

Tutor académico:

**Santiago Vilanova Navarro**

Tutor experimental:

**Pietro Gramazio**

Valencia, Julio del 2016

## DEDICATORIA

Primero a Dios por darme una nueva oportunidad en mi vida y por cuidar de mí y de mi familia.

A mi amada esposa Silvia y a mi muñeca Samantha por su cariño y mucho amor, y porque han sido el pilar fundamental para la culminación del Máster.

A mis adorados padres Ignacio y Rita por brindarme siempre su inmenso amor, consejos y ayuda, a pesar de mis errores.

A mi ñaña Karina por su apoyo y cariño de siempre, y por darme dos razones más por quienes esforzarme mis ñañitos Fercho y Javiera Fernanda.

A mis suegros por estar siempre apoyándonos a la distancia, y dándonos fuerzas y cariño en todo momento.

A mi tía Nelly y a Manolo por estar siempre pendientes de nosotros, por darnos tanto cariño y amor; y por ser como nuestros padres en España.

A la memoria de mis abuelitos que sé que estuvieron conmigo en cada momento y en cada paso que di a lo largo de este camino, hasta alcanzar mi meta.

A la familia en general tanto mía como de mi esposa, que de uno u otro modo nos brindaron su apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Dejo constancia de un especial y sincero agradecimiento a las personas e instituciones:

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP-Ecuador) en la persona de su Director General el Dr. Juan Manuel Domínguez por otorgarme la beca para realizar mis estudios de posgrado.

Al Ing. Carlos Molina Hidrovo Director de las Estación Experimental Tropical Pichilingue por brindarme su apoyo para realizar mis estudios.

A la Universidad Politécnica de Valencia y en especial al Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV) en la persona de su director el Dr. Jaime Prohens y su gestora María José Pérez quienes desde un principio y hasta el último momento me ofrecieron toda la ayuda necesaria para cumplir este objetivo, por el cual siempre les voy a estar agradecido.

Un agradecimiento especial a Santi Vilanova mi tutor académico por brindarme su ayuda y transmitirme sus conocimientos y experiencia para el desarrollo de este trabajo, y a mi amigo y tutor experimental Pietro Gramazio por sus buenos consejos y gran aporte no solo para la elaboración de este TFM sino por toda la ayuda desinteresada, apoyo y enseñanza. Gracias por todo Pietro!!.

A los miembros del grupo de “Mejora Genética de la Berenjena”, a Mariola por su buena amistad y apoyo de siempre. A Isabel, Cristina, Javi, Francesco, Brice y Prashant por todos los momentos compartidos en el laboratorio e invernadero. Les estoy muy agradecido.

A todos mis profesores del Máster que de una u otra manera colaboraron en mi formación durante mi estancia como estudiante. A mis compañeros por los momentos vividos, en especial a Dionís, Torrent, Miquel y Miguel. A mi amigo Rubén y a mi compañero de lucha constante y de fútbol mi gran amigo Alex.

**Gracias a todos...!!!!**

# ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.- Importancia económica del cultivo de berenjena.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.- Taxonomía y botánica.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Composición de la berenjena. ....</b>	<b>6</b>
<b>1.4. Origen, domesticación y difusión.....</b>	<b>7</b>
<b>1.5. Función nutracéutica y polifenoles de la berenjena. ....</b>	<b>9</b>
<b>1.6. Oxidación de los polifenoles y pardeamiento.....</b>	<b>11</b>
<b>1.7. Diversidad y erosión genética de la berenjena.....</b>	<b>12</b>
<b>1.8. Uso de especies silvestres en el aumento de la base genética de la berenjena     cultivada.....</b>	<b>13</b>
<b>1.9. Desarrollo de líneas de introgresión. ....</b>	<b>13</b>
<b>1.10. Caracterización convencional y fenómica del fruto de la berenjena. ....</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS:.....</b>	<b>18</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1. Material vegetal.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2. Manejo del cultivo. ....</b>	<b>22</b>
<b>3.2.1. Germinación y cultivo de plantas.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3. Autofecundaciones de líneas.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4. Caracterización morfológica. ....</b>	<b>23</b>
<b>3.5. Metodología para evaluación del contenido en ácido clorogénico (CGA).....</b>	<b>26</b>
<b>3.5.1. Extracción metanólica de ácido clorogénico.....</b>	<b>26</b>
<b>3.5.2. Determinación del contenido en ácido clorogénico. ....</b>	<b>26</b>
<b>3.6. Análisis de resultados.....</b>	<b>27</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1. Fenotipado de las MILs.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.1. Forma del fruto.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.2. Color del fruto. ....</b>	<b>29</b>
<b>4.1.3. Presencia de espinas en el cáliz.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.4. Peso del fruto (g).....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.5. Color y número de pétalos de las flores. ....</b>	<b>32</b>
<b>4.1.6. Tamaño de flor. ....</b>	<b>33</b>

4.1.7. Contenido en ácido clorogénico (CGA).....	34
4.2. Análisis de caracteres cuantitativos de la forma del fruto.....	36
4.3. Análisis multivariante.....	37
4.4. Correlaciones entre caracteres fenotípicos. ....	40
5. CONCLUSIONES: .....	42
6. ANEXOS .....	44
7. BIBLIOGRAFÍA:.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Porcentajes de producción en el mercado mundial de hortalizas. ....	1
<b>Figura 2.</b> Incremento de la producción de berenjena a nivel mundial en millones de toneladas. 2	2
<b>Figura 3.</b> Progreso del rendimiento de la berenjena a nivel mundial en hg/ha. ....	2
<b>Figura 4.</b> Producción de berenjena en las comunidades autónomas en España. ....	4
<b>Figura 5.</b> Planta, frutos y flor de berenjena. ....	5
<b>Figura 6.</b> Diversidad de colores y formas del fruto de la berenjena (Knapp et al. 2013).....	5
<b>Figura 7.</b> Pintura de <i>Solanum melongena</i> de luchanyan bencao (1220ad) (wang et al. 2008) y berenjenas cultivadas en un campo japonés (pintura de principios del siglo xviii) (Daunay & Janick 2007). ....	8
<b>Figura 8.</b> Primera ilustración europea de berenjena en herbario italiano de Herbis en 1330 ad y miniatura de plantas adultas con frutos en manuscrito theatrum sanitatis en 1380 ad (Daunay & Janick 2007). ....	9
<b>Figura 9.</b> Dos rodajas de un mismo fruto de berenjena, recién efectuado el corte (izquierda) y pasados 10 minutos después de efectuado el corte (derecha).....	12
<b>Figura 10.</b> Representación esquemática del genoma de una colección de IILs. Cada barra representa un cromosoma. Cada par de cromosomas homólogos representa una planta. Las regiones en diferente color definen los fragmentos heredados por cada planta (Pérez de Castro 2013). ....	14
<b>Figura 11.</b> Frutos de parentales ( $P_1$ y $P_2$ ), híbrido ( $F_1$ ) y de la primera generación de retrocruzamiento ( $BC_1$ ). ....	19
<b>Figura 12.</b> Proceso de cinco generaciones de retrocruzamientos (BC) y dos de autofecundaciones (S) para la obtención de las MIILs. ....	20
<b>Figura 13.</b> A la izquierda una flor en estado adecuado para realizar la autofecundación (antes de la antesis). A la derecha un fruto etiquetado y rotulado proveniente de autofecundación forzada.....	23
<b>Figura 14.</b> Frutos analizados mediante el software tomato analyzer versión 3.0.....	25
<b>Figura 15.</b> Formas de fruto que presentaron las MIILs. A la izquierda forma pera, en el centro forma globular y a la derecha forma amelonada o ahuevado.....	29
<b>Figura 16.</b> Escala de tonalidades de colores que presentaron las MIILs. De izquierda a derecha: verde claro, verde, verde oscuro, morado claro y morado. ....	30
<b>Figura 17.</b> Frutos con presencia de muchas, pocas y sin espinas en el cáliz.....	31
<b>Figura 18.</b> Diferencias de tamaño y peso de 6 frutos de la colección de MIILs. ....	32

<b>Figura 19.</b> Las tres tonalidades de color de flores que presentaron las MIILs. De izquierda a derecha: blanco, violeta claro y muy violeta.....	33
<b>Figura 20.</b> Tamaños de flores observadas en las MIILs. Grande (izq.), mediana (centro) y pequeña (der.).....	34
<b>Figura 21.</b> Representación de resultados obtenidos de la determinación del contenido en CGA por cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), de muestras de las 4 MIILs que presentaron los contenidos más altos de CGA. La absorbancia de la midió a 325nm. ....	35
<b>Figura 22.</b> El primer (eje x) y segundo (eje y) componente principal (32,75 y 24,40% de la variación total, respectivamente). Diagrama de dispersión del peso en los componentes de los caracteres evaluados en la colección de MIILs. ....	38
<b>Figura 23.</b> El primer (eje x) y segundo (eje y) componente principal (32,76 y 24,25% de la variación total, respectivamente). Diagrama de dispersión de las MIILs basado en 28 caracteres (7 convencionales, 1 contenido en ácido clorogénico y 20 obtenidos del software tomato analyzer).....	39
<b>Figura 24.</b> Diagrama de dispersión de las MIILs basado en 28 caracteres (7 convencionales, 1 contenido en ácido clorogénico y 20 obtenidos del software tomato analyzer), sin tomar en cuenta a las líneas seleccionadas para el cromosoma 6.....	40

## **INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Producción de berenjena de los principales países productores a nivel mundial. ....	3
<b>Tabla 2.</b> Composición de la berenjena en 100g de fruto. ....	6
<b>Tabla 3.</b> Listado de líneas caracterizadas en el presente trabajo y número de cromosoma (intr. /cr.) Donde se encuentra la introgresión de <i>S. incanum</i> . ....	21
<b>Tabla 4.</b> Listado de descriptores morfométricos obtenidos del software tomato analyzer.....	25

## RESUMEN:

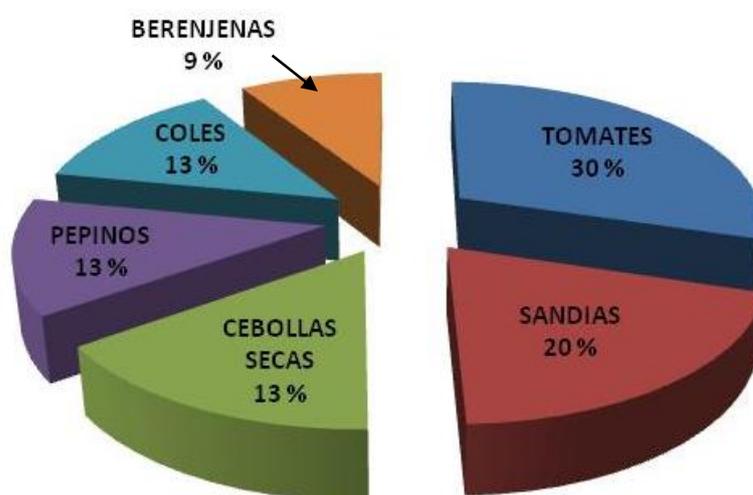
La berenjena es un cultivo con una estrecha base genética. Esto puede ser debido a que la domesticación de la berenjena se realizó a partir de un acervo genético limitado, lo cual pudo originar un cuello de botella, que contribuiría a que las variedades de berenjena cultivada presenten una baja diversidad genética. Contrariamente a otros cultivos importantes como el tomate, el uso de especies silvestres en la mejora de berenjena ha sido muy limitada. En la actualidad se está desarrollando una colección de líneas de introgresión (MIILs) de *S. incanum* en el fondo genético de *S. melongena* que junto con la selección asistida por marcadores (MAS) permitirán dilucidar el control genético e identificar QTLs de caracteres tan importantes como la forma, tamaño y color del fruto, el contenido de antocianinas y polifenoles de la carne, la espinosidad, resistencias y tolerancias a estreses bióticos y abióticos, etc. Para el desarrollo de esta colección es necesario realizar varios ciclos de retrocruzamientos (BC) así como autofecundaciones (S) para al final del proceso poder fijar las líneas. Por otra parte, en estas generaciones también es conveniente fenotipar las plantas de manera que podamos estimar la variabilidad en los caracteres de las familias que se van obteniendo. Lo cual ayudará a decidir que caracteres son más interesantes al finalizar las líneas. La caracterización fenotípica y fenómica realizada en el presente trabajo mostró una considerable variabilidad en los caracteres evaluados entre las MIILs, lo cual ofrece valiosas oportunidades para la selección en programas de mejora, ya que permitirá seleccionar aquellas que sean representativas de acuerdo a cada carácter de interés y las posibilidad de cruzarlas entre sí para aumentar o mejorar dichos caracteres, y posteriormente evaluar su comportamiento en diferentes ambientes. La caracterización detallada de la forma del fruto utilizando el software Tomato Analyzer proporcionó datos cuantitativos sobre muchos caracteres que no se obtienen utilizando descriptores morfológicos medidos manualmente. Otro de los objetivos importantes en el desarrollo de la colección de MIILs es estudiar el control genético de acumulación de polifenoles, en particular del ácido clorogénico. Los resultados del presente trabajo mostraron que las MIILs presentaron contenidos en ácido clorogénico muy diferentes entre ellas y algunas superaron claramente los contenidos de los parentales, en particular a de *S. melongena*. Por lo cual, dichas líneas se podrían cruzar entre ellas de forma que se pueden obtener materiales con un contenido mejorado en dicho carácter de interés nutracéutico.

# **1. INTRODUCCIÓN**

## 1. INTRODUCCIÓN.

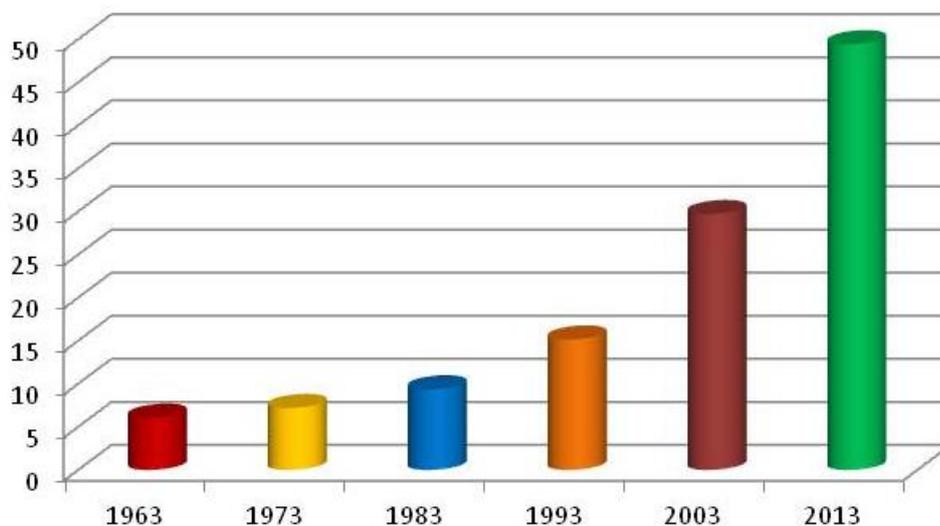
### 1.1.- Importancia económica del cultivo de berenjena.

La berenjena común (*Solanum melongena* L.), conocida como ‘eggplant’ en Estados Unidos, como ‘aubergine’ en Francia e Inglaterra, como ‘melanzana’ en Italia y ‘brinjal’ en la India es una hortaliza muy importante en los trópicos y subtrópicos y es uno de los cultivos que se consideran de mayor relevancia para la seguridad alimentaria (Fowler et al. 2013). A nivel mundial la berenjena es el sexto cultivo hortícola por volumen de producción (FAOSTAT 2014) (Fig. 1).

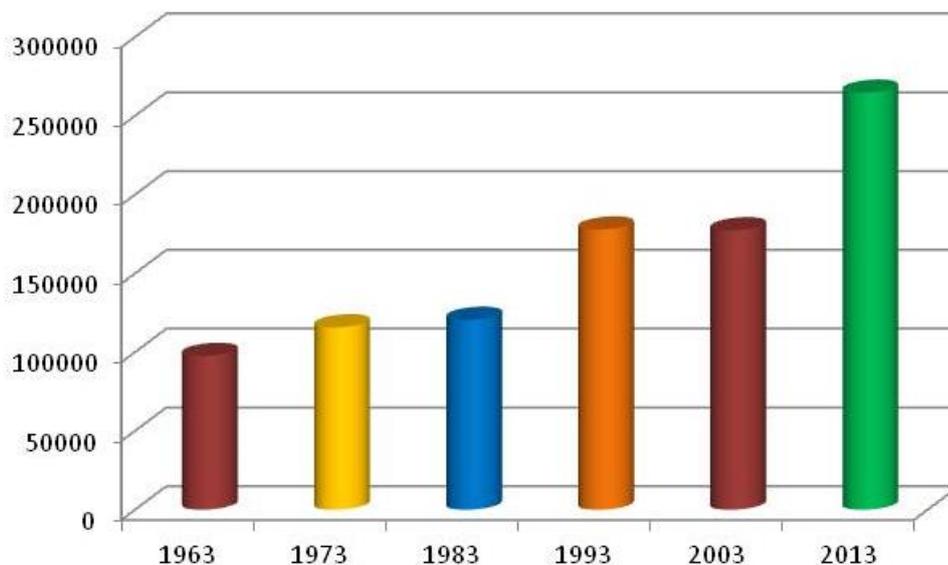


**Figura 1.** Porcentajes de producción en el mercado mundial de hortalizas.

La producción mundial de berenjena ha aumentado sensiblemente en los últimos cincuenta años, pasando de 6,05 millones de toneladas en 1963 a 49,4 de toneladas en el 2013 (Fig. 2). Asimismo, el rendimiento se ha triplicado pasando de 97.529 Hg/ha. en 1963 a 264.807 en el 2013 (FAOSTAT 2013) (Fig. 3).



**Figura 2.** Incremento de la producción de berenjena a nivel mundial en millones de toneladas.



**Figura 3.** Progreso del rendimiento de la berenjena a nivel mundial en Hg/ha.

Como se puede apreciar a continuación (Tabla 1), el 82,4 % del total de la producción se realiza en el continente asiático siendo sólo el 3% lo que se produce en Europa, principalmente en Italia y España. Este último es el mayor exportador a nivel mundial, destinando el 64% de su producción para la exportación fundamentalmente a la Unión Europea. España ha aumentado sus exportaciones un 15% en la campaña 2013/2014,

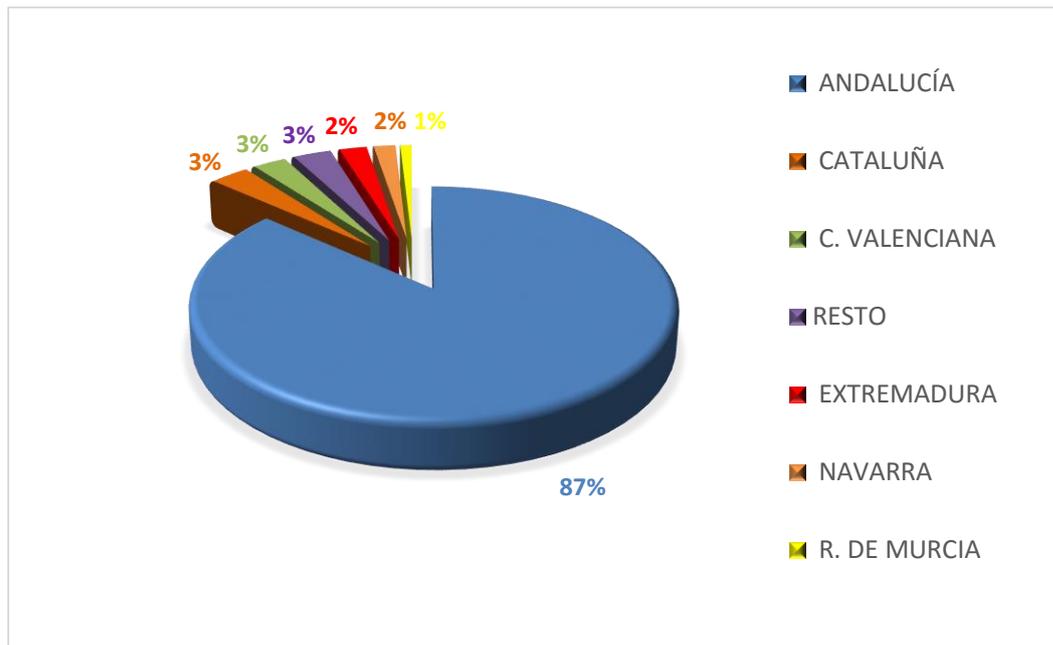
según los datos procedentes del servicio estadístico Estacom (ESTACOM 2015) (Icex-Agencia Tributaria).

<b>País</b>	<b>Producción (ton./ha)</b>	<b>Rendimiento (Hg/ha)</b>	<b>Área cultivada (has.)</b>
<b>China</b>	28.433.500	361.376	1.200.000
<b>India</b>	13.444.000	186.204	700.000
<b>Irán</b>	1.354.185	318.946	39.500
<b>Egipto</b>	1.194.115	278.549	45.251
<b>Turquía</b>	826.941	310.915	30.000
<b>Italia</b>	220.153	214.699	12.059
<b>España</b>	206.300	557.567	4.250

**Tabla 1.** Producción de berenjena de los principales países productores a nivel mundial.

A nivel nacional es uno de los cultivos hortícolas más importantes, con una producción en el año 2013 de 206.300 t y un valor económico de 126.461.000 €. Una gran parte de la producción tiene lugar en condiciones de cultivo intensivo en invernadero, concentrándose un 70% de la producción en Almería (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2014). Se trata de un cultivo en auge, con un importante incremento en la producción en los últimos años.

Con respecto a las Comunidades Autónomas, lideran la producción Andalucía, Cataluña y la Comunidad Valenciana (Fig. 4).



**Figura 4.** Producción de berenjena en las Comunidades Autónomas en España.

## 1.2.- Taxonomía y botánica.

Dentro de las angiospermas, la berenjena (*Solanum melongena*) tiene la siguiente clasificación taxonómica:

**Clase:** *Magnoliopsida*

**Superorden:** *Solananae*

**Orden:** *Solanales*

**Familia:** *Solanaceae*

**Subfamilia:** *Solanoideae*

**Tribu:** *Solaneae*

**Género:** *Solanum*

**Subgénero:** *Leptostemonum*

**Sección:** *Melongena*

**Serie:** *Incaniformia*

**Especie:** *Solanum melongena* L.

Se trata de una especie diploide, con un número cromosómico de  $2n=24$  y un tamaño de genoma de aproximadamente 956 Mbp (Hirakawa et al. 2014). Es una planta

herbácea anual que en climas favorables puede rebrotar y mantenerse en cultivo más de un año. Posee un sistema radical fuerte y un tallo semileñoso, con hojas enteras y grandes (Illescas & Vesperinas 1989; González-Lavaut & Oca-Rojas 2007; Brand-Daunay & Hazra 2012).

Las flores son hermafroditas y se presentan solitarias o en pequeños racimos, de color blanco o violáceo según la variedad. Tanto en el tallo, hojas y cáliz es frecuente la presencia de espinas, antocianos y tricomas (Knapp et al. 2013) (Fig. 5).



**Figura 5.** Planta, frutos y flor de berenjena.

El fruto es una baya sencilla y puede presentar multitudes de formas, tamaños y colores (Fig. 6). (Quagliotti 1979; González-Lavaut & Oca-Rojas 2007; Daunay 2008; Muñoz-Falcón & Prohens 2009; Knapp et al. 2013).



**Figura 6.** Diversidad de colores y formas del fruto de la berenjena (Knapp et al. 2013).

### 1.3. Composición de la berenjena.

La berenjena es una hortaliza con un elevado contenido en agua, y por lo tanto, bajo contenido en calorías. Contiene cantidades apreciables de vitamina A, ácido ascórbico, niacina, riboflavina y tiamina, además de algunos minerales como calcio, fósforo, hierro, sodio, potasio y magnesio (Savvas & Lenz 1996; Knott et al. 1957) (Tabla 2).

Composición ( por cada 100 g)

		Aminoácidos (mg/100 g)		Minerales (ppm)	
Humedad (g)	93,6	Lisina	0,769	Aluminio	123
Energía (kcal)	26	Histidina	0,475	Calcio	1450,1
Proteína (g)	1,1	Arginina	1,206	Cloro	2060
Grasas (g)	0,1	Ac. Aspártico	3,274	Cobre	21,8
Carbohidratos (g)	6,3	Treonina	0,776	Hierro	164
Fibra (g)	1	Serina	0,815	Potasio	17390
		Ac. glutámico	3,582	Magnesio	1690
<b>Vitaminas (por cada 100 g)</b>		Prolina	0,784	Manganeso	11,7
Vitamina A (IU)	70	Glicina	0,776	Sodio	306
Tiamina (mg)	0,09	Alanina	0,995	Azufre	3800
Riboflavina (mg)	0,02	Valina	1,212	Selenio	2
Niacina (mg)	0,6	Isoleucina	0,722	Vanadio	1
Ácido ascórbico (mg)	1,6	Leucina	1,266	Zinc	6,1
Vitamina B <sub>1</sub> (mg)	0,04	Tirosina	0,419		
Vitamina B <sub>2</sub> (mg)	0,05				
Vitamina B <sub>6</sub> (mg)	0,09				
Ácido nicotínico (mg)	0,09				

Tabla 2. Composición de la berenjena en 100g de fruto.

#### 1.4. Origen, domesticación y difusión.

A diferencia de la mayoría de las especies del género *Solanum*, la berenjena no procede del continente americano (Daunay et al. 2001), las especies silvestres relacionadas con ella se encuentran distribuidas por África y el sudeste asiático (Meyer et al. 2012; Knapp et al. 2013).

*S. melongena* fue identificada por Vavilov, el cual postuló que tanto la India como la China podrían haber sido su centros de domesticación (Vavilov 1951). Lester y Hasan sugirieron que la berenjena común fue domesticada a partir de *S. incanum* (Lester & Hasan 1991), especie que se encuentra distribuida entre África Oriental y Oriente Medio (Knapp et al. 2013). Estos autores postularon que en el Neolítico, o incluso en el Paleolítico, *S. incanum* siguió al ser humano en sus desplazamientos desde el Oriente Medio hasta la India como adventicia. Según la hipótesis de estos autores, en la región indo-birmana, bajo la selección natural y artificial, estas plantas habrían evolucionado. La selección tanto en la India como en otras regiones habría producido los cultivares modernos y formas adventicias espinosas.

Las primeras referencias escritas aparecen mencionadas en textos sánscritos fechados varios siglos antes de Cristo, a la cual se referían como “kantapatrika” por su carácter espinoso o “nidralu” por las propiedades narcóticas (Nadkarni 1927). Además se representaron con diversidad de morfologías, lo cual sugiere la presencia de formas cultivadas en esta región desde hace mucho tiempo y que probablemente se trataba de una planta ampliamente conocida y utilizada (Khan 1979). Posteriormente el cultivo fue acogido en China (Wang et al. 2008) y luego en Japón, donde se tiene constancia de variedades locales de la época Edo (1615-1867), algunas de las cuales todavía se cultivan a pequeña escala (Fig. 7).



**Figura 7.** Pintura de *Solanum melongena* de Luchanyan Bencao (1220AD) (Wang et al. 2008) y berenjenas cultivadas en un campo japonés (pintura de principios del siglo XVIII) (Daunay & Janick 2007).

Por otro lado la berenjena habría emigrado desde la zona indo-birmana hacia el Mediterráneo a través de la ruta de la seda, en épocas relativamente recientes y posteriormente los árabes habrían contribuido a su difusión hacia Occidente hasta llegar a la península ibérica y de allí a otros países de Europa (Nuez et al. 2002). En Italia sus primeras referencias son de finales del siglo XVI mientras en Francia las primeras citas de su cultivo son de siglo XVII en la región de Provenza (Daunay 1996) (Fig. 8). En sus inicios en el Viejo Mundo tuvo mala fama, por el desconocimiento de cómo tratar culinariamente al fruto, de hecho era conocida como Mala Insana (manzana insana en latín) y por eso durante los primeros siglos después de su llegada a Europa fue utilizada como planta ornamental y medicinal para sanar inflamaciones cutáneas y quemaduras (Daunay 1996). Finalmente, la introducción en América la realizaron los españoles. Entre otros cronistas, el padre Bernabé Cobo la muestra como una hortaliza habitual en el reino de Perú (Cobo B. 1964).

Trabajos recientes, obtenidos a partir de estudios de variabilidad morfológica y molecular, avalan la hipótesis de un doble centro de domesticación, según los cuales la zona indo-birmana representaría un centro primario mientras que China sería un centro secundario (Brand-Daunay & Hazra 2012; Meyer et al. 2012). Además especulan que *S. incanum* no sería el ancestro de la berenjena común sino que se habría domesticado a partir de la especie silvestre *S. insanum* L., la cual presenta muchas similitudes

morfológicas, hábito de crecimiento y siendo posible la obtención de híbridos completamente fértiles y con meiosis regular con la berenjena (Knapp et al. 2013).



**Figura 8.** Primera ilustración europea de berenjena en herbario italiano *DE Herbis* en 1330 AD y miniatura de plantas adultas con frutos en manuscrito *Theatrum sanitatis* en 1380 AD (Daunay & Janick 2007).

### **1.5. Función nutracéutica y polifenoles de la berenjena.**

El termino nutracéutico fue acuñado por el doctor Stephen DeFelice en 1989 a partir de las palabras “Nutrición” y “Farmacéutico” y puede ser definido como un alimento, o una parte de él, que proporciona beneficios médicos o de salud, incluyendo la prevención y/o tratamiento de una enfermedad (Kalra 2003). Según esta definición los productos nutracéuticos, además de ser funcionales, proporcionando al cuerpo la cantidad requerida de vitaminas, grasas, proteínas, etc., son necesarios para una vida saludable y actúan de forma activa en la prevención y tratamientos de enfermedades.

Desde el año 2003, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), se unieron para promover un mayor consumo de frutas y verduras, con el objetivo de beneficiar a los consumidores de sus efectos positivos sobre la salud. Existen evidencias claras de que el consumo mínimo de cinco raciones diarias de fruta y verdura contribuye a disminuir el riesgo de padecer enfermedades crónicas, como el cáncer y enfermedades cardiovasculares (Yang et al. 2004; Reiss et al. 2012).

Los fitoquímicos son metabolitos secundarios que se encuentran en las plantas. Existen cuatro tipos principales de fitoquímicos: los carotenoides, los flavonoides, los fenoles y los terpenos. Muchos de estos metabolitos se consideran antioxidantes por su capacidad de evitar o retardar la oxidación de otras moléculas. A través de distintos mecanismos, como son la quelación metálica, la donación de hidrogeno de los grupos fenólicos y la oxidación a un radical no propagador. Su implicación en la salud humana, está condicionada al metabolismo y a la capacidad de absorción de cada individuo (Calatayud et al. 2005). Actualmente entre los objetivos de mejora de la calidad nutracéutica en hortalizas se impone el de incrementar el contenido en fitoquímicos, como el ácido ascórbico (vitamina C) o los polifenoles.

El **ácido ascórbico** es un potente antioxidante. Existen diferencias significativas entre accesiones de berenjena en el contenido de vitamina C, pero los contenidos relativamente bajos de ácido ascórbico en los frutos de berenjena y el hecho de que se consumen cocinados limitan su interés como antioxidantes (Hanson et al. 2006; Prohens & Rodríguez-Burruezo 2007).

Los **polifenoles**, sin embargo, están adquiriendo un interés creciente por sus múltiples efectos beneficiosos, habiéndose demostrado que muchos de ellos tienen un poder antioxidante similar al de la vitamina C (Stommel & Whitaker 2003; Kinsella et al. 1993; Singh et al. 2009; Jung et al. 2011). Además, al contrario que la vitamina C, los polifenoles tienen una gran estabilidad térmica, por lo que la degradación de los mismos es mínima incluso después de ser sometidos a altas temperaturas (Friedman & Dao 1990; Dao & Friedman 1992). La berenjena presenta compuestos fenólicos tanto en la piel como en la carne del fruto. Los compuestos fenólicos de la piel son principalmente antocianinas (fenoles del grupo de los flavonoides), las cuales le confieren el color morado o negro al fruto, aunque representan una fracción mínima de los polifenoles totales. En la carne los polifenoles más abundantes son los fenilpropanoides, sobretudo los derivados del ácido hidroxicinámico, los cuales son producidos por conversión del aminoácido fenilalanina a ácido cinámico (Macheix & Fleuriet 1990; Stommel & Whitaker 2003; Singh et al. 2009).

El ácido clorogénico (5-O-caffeoyl-quinic ácido y sus isómeros; CGA) es el conjugado dominante en la berenjena, constituyendo entre un 70% y un 95% del contenido total en polifenoles (Stommel & Whitaker 2003; Prohens & Rodríguez-Burruezo 2007). Presenta múltiples propiedades beneficiosas para la salud humana, como

las de ser antioxidante, antiinflamatorio (Santos et al. 2006; Yun et al. 2012), cardioprotector (Kwon et al. 2008; Akanitapichat et al. 2010; Das et al. 2011), anticarcinogénico (Burgos-Morón & Calderón-Montaña 2012), antiobesidad (Cho et al. 2010), y antidiabético (Coman et al. 2012). Esto hace que los programas modernos de mejora de este cultivo tengan como uno de sus objetivos la obtención de variedades con alto contenido en polifenoles.

Hay una gran diversidad en el contenido de polifenoles en berenjena, el cual está influenciado por la etapa de desarrollo, las condiciones de almacenamiento y los factores ambientales. Algunos parientes silvestres, como *S. incanum*, presentan elevados contenidos en CGA de hasta cinco veces mayores a las variedades modernas (Stommel & Whitaker 2003; Jung et al. 2011; Prohens et al. 2013; Plazas et al. 2014).

### **1.6. Oxidación de los polifenoles y pardeamiento.**

Una elevada concentración de ácidos fenólicos no solo tiene aspectos positivos. Durante el procesado del fruto, la destrucción de los compartimentos celulares permite el contacto entre los polifenoles, que se encuentra en las vacuolas, con las enzimas polifenol oxidasas (PPOs), que se encuentran localizadas en los cloroplastos, produciéndose la oxidación de los primeros y dando como productos finales compuestos de color pardo que reducen la calidad aparente del fruto (Fig. 9) (Mishra et al. 2013; Plazas et al. 2013).

Por este motivo, las actuales variedades modernas y comerciales suelen presentar una menor concentración de polifenoles, debido a que la selección de materiales con bajo pardeamiento resultara a su vez en una selección indirecta por variedades con un menor contenido en polifenoles (Prohens & Rodríguez-Burruezo 2007). Sin embargo, existe una amplia variación en la actividad polifenol oxidasa entre materiales de berenjena (Doğan et al. 2002), lo cual permitiría la selección simultánea de genotipos que presenten una baja actividad polifenol oxidasa y un alto contenido en polifenoles resultando así en variedades con mayor actividad antioxidante y bajo pardeamiento.

A este respecto, se han descrito y mapeado, en un mapa genético interespecífico entre *S. melongena* y *S. incanum*, cinco PPOs en berenjena, las cuales se encuentran en un cluster en el grupo de ligamiento 8 (Gramazio et al. 2014).



**Figura 9.** Dos rodajas de un mismo fruto de berenjena, recién efectuado el corte (izquierda) y pasados 10 minutos después de efectuado el corte (derecha).

### **1.7. Diversidad y erosión genética de la berenjena.**

La berenjena es un cultivo con una estrecha base genética (Prohens et al. 2005). Esto puede ser debido a que la domesticación de la berenjena se realizó a partir de un acervo genético limitado, lo cual pudo originar un cuello de botella, que contribuiría a que las variedades de berenjena cultivada presenten una baja diversidad genética (Isshiki et al. 1994; Karihaloo & Gottlieb 1995; Vorontsova et al. 2013). El disponer de recursos genéticos con una amplia diversidad, adecuadamente regenerados, conservados, caracterizados y documentados es esencial para la mejora genética de un cultivo.

Bioversity International incluyó ya en 1977 a la berenjena en la lista de especies prioritarias cuyos recursos genéticos estaban sufriendo erosión genética (Grubben et al. 1977). En las últimas décadas, en la mayoría de los cultivos domesticados se están haciendo grandes esfuerzos para ampliar la diversidad genética en las variedades modernas con la inclusión de variedades locales u obsoletas y de especies silvestres relacionadas en los programas de mejora (Hurtado 2016). El aumento de variabilidad genética generada, será mayor cuanto más alejados genéticamente se encuentren los materiales.

### **1.8. Uso de especies silvestres en el aumento de la base genética de la berenjena cultivada.**

Usando diferentes técnicas biotecnológicas, que permiten superar las barreras pre y postcigóticas, se pueden obtener híbridos con un amplio número de especies silvestres del germoplasma primario, secundario y terciario (Daunay & Hazra 2012). Estas especies son genéticamente muy variables y pueden representar fuentes de variación de interés para la mejora de la berenjena (Weese & Bohs 2010; Brand-Daunay & Hazra 2012; Vorontsova et al. 2013; Mutegi et al. 2015). Además, estas especies se encuentran en un amplio rango de condiciones ambientales, por lo que son de interés para caracteres relacionados con adaptación al cambio climático, que es un problema actual de gran preocupación (Daunay & Hazra 2012; Dempewolf et al. 2014). Sin embargo, contrariamente a otros importantes cultivos como el tomate (Prohens et al. 2008; Hajjar & Hodgkin 2007), el uso de las especies silvestres en la mejora de la berenjena ha sido muy limitada (Daunay & Hazra 2012; Rotino et al. 2014).

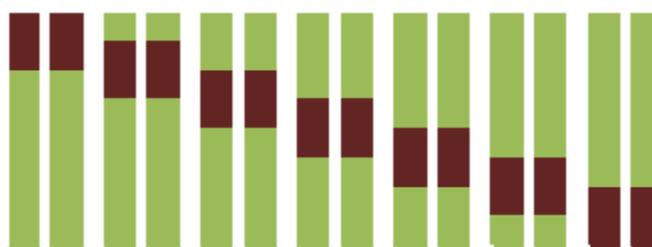
Plazas et al. (2016) estudiaron la hibridación interespecífica entre la berenjena común y parientes silvestres de su acervo genético primario, secundario y terciario. Con diferentes grados de dificultad obtuvieron un total de 13 híbridos interespecíficos, lo cual abre las puertas al uso de potenciales materiales de interés para la mejora genética de la berenjena.

### **1.9. Desarrollo de líneas de introgresión.**

Una colección de líneas de introgresión es un conjunto de líneas con un fragmento de genoma de un donante, habitualmente una especie relacionada, en el fondo genético de un receptor. De esta forma, una colección completa de líneas de introgresión reconstituye el genoma del parental donante en segmentos cromosómicos solapantes y además se considera como “inmortal”, ya que se puede propagar por autofecundación. De esta forma, las líneas de introgresión facilitan el análisis genético de caracteres complejos así como la transferencia de caracteres de interés propios de las especies donantes a las especies receptoras (Lippman et al. 2007). Además son muy efectivas para la identificación de QTLs, ya que las diferencias fenotípicas entre una línea de introgresión

y el parental recurrente se deben únicamente al fragmento introgresado (Eshed & Zamir 1995). A este respecto, las líneas de introgresión permiten una mejor resolución y detección de QTLs que las poblaciones convencionales (Zamir 2001).

El proceso de obtención consiste en sucesivos retrocruzamientos entre el híbrido, derivado del cruce entre los dos parentales, y el parental recurrente hasta obtener individuos con uno o pocos segmentos cromosómicos introgresados. Estos individuos finalmente se autofecundan hasta conseguir un elevado grado de homocigosis. (Fig.10).



**Figura 10.** Representación esquemática del genoma de una colección de ILs. Cada barra representa un cromosoma. Cada par de cromosomas homólogos representa una planta. Las regiones en diferente color definen los fragmentos heredados por cada planta (Pérez de Castro 2013).

En cultivos económicamente importantes, como el tomate o el arroz, las líneas de introgresión han sido muy útiles para la mejora de caracteres de interés agronómico (Eshed & Zamir 1995; Monforte & Tanksley 2000; Lippman et al. 2007; Fukuoka et al. 2010). En tomate fueron establecidas básicamente por los trabajos de Zamir y colaboradores con intención de solucionar el arrastre de fragmentos cromosómicos indeseables. Esta primera colección de ILs en tomate constaba de 50 líneas procedentes de un cruzamiento entre *S. pennellii* y tomate cultivado y permitió la detección de un total de 104 QTLs: 16 para el peso de la planta, 22 para el peso del fruto inmaduro, 18 para la masa del fruto, 23 para el contenido en azúcares, 14 para el contenido en sólidos solubles y 11 para el rendimiento de la planta, una cifra nunca antes alcanzada para un estudio de caracteres cuantitativos en plantas (Eshed et al. 1992; Eshed & Zamir 1994; Eshed & Zamir 1995).

En berenjena todavía no se dispone de líneas de introgresión, lo cual evidencia el retraso que sufre este cultivo en el aprovechamiento de material de interés y en el estudio de caracteres complejos y poligénico. En la actualidad se está desarrollando una colección de líneas de introgressión de *S. incanum* en el fondo genético de *S. melongena* (MIILs). Estas líneas, que están en fase de ser ultimadas, permitirán dilucidar el control genético e identificar QTLs de caracteres tan importantes como la forma, tamaño y color del fruto, el contenido de antocianinas y polifenoles de la carne, la espinosidad, resistencias y tolerancias a estreses bióticos y abióticos, etc.

Por otra parte, la disponibilidad de líneas de introgresión con caracteres complementarios permite la piramidación de alelos favorables. Por ejemplo, las líneas con elevado contenido en polifenoles se podrían cruzar entre ellas, de forma que se puedan obtener materiales con un contenido mejorado en dicho carácter de interés nutraceutico. Esta estrategia se ha demostrado exitosa en otros cultivos con otros caracteres (Lippman et al. 2007).

Para la obtención de una colección de líneas de introgresión es deseable disponer de un mapa genético o físico que cubra el genoma, con una distribución y densidad de marcadores suficiente para alcanzar el objetivo.

Paralelamente a las MIILs se ha desarrollado un mapa genético de ligamiento el cual se ha usado para la selección de los genotipos segregantes en las generaciones de retrocruzamientos y autofecundaciones, en el cual se mapearon 42 marcadores COSII, 99 SSRs, 88 AFLPs, 9 CAPS, 4 SNPs y un marcador morfológico relacionado con la presencia de espinas. Esto dio como resultado un mapa que abarca 1.085 cM distribuidos en 12 grupos de ligamiento (Gramazio et al. 2014).

### **1.10. Caracterización convencional y fenómica del fruto de la berenjena.**

Tradicionalmente la caracterización fenotípica de las plantas se ha llevado a cabo con mediciones manuales, usando una regla o un pie de rey, con balanzas para medir el peso, y con descriptores morfológicos (IBPGR. 1990; Nunome et al. 2001; Doganlar et al. 2002; Polignano et al. 2010; Sunseri et al. 2010; Adeniji & Kusolwa 2012; Adeniji et

al. 2013). Aunque muchos rasgos son fáciles de medir otros no permiten una caracterización precisa, como en el caso de la forma del fruto (Costa et al. 2011).

Recientemente, un software de análisis de imágenes denominado Tomato Analyzer se ha desarrollado para el análisis de la forma del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Brewer et al. 2006; Gonzalo & Knaap 2008). Esta herramienta fenómica permite la medición de un gran número de parámetros a través del escaneo de frutos que han sido cortados longitudinalmente. A pesar que fue diseñado originalmente para el análisis morfológico y morfométrico de los frutos de tomate, se ha demostrado la utilidad de estudiar la forma de los frutos de otras especies, como en papaya (*Carica papaya* L.) (Blas et al. 2012). El Tomato Analyzer ha sido utilizado para estudiar la forma de los frutos de una familia interespecífica derivada del cruce entre *S. melongena* y su pariente *S. aethiopicum* L. (Prohens et al. 2012). Esta herramienta también ha sido útil para caracterizar y clasificar de acuerdo a la forma del fruto, una colección de 21 accesiones de berenjena de diferentes grupos varietales (Hurtado et al. 2013), lo cual permitió la estimación de parámetros de interés para la mejora, abriendo camino para la disección genética, a través de la identificación de genes y QTLs de este importante atributo en la berenjena.

Plazas et al. (2013) también utilizaron el Tomato Analyzer para la caracterización de un total de 21 accesiones de berenjenas españolas, que diferían en la forma del fruto, encontrando una amplia diversidad entre las accesiones, así como entre grupos varietales. Los valores de heredabilidad para muchos rasgos de la forma del fruto indicaron, que la selección usando los datos de caracterización del Tomato Analyzer es muy eficiente. El análisis de componentes principales mostró que los diferentes grupos varietales fueron separados de acuerdo a los rasgos de la forma del fruto. En base a estos estudios, la utilización del software de análisis de imágenes Tomato Analyzer es de gran utilidad para la caracterización detallada de la forma del fruto dentro y entre grupos varietales de berenjena y la estimación de parámetros genéticos de interés para la mejora del cultivo (Hurtado et al. 2013).

Para la caracterización de los recursos genéticos del género *Solanum* existe un listado de descriptores publicado por el IPGRI y preparado por el Lester en el año 1990 (Lester 1990). Sin embargo, estos descriptores han sido revisados por un grupo de expertos en berenjena dentro de la red europea para recursos genéticos de berenjena

(EGGNET) y del Solanaceae Working Group del European Cooperative Programme for Genetic Resources Networks (ECP/GR) y se han producido unos descriptores consensuados para la caracterización primaria de berenjena, los cuales han sido utilizados de forma exitosa en la caracterización de colecciones de germoplasma (Prohens et al. 2005; Plazas et al. 2014).

## **2. OBJETIVOS**

## 2. OBJETIVOS:

Desarrollo de dos generaciones de autofecundación para la construcción de las MIILs (líneas de introgresión de *Solanum incanum* en el fondo genético de *Solanum melongena*).

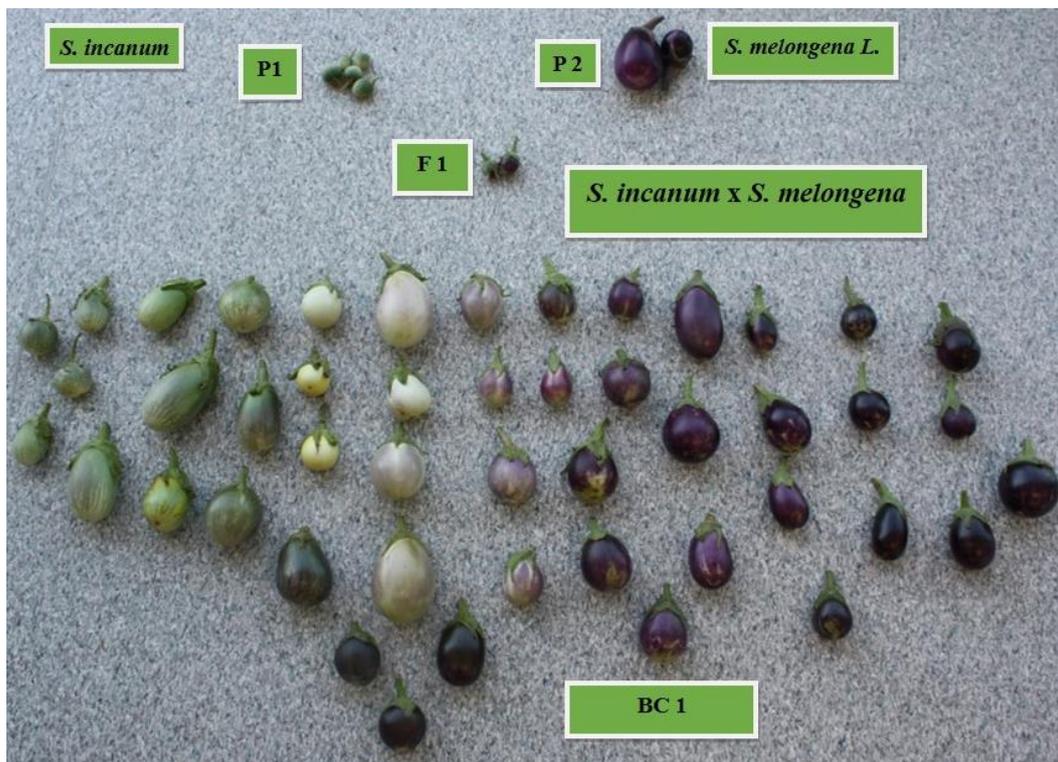
- Realización de la caracterización fenotípica de la segunda generación de autofecundación para la construcción de las MIILs.
  
- Caracterización fenómica mediante el software “Tomato Analyzer” de los frutos de la segunda generación de autofecundación de las MIILs.
  
- Evaluación del contenido en ácido clorogénico de los frutos de la segunda generación de autofecundación de las MIILS.

# **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Material vegetal.

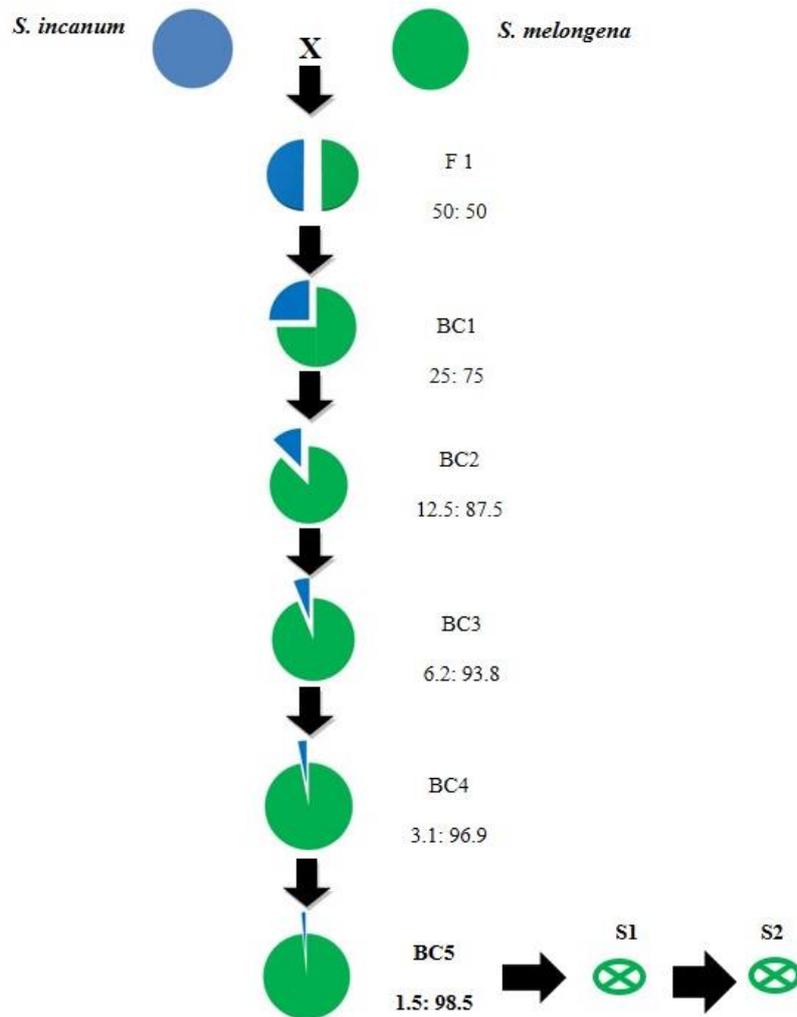
La población de partida para este estudio se originó del cruzamiento entre *Solanum incanum* MM577, colectada en Israel, que actuó como parental donante y *S. melongena* AN-S-26, una variedad andaluza, que actuó como parental recurrente. (Fig. 11).



**Figura 11.** Frutos de parentales (P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub>), híbrido (F<sub>1</sub>) y de la primera generación de retrocruzamiento (BC<sub>1</sub>).

Para llevar a cabo el desarrollo de las MIILs (líneas de introgresión de *Solanum incanum* en el fondo genético de *Solanum melongena*), durante los cinco ciclos de retrocruzamiento se han seleccionado exclusivamente los materiales que presentasen los fragmentos a introgresar en heterocigosis y al mismo tiempo se efectuaba una selección en contra del parental donante (“background selection”) en el resto de grupos de ligamiento para acelerar la recuperación del fondo del parental receptor. Sucesivamente, cuando más del 98% teórico del fondo del parental receptor había sido recuperado se

procedió a dos generaciones de autofecundaciones para fijar en homocigosis hacia el parental donante los fragmentos que se encontraban en heterocigosis (Fig. 12).



**Figura 12.** Proceso de cinco generaciones de retrocruzamientos (BC) y dos de autofecundaciones (S) para la obtención de las MIILs.

Al inicio del presente TFM, se disponía de líneas en distintas generaciones de retrocruzamiento. Para los grupos de ligamiento 3, 4, 5 y 9 se disponían de líneas de la generación BC<sub>5</sub>, para los grupos 1, 7, 8, 10, 11 y 12 de la generación BC<sub>4</sub>, para el grupo de ligamiento 2 se contaba con las generaciones BC<sub>4</sub> y BC<sub>5</sub> y para el grupo de ligamiento 6 se disponían de líneas de la generación BC<sub>2</sub>. Para cada grupo de ligamiento se disponía de entre 1 y 10 líneas con distintas introgresiones. En los casos en el que las líneas de un grupo de ligamiento no se encontraban en la generación BC<sub>5</sub>, se debía a la pérdida de los fragmentos objetivos a introgresar, lo que obligaba a volver a una generación anterior

(Tabla 3). La pérdida de las introgresiones se debía a diferentes razones, entre las cuales la falta de cuajado de un cruce dirigido, la falta de germinación de las semillas seleccionadas que en algunos casos eran escasas y errores en el genotipado.

Nº	Intr./Cr.	Código	Líneas	Nº	Intr./Cr.	Código	Líneas
1	1	C1-1	BC4S1_22(4)9_PL1	32	6	C6-4	BC2S1_60(7)_PL4
2	1	C1-13	BC4S1_22(4)9_PL13	33	6	C6-7 (7)	BC2S1_60(7)_PL7
3	1	C1-16	BC4S1_22(4)9_PL16	34	7	C7-1	BC4S1_76(3)3_PL1
4	1	C1-4	BC4S1_22(4)9_PL4	35	7	C7-13	BC4S1_76(9)3_PL13
5	2	C2-1	BC4S1_25(2)10_PL1	36	7	C7-15	BC4S1_76(9)3_PL15
6	2	C2-15	BC4S1_25(2)10_PL15	37	7	C7-2	BC4S1_76(9)3_PL2
7	2	C2-18	BC4S1_25(2)10_PL18	38	7	C7-5	BC4S1_76(9)3_PL5
8	2	C2-22	BC4S1_25(2)10_PL22	39	7	C7-7	BC4S1_76(9)3_PL7
9	2	C2-26	BC4S1_25(2)10_PL26	40	8	C8-11	BC4S1_53(6)5_PL11
10	2	C2-5	BC4S1_25(2)10_PL5	41	8	C8-13	BC4S1_53(6)5_PL13
11	2	C2-8	BC4S1_25(2)10_PL8	42	8	C8-2	BC4S1_53(6)5_PL2
12	2	C2-1 (1)	BC5S1_25(10)1_PL1	43	8	C8-24	BC4S1_53(6)5_PL24
13	2	C2-4	BC5S1_25(10)1_PL4	44	8	C8-25	BC4S1_53(6)5_PL25
14	3	C3-12	BC5S1_31(5)5_PL12	45	8	C8-4	BC4S1_53(6)5_PL4
15	3	C3-16	BC5S1_31(5)5_PL16	46	8	C8-6	BC4S1_53(6)5_PL6
16	3	C3-5	BC5S1_31(5)5_PL5	47	9	C9-12	BC5S1_6(5)11A_PL12
17	3	C3-6	BC5S1_31(5)5_PL6	48	9	C9-21	BC5S1_6(5)11A_PL21
18	3	C3-8	BC5S1_31(5)5_PL8	49	9	C9-4 (A)	BC5S1_6(5)11A_PL4
19	4	C4-14	BC5S1_56(10)3_PL14	50	9	C9-11	BC5S1_6(5)11B_PL11
20	4	C4-15	BC5S1_56(10)3_PL15	51	9	C9-13	BC5S1_6(5)11B_PL13
21	4	C4-16	BC5S1_56(10)3_PL16	52	9	C9-4 (B)	BC5S1_6(5)11B_PL4
22	4	C4-5	BC5S1_56(10)3_PL5	53	9	C9-5	BC5S1_6(5)11B_PL5
23	4	C4-9	BC5S1_56(10)3_PL9	54	10	C10-17	BC4S1_55(4)5_PL17
24	5	C5-2	BC5S1_84(4)12_PL2	55	10	C10-18	BC4S1_55(4)5_PL18
25	5	C5-22	BC5S1_84(4)12_PL22	56	10	C10-2	BC4S1_55(4)5_PL2
26	5	C5-7	BC5S1_84(4)12_PL7	57	11	C11-12	BC4S1_26(2)9_PL12
27	6	C6-13	BC2S1_60(2)_PL13	58	12	C12-11	BC5S1_29(7)5_PL11
28	6	C6-15	BC2S1_60(2)_PL15	59	12	C12-12	BC5S1_29(7)5_PL12
29	6	C6-20	BC2S1_60(2)_PL20	60	12	C12-13	BC5S1_29(7)5_PL13
30	6	C6-7	BC2S1_60(2)_PL7	61	12	C12-15	BC5S1_29(7)5_PL15
31	6	C6-22	BC2S1_60(7)_PL22	62	12	C12-8	BC5S1_29(7)5_PL8

**Tabla 3.** Listado de líneas caracterizadas en el presente trabajo y número de cromosoma (Intr./Cr.) donde se encuentra la introgresión de *S. incanum*.

En el anexo 1 se muestra un esquema del estado actual del fondo genético de las líneas, de acuerdo a los resultados del genotipado mediante GBS que se ha llevado a cabo paralelamente al presente trabajo durante el proceso de desarrollo de las MIILs.

### **3.2. Manejo del cultivo.**

#### **3.2.1. Germinación y cultivo de plantas.**

Para la germinación de las semillas se aplicó un protocolo específico desarrollado en berenjena, el cual consiste en la inmersión en agua durante 24 horas, sucesivamente inmersión en GA<sub>3</sub> 500 ppm durante 24 horas, siembra en placa Petri usando como solución KNO<sub>3</sub> 1000 ppm, en estufa a 37°C durante 24 horas y en nevera a 4°C durante una semana (Ranil et al. 2015).

A medida que fueron germinando las semillas se pasaron a las bandejas de alveolos con sustrato. Desde la fecha de puesta en la placa hasta que se pasaron a los semilleros transcurrieron entre 10 a 15 días aproximadamente. Las bandejas eran de 5 x 8 alveolos, en cada alveolo se situó una sola plántula, luego cada bandeja se cubrió con vermiculita para que no se formara moho.

El sustrato que se utilizó estaba fertilizado y su composición en nutrientes era: Nitrógeno 140mg/l, Fósforo 70mg/l, Potasio 150 mg/l, Azufre 76mg/l, Magnesio 4,2 mg/l, Bario 0,3 mg/l, Manganeso 1,6 mg/l, Zinc mg/l, Hierro 0,9 mg/l, Molibdeno 2 mg/l y Cobre 1,2 mg/l.

Posteriormente, las plantas se trasplantaron y se cultivaron en invernaderos ubicados en el Campus de la Universidad Politécnica de Valencia, en macetas de 12 litros con sustrato de fibra de coco, y se siguieron las prácticas habituales del cultivo de la berenjena (Baixauli 2001). El riego y el abonado se llevaron a cabo mediante un sistema de fertirrigación. Los tratamientos de plagas y enfermedades estuvieron a cargo del personal del invernadero.

Las condiciones ambientales en el invernadero eran de entre 15 a 30°C de temperatura y 80% de humedad. Para mantener estas condiciones se utiliza un sistema de refrigeración tipo “cooler” que introduce un caudal determinado de aire en el invernadero mediante un ventilador, previamente el aire pasa por un panel mojado que le proporciona humedad disminuyendo así la temperatura, al producirse la evaporación del agua del panel. La efectividad del “cooler” es inversamente proporcional a la humedad del aire.

La calefacción se consigue mediante la utilización de aerotermos, por los cuales circula el agua de un circuito alimentado por calderas.

### **3.3. Autofecundaciones de líneas.**

Las autofecundaciones se realizaron según el protocolo descrito para la berenjena por Prohens & Rodríguez-Burruezo (2010). Antes de la antesis, utilizando una pinza se abrió la flor y se procedió a depositar polen de la misma planta sobre el estigma utilizando un portaobjeto. El portaobjeto utilizado era desinfectado con etanol al 70% al pasar de una planta a otra, para evitar contaminación con polen ajeno. Luego se procedió al etiquetado de cada flor anotando la fecha de la polinización. Las autofecundaciones fueron realizadas a medida que se presentaban flores en el estado adecuado (Fig. 13). Por cada planta se realizaron alrededor de entre 10 a 20 autofecundaciones, hasta obtener como mínimo 1 o 2 frutos de autofecundación forzada, para realizar la caracterización morfológica de los mismos. Los frutos fueron cosechados en madurez fisiológica y las semillas se extrajeron en el laboratorio.



**Figura 13.** A la izquierda una flor en estado adecuado para realizar la autofecundación (antes de la antesis). A la derecha un fruto etiquetado y rotulado proveniente de autofecundación forzada.

### **3.4. Caracterización morfológica.**

Como se ha mencionado anteriormente, en el marco del presente TFM se realizó el fenotipado las flores y frutos de una población de 62 líneas de introgresión empleando descriptores de berenjena EGGNET y la herramienta fenómica “Tomato Analyzer” para la caracterización detallada de los frutos (Rodríguez et al. 2010). Los caracteres evaluados son tanto cuantitativos como cualitativos, relacionados con la flor y el fruto de cada línea.

La metodología del fenotipado se detalla a continuación:

- a) Primeramente se caracterizó el material vegetal en invernadero, donde se evaluaron los siguientes caracteres:
- **Número de pétalos de la flor.** Este carácter se evaluó contando el número de pétalos de las flores después de la anthesis.
  - **Color de la flor.** Se evaluó de forma visual el color de la corola de la flor, utilizando la siguiente escala: 5 blanca, 7 violeta claro y 9 muy violeta.
  - **Tamaño de la flor.** Evaluación visual del tamaño de la flor (1 pequeña, 2 mediana y 3 grande).
  - **Presencia de espinas en el cáliz.** (0 ausentes, 1 pocas y 2 muchas).
  - **Color del fruto.** Se evaluó de forma visual el color del fruto, utilizando la siguiente escala: 1 verde claro, 2 verde, 3 verde oscuro, 4 morado claro, 5 morado y 6 negro).
  - **Forma del fruto.** Evaluación visual de la forma de fruto siguiendo los descriptores de berenjena: 1 pera, 2 globular y 3 ahuevado (IBPGR. 1990).
- b) Luego de cosechar los frutos en madurez fisiológica, se caracterizaron y evaluaron en laboratorio los siguientes caracteres:
- **Peso del fruto (gramos).** Medido con báscula digital, a todos los frutos obtenidos por cada línea caracterizada.
  - **Caracterización detallada de la forma de fruto utilizando el software Tomato Analyzer.** Después del registro del peso de los frutos, se les realizó un corte longitudinal y fueron escaneados utilizando un escáner fotográfico Scanjet G4010 HP a una resolución de 300 dpi y se sometieron a análisis morfométrico con el software Tomato Analyzer versión 3.0 (Fig. 14). Obteniéndose 20 descriptores de forma automática incluyendo mediciones básicas (6), índice de forma del fruto (2), formación de bloques (3), homogeneidad (3), forma del extremo proximal del fruto (1), forma del extremo terminal del fruto (1), asimetría (3) y excentricidad (1) (Tabla 4). Todos los descriptores del fruto fueron métricos. Los ajustes por defecto se utilizaron para descriptores en la formación de bloques, la forma del extremo proximal y la forma del extremo distal de los frutos (Rodríguez et al. 2010).

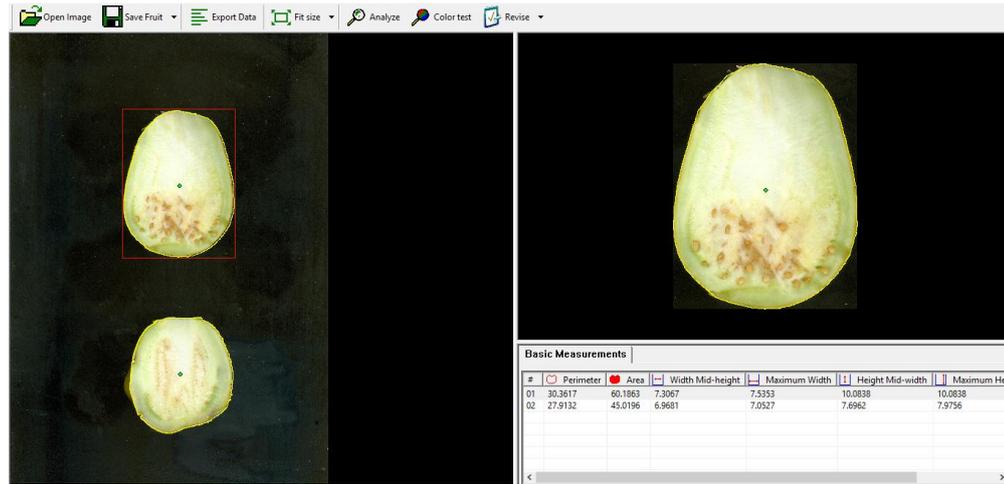


Figura 14. Frutos analizados mediante el software Tomato Analyzer versión 3.0.

Nº	Descriptor del fruto	Descripción/Unidades
1	Perímetro	Longitud del perímetro (cm).
2	Área	Área del fruto (cm <sup>2</sup> ).
3	Anchura a media altura	Medida del ancho a la media altura del fruto (cm).
4	Anchura máxima	Distancia horizontal máxima del fruto (cm).
5	Altura a la mitad de la anchura	Medida de la altura a la mitad del ancho del fruto (cm).
6	Altura máxima	Distancia vertical máxima del fruto (cm).
7	Altura de la curvatura	Altura medida a lo largo de una línea curva a través del fruto (cm).
8	Índice de la forma externa del fruto 1	Ratio entre la altura máxima y anchura máxima.
9	Índice de la forma externa del fruto 2	Ratio entre la altura media de la anchura y la anchura a media altura.
10	Índice de la forma del fruto curvado	Ratio entre la altura curvada a la anchura del fruto a media curva de la altura.
11	Formación de bloques proximal del fruto	Ratio de la anchura en la posición de la formación de bloques superior al ancho
12	Formación de bloques terminal del fruto	Ratio de la anchura en la posición más baja de formación de bloques para el ancho.
13	Triangulo de la forma del fruto	Ratio de la anchura en la posición de formación de bloques superior a la posición de formación de bloques inferior.
14	Circular	Precisión de ajuste (r <sup>2</sup> ) de la forma real de un círculo; los valores más altos indican que la fruta es más circular.
15	Elipsoide	Precisión de ajuste (r <sup>2</sup> ) de la forma real de una elipse; los valores más altos indican que la fruta es más elipsoide.
16	Rectangular	Ratio del rectángulo delimitador del fruto al rectángulo delimitado del fruto; valores mayores indican que la fruta es más rectangular.
17	Altura del hombro	Ratio de la altura media de los puntos de hombro por encima del punto extremo proximal a la máxima altura.
18	Obovoide	Calculado de acuerdo con la fórmula disponible en el manual del Tomato Analyzer, cuanto mayor sea el valor, mayor es el área del fruto por debajo de media altura.
19	Ovoide	Calculado de acuerdo con la fórmula disponible en el manual del Tomato Analyzer, cuanto mayor sea el valor, mayor es el área del fruto por encima de la media altura.
20	Índice de la forma interna del fruto	Ratio entre la altura de la elipse interna a la anchura.

Tabla 4. Listado de descriptores morfométricos obtenidos del software Tomato Analyzer.

### **3.5. Metodología para evaluación del contenido en ácido clorogénico (CGA).**

#### **3.5.1. Extracción metanólica de ácido clorogénico.**

Para guardar muestras de pulpa, una vez pesados y escaneados, los frutos se congelaban en nitrógeno líquido y después en congeladores a -80 °C. Dichas muestras posteriormente fueron liofilizadas en un liofilizador Virtis *Genesis* (Wizard 2.0) para realizar la separación del agua por sublimación. De esta manera se eliminó el agua desde el estado sólido al gaseoso sin pasar por el estado líquido. Las muestras, una vez liofilizadas, se trituraron con un molinillo eléctrico. La extracción metanólica del ácido clorogénico se realizó según el protocolo de Helmja et al. (2008). Las muestras liofilizadas (0,1 g) se homogeneizaron en 1,5 ml de metanol: agua (80:20, v/v) más 0,1% (w/v) de 2,3-ter-butil-4-hidroxianisol (BHT). El extracto total se agitó en vórtex vigorosamente, se sonicó durante 45 minutos a temperatura ambiente, y después se centrifugó a 2000 rpm durante 3 minutos en una centrífuga Eppendorf 5804R. El sobrenadante se filtró a través de un filtro de membrana de politetrafluoroetileno (PTFE) de 0.2 µm. Las soluciones estándar de ácido clorogénico se prepararon usando el mismo protocolo.

#### **3.5.2. Determinación del contenido en ácido clorogénico.**

La determinación del contenido en ácido clorogénico se realizó por cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) de acuerdo con el protocolo de Luthria & Mukhopadhyay (2006). Los extractos se analizaron en un sistema HPLC Infinity LC 1220 (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EE.UU.). Las alícuotas de 10 µl fueron inyectados con el muestreador automático 1220 Sistema Infinity LC en un ZORBAX Eclipse Plus C18 (3,5 µm; 4,6 x 12,5 mm; Agilent Technologies) protegida por una columna de seguridad ZORBAX Eclipse Plus C18 (5 µm; 4,6 x 12,5 mm ; Agilent Technologies). El método utilizado fue una modificación del descrito por Prohens et al. (2013). El gradiente binario consistió en 0,1% de ácido fórmico (disolvente A) y metanol (disolvente B). El gradiente de la fase móvil fue el siguiente: 0 min, 95A: 5B a 0,5 ml / min; aumento lineal desde 0 hasta 5 min a 10% B en 0,5 ml / min; 5-10 min, aumento lineal a 20% B en 0,5 ml / min; 10 a 18 min, los aumentos lineales a 83% B y 0,5 ml / min; 18 a 23 min, aumento lineal de hasta 100% B en 0,5 ml / min; 23 a 27 min, 100% B

en 1,0 ml / min; 27 a 30 min, disminuye a 5% de B a 1,0 ml / min; 30 a 40 min, 95A: 5B a 0,5 mL / min. La cuantificación se basa en la absorbancia a 325 nm. La concentración de ácido clorogénico en las muestras extraídas se calculó utilizando las curvas de calibración desarrolladas. La curva de calibración se calculó utilizando un análisis de regresión lineal no ponderado y en condiciones de linealidad se evaluó con el valor de  $r^2$  ( $r^2 > 0,99$ ). El área del pico se determinó y se usó para calcular el porcentaje de área total del pico correspondiente al ácido clorogénico.

### **3.6. Análisis de resultados.**

Después de haber obtenido los resultados de la caracterización de las flores y frutos de las líneas estudiadas, se elaboraron tablas de resultados tanto de los datos obtenidos de la caracterización convencional (invernadero y laboratorio) como los datos obtenidos con el software Tomato Analyzer, mediante el programa informático Excel. Posteriormente, utilizando el software estadístico Statgraphics Centurion versión XVI se efectuaron los cálculos de análisis de la varianza (ANOVA) para determinar la variabilidad de los caracteres entre las MIILs.

Luego se aplicó el método de diferencias significativas de Student-Newman-Keuls para un intervalo de confianza de 95%, esta prueba se utiliza para identificar las medias de los parámetros que son significativamente diferentes entre sí.

También se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) técnica de síntesis de información o reducción de variables cuantitativas a componentes principales que representen de manera más precisa la variabilidad existente en la investigación, perdiendo la menor cantidad posible de información. Y por último, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson para observar el grado de relación entre las variables en estudio.

# **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

### **4.1. Fenotipado de las MIILs.**

Tanto las flores como los frutos obtenidos de la autofecundación de las MIILs (entre 1 a 8 frutos/planta) se fenotiparon según los caracteres descritos en el punto 3.4 de materiales y métodos. La tabla de resultados del fenotipado de cada MIILs se detalla en los anexos 2 y 3. La caracterización morfológica convencional y fenómica permitió observar diferencias claras entre las líneas para los distintos caracteres. Para los caracteres medidos en invernadero utilizando escalas, las líneas se distribuyeron en los diferentes niveles en cada una de ellas. Así mismo, los resultados mostraron una considerable variabilidad para los caracteres de peso, forma de fruto y contenido de ácido clorogénico.

#### **4.1.1. Forma del fruto.**

La forma del fruto se la realizó de forma visual siguiendo los descriptores de berenjena (IBPGR. 1990). El 52.38% de las líneas presentaron forma de fruto amelonada (ahuevado), el 36.51% presentaron forma de pera y un 11.11% presentaron frutos globulares (Fig. 15). Estos resultados concuerdan con los resultados de Plazas et al. (2014), que indica que la recuperación de los rasgos característicos de *S. melongena* se puede lograr en unas pocas generaciones de retrocruzamientos. Por consiguiente, en la quinta generación de retrocruces se ha recuperado en gran porcentaje la forma amelonada del fruto del parental *S. melongena* (P<sub>2</sub>) y pocas líneas presentan características similares al parental *S. incanum* (P<sub>1</sub>), en este caso la forma globular. En este sentido Portis et al. (2014) utilizando una población F<sub>2</sub> obtenida por cruzamiento entre 2 líneas de berenjenas (P<sub>1</sub>=305E40 x P<sub>2</sub>=67/3) identificaron QTLs asociados a la forma del fruto en los cromosomas 1, 3, 7, 8, 11 y 12. Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que las líneas seleccionadas para dichos cromosomas presentaron una moderada variabilidad para este carácter. Por ejemplo de las siete líneas seleccionadas para el cromosoma 8, cuatro de ellas presentaron forma del fruto pera y las tres restantes presentaron el fruto ahuevado.



**Figura 15.** Formas de fruto que presentaron las MIILs. A la izquierda forma pera, en el centro forma globular y a la derecha forma melonada o ahuevado.

#### 4.1.2. Color del fruto.

Este carácter se evaluó de forma visual, cuando los frutos se encontraban en madurez comercial. El color que predominó fue el morado claro en un 62% de las líneas, seguido del color morado en un 23% (las líneas C6-15, C6-20, C6-7 y C6-4) y , un 14.52% tonos de color verde, que iban desde el verde claro (C3-5, C6-13, C6-22, C7-15, C10-18 y C12-13), verde (C7-2 y C4-14) y verde oscuro C6-7(7). Hay que comentar que las líneas correspondientes al cromosoma 6 solo han sido retrocruzadas dos generaciones, lo que significa que poseen un mayor porcentaje de genoma de *S. incanum* respecto a las líneas de otros grupos de ligamientos. También hay que destacar que no se observaron frutos de color negro (Fig. 16). Cabe recordar en este apartado, que los parentales utilizados originalmente para el desarrollo de las MIILs *S. incanum* (MM577) y *S. melongena* (ANS26) y el híbrido F<sub>1</sub> resultante de este cruzamiento presentan color de fruto verde, morado y morado claro respectivamente. Por lo cual, como se puede observar en los resultados se va recuperando el color de fruto del parental recurrente (*S. melongena*) y que la presencia de antocianos en el fruto es dominante a la falta de antocianos (Tigchelaar et al. 1968; Doganlar et al. 2002).

Con respecto a este carácter, Toppino et al. (2016) identificaron un QTL en el cromosoma 5 involucrado en la producción de antocianos responsable del color del fruto y un segundo QTL identificado en el cromosoma 10. Este último parece ser el mismo QTL identificado previamente por Doganlar et al. (2002). Cabe mencionar que estos autores utilizaron parentales diferentes a los utilizados en el presente trabajo. Nuestros resultados mostraron que las líneas seleccionadas para el cromosoma 5 mostraron poca

variación de color ya que de las tres líneas evaluadas, dos de ellas presentaron color morado y una línea color morado claro. Mientras las tres líneas seleccionadas para el cromosoma 10 presentaron más diferencias en cuanto a la tonalidad de color del fruto; de las tres líneas evaluadas, dos presentaron color morado claro y una color verde claro, por lo cual concuerda en cierta parte con dichos autores en la presencia de un QTL ubicado en el cromosoma 10 asociado con el color del fruto. En este cromosoma también se han descrito la presencia de un factor de transcripción (SmMYB1) que tiene un papel fundamental para la activación de la ruta de los antocianos (Zhang et al. 2014).



**Figura 16.** Escala de tonalidades de colores que presentaron las MIILs. De izquierda a derecha: verde claro, verde, verde oscuro, morado claro y morado.

#### 4.1.3. Presencia de espinas en el cáliz.

Los resultados de la evaluación para este carácter mostraron que el 67.7% de las líneas presentaron pocas espinas en el cáliz, un 30.6% no presentaron espinas, y la única línea que se ubicó en el nivel más alto de presencia de espinas fue la línea C6-20 con muchas espinas en el cáliz (Fig. 17), esto puede deberse como se había mencionado anteriormente a que las líneas seleccionadas para el cromosoma 6 se encuentran aún en la generación 2 de retrocruzamientos (BC<sub>2</sub>), lo que podría explicar la presencia de muchas espinas en dicha línea. Los resultados obtenidos también confirman que los alelos de la berenjena cultivada para este carácter son recesivos como han descrito otros autores (Doganlar et al. 2002; Gramazio et al. 2014; Portis et al. 2014) y que un gen principal podría controlar la presencia de espinas en este cruzamiento interespecífico (Plazas 2014). Estudios realizados por Doganlar et al. (2002) define un importante QTL localizado en el cromosoma 6 que controla la presencia de espinas en algunos órganos de la planta incluido el cáliz del fruto, mientras que en el trabajo de Portis et al. (2014) ubican QTLs asociados a este carácter en el cromosoma 7. Nuestros resultados coinciden por una parte

con los segundos autores ya que todas las líneas seleccionadas para el cromosoma 7 presentan espinas aunque que en pocas cantidades, pero por otro lado estas líneas no fueron las únicas con estas características, porque las líneas para los cromosomas 1, 3 y 5 también lo presentaron en todas las plantas. De todas maneras, este carácter parece estar influido por el ambiente (Naujeer 2009), por lo cual sería interesante analizarlo una vez se obtengan las líneas fijadas, ya que podremos evaluar el mismo genotipo en ambientes diferentes.



**Figura 17.** Frutos con presencia de muchas, pocas y sin espinas en el cáliz.

#### **4.1.4.** Peso del fruto (g).

Este carácter se evaluó una vez cosechados los frutos de las MIILs en estado de madurez fisiológica utilizando una balanza digital. En general, en casi todas las líneas se ha recuperado el tamaño del fruto del parental *S. melongena* que presentó un peso promedio del fruto de 177.85 gramos. Mientras que según lo publicado por Arce et al. (2008) utilizando la misma accesión del parental *S. incanum* del presente trabajo, ésta presenta un peso de sus frutos de entre 3.8 y 8 gramos (Fig. 18). Se observó un coeficiente de variación para el peso del fruto de 41.42%. La media de la colección de MIILs fue de  $239.12 \pm 99.04$  gramos, existiendo frutos desde 67.83 g de la línea C7-2 que presentó el peso más bajo, hasta 690.90 g de la línea C7-1 con el peso del fruto más alto de la colección de MIILs. Las líneas C5-7, C6-22, C6-7(7), C7-2 y C11-12 presentaron pesos inferiores a 100 g. En relación a este carácter, estudios actuales de Portis et al. (2014), identificaron QTLs asociados al peso del fruto de una población de berenjenas ubicados en los cromosomas 2, 3 y 12. A este respecto los resultados del análisis de la varianza (ANOVA) y del método de diferencias significativas de Student-Newman-Keuls del peso

del fruto de la colección de MIILs, agrupan a las líneas seleccionadas para estos cromosomas en un mismo grupo presentando valores similares de peso entre ellas. Por otro lado, es probable según nuestros resultados que en el cromosoma 7 haya presente un QTL relacionado a este carácter, ya que como habíamos mencionado anteriormente en este apartado, las líneas con los datos de menor y mayor peso del fruto están dentro de las seleccionadas para dicho cromosoma.



**Figura 18.** Diferencias de tamaño y peso de 6 frutos de la colección de MIILs.

#### **4.1.5.** Color y número de pétalos de las flores.

El color de las flores que predominó en la caracterización fue el color violeta claro en un 63% de las MIILs, seguido de los colores muy violeta y blanco con 19 y 18% respectivamente (Fig. 19). En general, las MIILs en su mayoría mostraron color de flor violeta claro similar al parental recurrente (*S. melongena*) y pocas mostraron color muy violeta que caracteriza al parental donante (*S. incanum*). A excepción de las líneas seleccionadas para el cromosoma 4, que de las cinco líneas seleccionadas cuatro de ellas presentaron flores con pétalos de color muy violeta. Así mismo, en las líneas seleccionadas para el cromosoma 8, de las siete líneas seleccionadas cinco presentaron color muy violeta que es característico del parental *S. incanum*. Cabe mencionar, que actualmente no se conoce un estudio en berenjena donde se hayan identificado QTLs que estén asociados específicamente al color de los pétalos de las flores, a diferencia de lo

mencionado a la acumulación de antocianos responsables del color de la piel del fruto (Cericola et al. 2014).

Por otro lado, en relación al número de pétalos por flor los datos oscilaron de 5 a 8 pétalos, en general la media de la colección de MIILs fue de  $7 \pm 0.71$  pétalos. Las líneas C1-16, C2-5, C6-20, C8-25, C12-12 y C12-8 presentaron 5 pétalos por flor, característico del P<sub>1</sub> (*S. incanum*). El resto de líneas presentaron de 6 a 7 pétalos por flor, semejante al número que presenta comúnmente el P<sub>2</sub> (*S. melongena*).



**Figura 19.** Las tres tonalidades de color de flores que presentaron las MIILs. De izquierda a derecha: blanco, violeta claro y muy violeta.

#### **4.1.6. Tamaño de flor.**

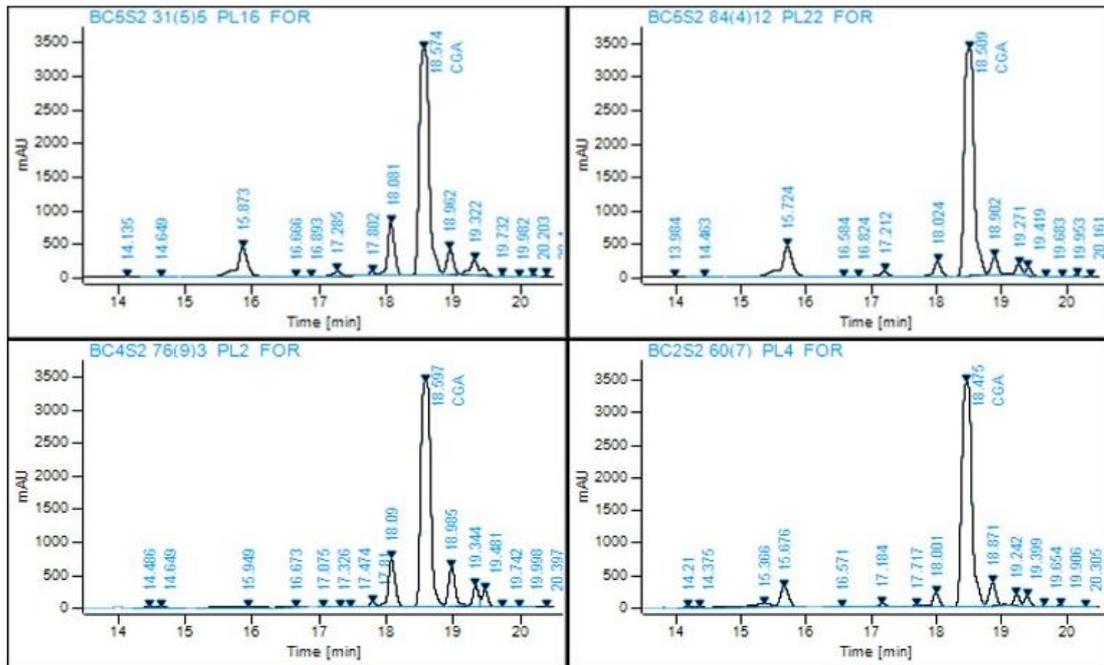
El 80.6% de las líneas presentaron tamaño mediano de flor, en un 14.5% presentaron flores grandes y el 4.9% las presentaron pequeñas (Fig. 20). Las tres líneas con flores pequeñas pertenecen a las seleccionadas para el cromosoma 6, las cuales poseen aún muchas introgresiones de *S. incanum* el cual sería el motivo del tamaño de sus flores. Mientras que las líneas que presentaron las flores más grandes en general fueron las seleccionadas para el cromosoma 1.



**Figura 20.** Tamaños de flores observadas en las MIILs. Grande (izq.), mediana (centro) y pequeña (der.).

#### 4.1.7. Contenido en ácido clorogénico (CGA).

Los resultados de la determinación del contenido en CGA por cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), presentaron un rango que va desde 0.068 hasta 3.516 mg/g. La media de la colección de MIILs fue de 1,925 mg/g. Un total de 10 líneas mostraron valores en contenido en CGA menores a 1 mg/g, probablemente debido a que las muestras de carne de los frutos de estas líneas no se liofilizaron bien, por lo cual la media de la colección sin tomar en cuenta dichas muestras es de  $2.206 \pm 0.69$  mg/g. El parental *S. melongena* (AN-S-26) presentó un contenido en CGA de 2.534 mg/g, mientras que del parental *S. incanum* no se tuvo muestras de carne del fruto en este trabajo, pero en un estudio reciente Prohens et al. (2013) revelaron un contenido de CGA de la accesión MM577 de *S. incanum* (la misma accesión utilizada en este trabajo) de 2 a 3 veces más que *S. melongena*. Los resultados indican que hubo líneas que superaron claramente al P<sub>2</sub> mostrando contenidos superiores a 3 mg/g, (C3-16, C5-22, C7-2, C6-4, C6-13 y C4-14; Fig. 21 y anexos 2. Esto sería un aspecto importante a resaltar, ya que se ha incrementado el contenido en CGA en el fondo genético de *S. melongena*, y las líneas con los contenido más altos se podrían cruzar entre ellas de forma que se pueden obtener materiales con un contenido mejorado en dicho carácter de interés nutracéutico.



**Figura 21.** Representación de resultados obtenidos de la determinación del contenido en CGA por cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), de muestras de las 4 MILs que presentaron los contenidos más altos de CGA. La absorbancia se midió a 325nm.

En un estudio actual, los 6 genes implicados en la vía de síntesis de polifenoles y el ácido clorogénico se han localizado en un mapa interespecífico estudiando genes candidatos (Gramazio et al. 2014). PAL (Phenylalanine ammonia lyase) fue mapeado en el grupo de ligamiento 9, C4H (cinamato 4-hidroxilasa) se ubicó en la parte inferior del cromosoma 6, 4CL (ligasa 4-hidroxicinamoil-CoA) se mapeó en la parte inferior del cromosoma 3, HCT (hidroxicinamoil-CoA:quimato/hidroxicinamoil transferasa) fue mapeado también en el cromosoma 3, C3H (p-coumaroyl ester 3-hydroxilase) en el cromosoma 1 y el HQT (hidroxicinamoil CoA:quimato hidroxicinamoil transferasa) se encuentra en la parte superior del cromosoma 7. Por otra parte, Toppino et al. (2016) estudiaron en una población F<sub>2</sub> resultante del cruce entre 2 líneas de mejora de berenjena, QTLs asociados a propiedades bioquímicas (incluyendo el ácido clorogénico), caracteres morfológicos y fisiológicos en dos localidades diferentes, identificando 2 QTLs ubicados en los cromosomas 4 y 6 asociados al contenido en CGA. Analizando esta información con los resultados obtenidos en el presente trabajo, podemos observar que de las líneas con valores más altos en contenido en ácido clorogénico se encuentran líneas seleccionadas para el cromosoma 3, 4, 6 y 7, que coincide con lo observado por dichos autores. Esto deberá ser confirmado al continuar con el proceso de construcción

de la colección de las MIILs, cuando las líneas tengan las introgresiones de *incanum* en homocigosis. Estudios como los mencionados, junto con trabajos similares al presente TFM, identificación de QTLs, variación y expresión de estos genes ayudarán a dilucidar los factores genéticos claves involucrados en el contenido de ácido clorogénico permitiendo así incrementarlo en la berenjena cultivada.

#### **4.2. Análisis de caracteres cuantitativos de la forma del fruto.**

Los resultados del análisis de la varianza (ANOVA) realizados a los 21 caracteres cuantitativos evaluados en el estudio (incluyen el peso del fruto y 20 caracteres evaluados con el software Tomato Analyzer) mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en 20 caracteres del fruto. Para el carácter altura de hombros no se detectaron diferencias significativas, mientras que para el carácter Ovoide el análisis de la varianza mostró diferencias significativas, pero tras realizarse la prueba de rangos múltiples de Student-Newman-Keuls se observó que no había diferencias entre las MIILs (Anexo 4).

Los valores medios del carácter ovoide, elipsoide y altura de hombros fueron bajos con 0,04, 0,04 y 0,01 respectivamente, esto resulta del hecho que los frutos de muchas líneas presentan valores de 0 o cercanos a 0. El coeficiente de variación osciló entre 8,82% para rectangular y 124,08% para el carácter ovoide. Los valores altos de coeficiente de variación para ovoide y altura de hombros son resultado de los valores medios bajos para estos dos caracteres. Para el resto de caracteres con excepción de rectangular y formación de bloque proximal, que presentan valores por debajo del 10%, los valores de coeficiente de variación se encuentran en el rango entre 10,11 (formación de bloque terminal) y el 69,58% (ovoboide) (Anexo 4).

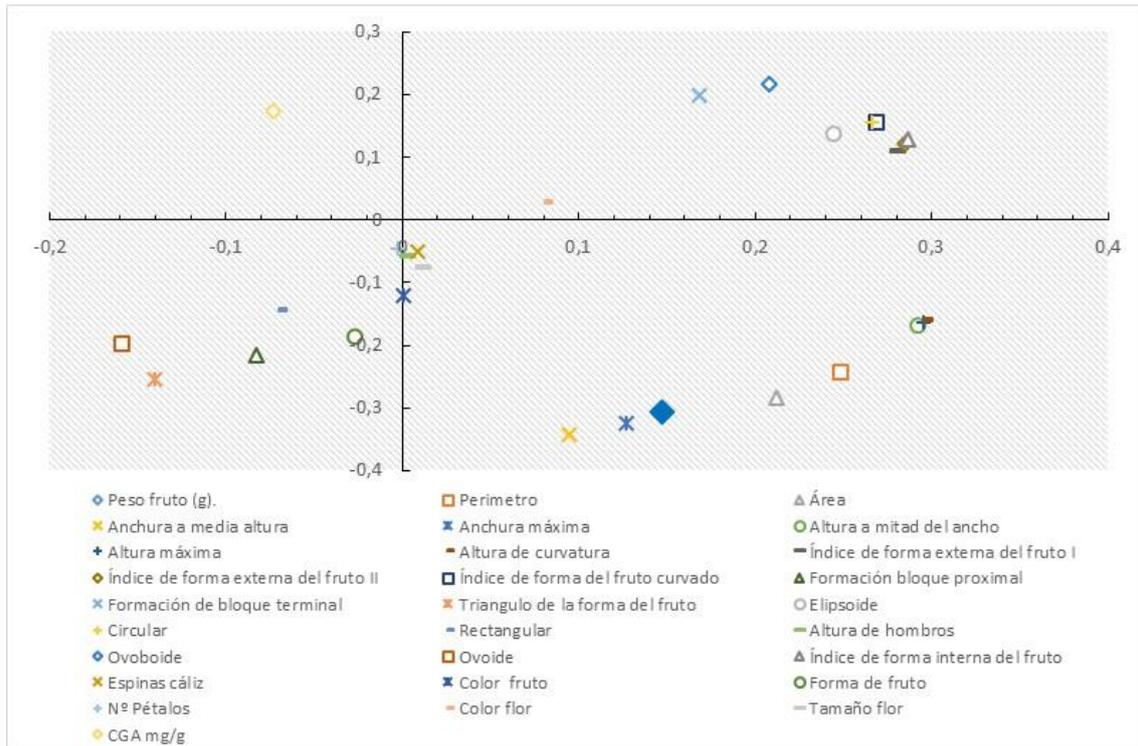
En los ocho caracteres cuantitativos relacionados con el tamaño del fruto la línea C7-1 presentó los valores significativamente más altos, mientras que la línea C7-2 presentó los valores más bajos para dichos caracteres. En cuanto a los 13 caracteres cuantitativos relacionados a la forma de fruto la línea C6-13 presentó valores significativamente altos en 10 a excepción de los caracteres: bloque proximal, triangulo de la forma del fruto y rectangular, mientras que la línea C5-7 presentó en 4 caracteres los valores más bajos (Índice de forma externa I y II, índice de la forma del fruto curvado e índice de la forma interna del fruto) (Anexo 4).

### **4.3. Análisis multivariante.**

El primer y segundo componente de ACP representan el 32,75% y el 24,40% de la variación total entre las MIILs. La inclusión del tercer componente y posteriores no mejoró la interpretación. Se consideraron como relevantes los caracteres con valores de correlación con la primera y segunda componente principal mayores a 0,15.

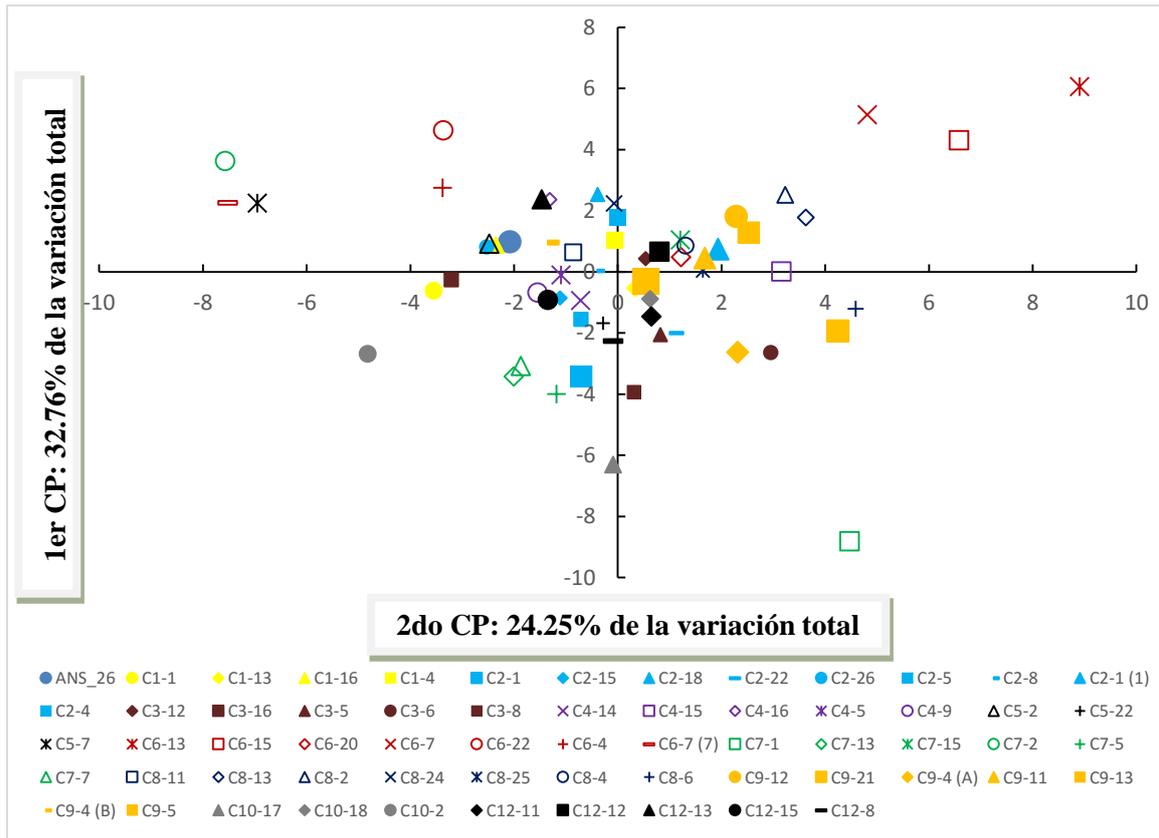
El primer componente se correlacionó positivamente con rasgos relacionados a: tamaño del fruto como: perímetro, área, altura a la mitad del ancho y altura de la curvatura; y caracteres relacionados a la forma del fruto como: índice de la forma externa del fruto I y II, índice de la forma del fruto curvado, formación de bloque terminal, elipsoide, circular, ovoiboide e índice de la forma interna del fruto, y negativamente correlacionado con la forma del fruto ovoide.

El segundo componente se correlacionó positivamente con caracteres de la forma del fruto: índice de la forma del fruto curvado, formación de bloque terminal, circular y ovoiboide, y contenido en ácido clorogénico; y negativamente con caracteres relacionados al peso del fruto, tamaño del fruto como: perímetro, área, anchura a media altura, anchura máxima, altura a la mitad de la anchura, altura máxima y altura de la curvatura, y de la forma del fruto como: formación de bloque proximal, triangulo de la forma del fruto, ovoide y forma del fruto (Fig. 22).



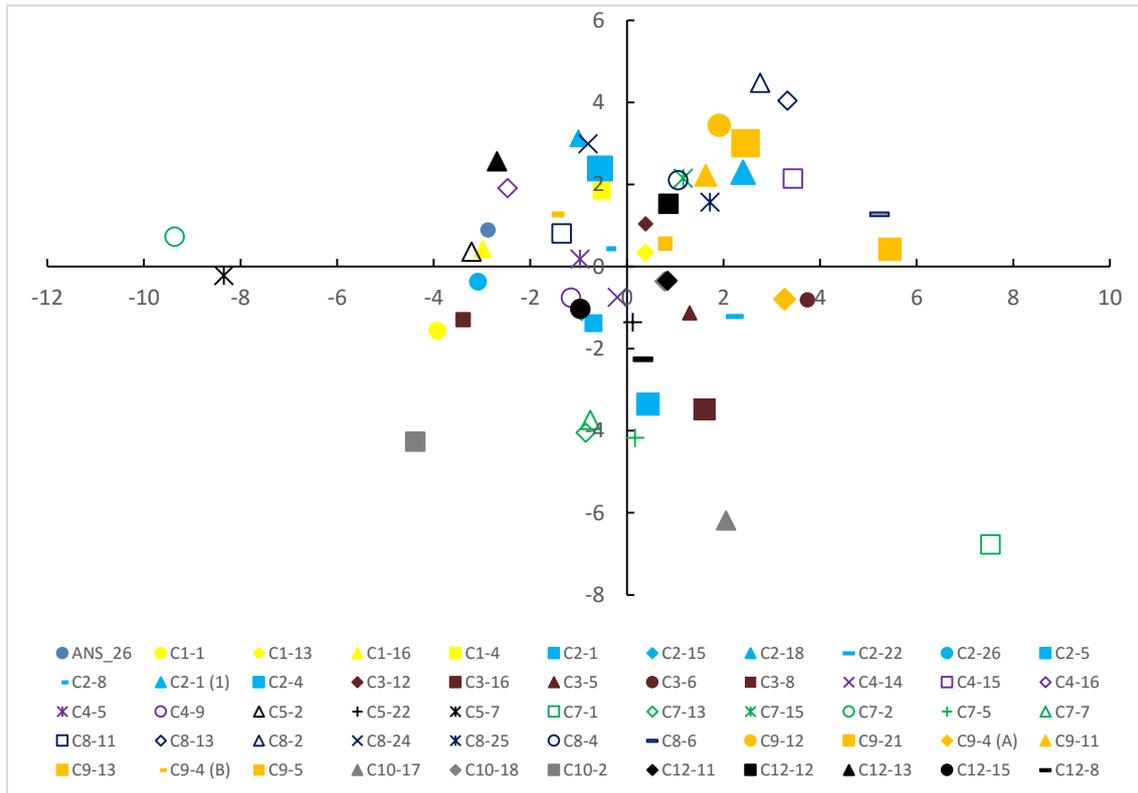
**Figura 22.** El primer (eje x) y segundo (eje y) componente principal (32,75 y 24,40% de la variación total, respectivamente). Diagrama de dispersión del peso en los componentes de los caracteres evaluados en la colección de MIILs.

La distribución de las MIILs en un gráfico de ACP de 2 dimensiones muestra que en general, las líneas seleccionadas previamente por sus introgresiones de *S. incanum* en los 12 cromosomas de la berenjena (de la línea seleccionada para el cromosoma 11 no se obtuvo dato de contenido en ácido clorogénico, por lo cual no aparece en el gráfico de ACP), no se alejan mucho entre sí, tanto en el primer como segundo componente, en valores positivos y negativos. A excepciones de las líneas seleccionadas para el cromosoma 5 que presentan solo valores negativos para el primer componente y las líneas para el cromosoma 10 que presentan solo valores negativos para el segundo componente. De las líneas seleccionadas para el cromosoma 7 la C7-1 se separa considerablemente de las demás, esto puede deberse a que de esta línea se obtuvo un único fruto de autofecundación y este fue de gran tamaño (Fig. 23).



**Figura 23.** El primer (eje x) y segundo (eje y) componente principal (32,76 y 24,25% de la variación total, respectivamente). Diagrama de dispersión de las MIILs basado en 28 caracteres (7 convencionales, 1 contenido en ácido clorogénico y 20 obtenidos del software Tomato Analyzer).

Por otro lado, las líneas seleccionadas para el cromosoma 6, presentan el rango más amplio de variación separándose mucho entre ellas, esto puede atribuirse a que estas líneas se encuentran en la generación 2 de retrocruzamiento hacia el parental *S. melongena*, por lo cual aún poseen muchas introgresiones de *S. incanum* en heterocigosis, esto se debe a como se había mencionado anteriormente y en el capítulo de materiales y métodos, que durante el proceso inicial se habían perdido las introgresiones y se tuvo que volver hacia atrás para poder recuperarlas. En la figura (24) se muestra el gráfico ACP de 2 dimensiones sin tomar en cuenta las líneas seleccionadas para el cromosoma 6 y podemos observar que las demás líneas no se separan mucho entre ellas, a excepción de las líneas C7-1 y C7-2 que son las que presentaron los valores más extremos en relación al peso y tamaño del fruto.



**Figura 24.** Diagrama de dispersión de las MIILs basado en 28 caracteres (7 convencionales, 1 contenido en ácido clorogénico y 20 obtenidos del software Tomato Analyzer), sin tomar en cuenta a las líneas seleccionadas para el cromosoma 6.

#### 4.4. Correlaciones entre caracteres fenotípicos.

Los valores de correlación entre los 28 caracteres estudiados presentan valores altamente significativos ( $P < 0,001$ ) (Anexos 5). Para las 7 correlaciones entre los caracteres relacionados con el tamaño del fruto, el valor más alto de coeficiente de correlación fenotípica fue entre el carácter altura a la mitad de la anchura con altura máxima ( $r = 0,999$ ). En general, los valores de coeficiente de correlación fenotípicos entre el peso (g) con los 7 caracteres relacionados con el tamaño del fruto se presentaron por encima de 0,6. Como era de esperar, los frutos con mayor peso presentaron valores de correlación más altos con caracteres como: perímetro, área, anchura a media altura, anchura máxima, altura a mitad de la anchura, altura máxima y altura de la curvatura.

Con respecto a los caracteres relacionados a la forma del fruto, se presentaron 31 correlaciones con valores altamente significativos, los valores de correlación más cercanos a 1 fueron las correlaciones entre índice de la forma externa del fruto I con el índice II ( $r = 0,990$ ), índice de la forma externa del fruto II con el índice de la forma interna

del fruto ( $r=0,987$ ), índice de la forma externa del fruto I con el índice de la forma interna del fruto ( $r=0,977$ ) y entre el índice de la curvatura del fruto con circular ( $r=0,960$ ). También se encontraron 5 correlaciones negativas con valores altos entre caracteres asociados a la forma del fruto como: formación de bloque distal con elipsoide ( $r=-0,802$ ) y con ovoide ( $r=-0,560$ ), índice de la curvatura del fruto con rectangular ( $r=-0,531$ ), triangulo de la forma del fruto con obovoide ( $r=-0,845$ ), y obovoide con ovoide ( $r=-0,859$ ).

Por último, 18 fueron las correlaciones con valores positivos y altamente significativos entre los caracteres relacionados al tamaño del fruto y los relacionados a la forma del fruto, entre los cuales destacan las correlaciones entre altura a mitad de la anchura con el índice de la forma externa del fruto I y II ( $r=0,689$  y  $r=0,676$  respectivamente), la altura máxima con el índice de la forma externa del fruto I, II y el índice de la forma interna del fruto ( $r=0,688$ ,  $r=0,675$  y  $r=0,662$  en su orden); y las correlaciones entre la altura de la curvatura y los índices de la forma externa del fruto I, II y el índice de la forma interna del fruto ( $r=0,651$ ,  $r=0,644$  y  $r=0,646$  respectivamente).

De acuerdo a estos resultados, en estudios posteriores ya no sería necesario medir todos los caracteres (aunque el software Tomato Analyzer hace sencilla su medición), como resultado de la alta correlación que existe entre algunos caracteres asociados al tamaño y forma del fruto.

## **5. CONCLUSIONES**

## 5. CONCLUSIONES:

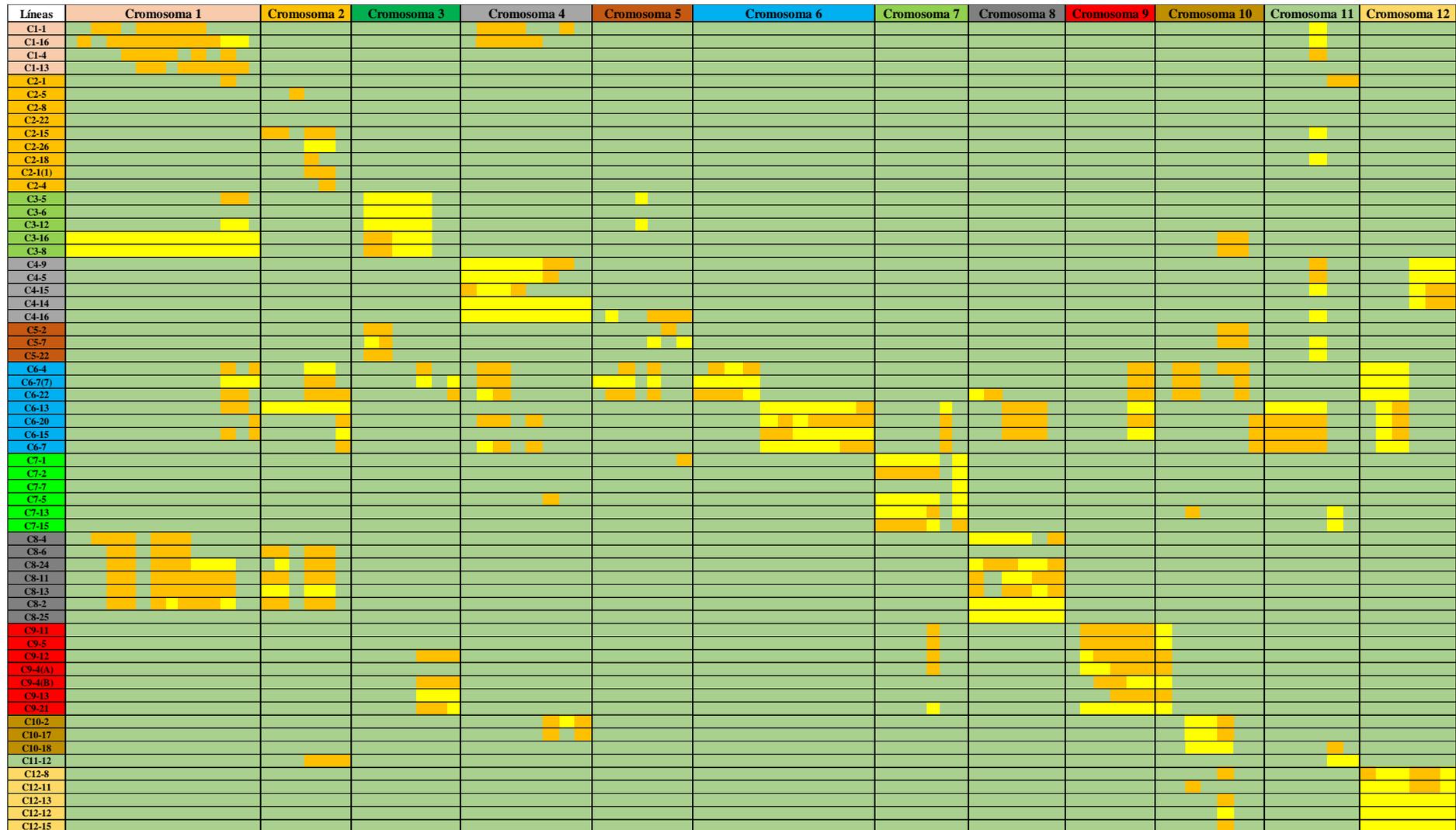
- La caracterización fenotípica y fenómica hallaron una considerable variabilidad en los caracteres evaluados entre las MIILs. Esto ofrece valiosas oportunidades para la selección en programas de mejora, ya que una vez finalizadas las líneas, permitirá seleccionar aquellas que sean representativas de acuerdo a cada carácter de interés, y la posibilidad de cruzarlas entre sí para aumentar o mejorar dichos caracteres, y posteriormente evaluar su comportamiento en diferentes ambientes.
- La disponibilidad de un conjunto de datos fenómicos de la forma del fruto obtenidos con el software Tomato Analyzer representa un avance con respecto a la caracterización manual, y es de gran utilidad para la caracterización de germoplasma y cultivares, así como para la selección en programas de mejora de la berenjena, como lo realizado en el fenotipado de las MIILs. Proporcionando datos cuantitativos sobre muchos caracteres de la forma del fruto que no se obtienen utilizando descriptores morfológicos medidos manualmente. Por ejemplo en la caracterización convencional respecto a la forma del fruto, estos se agruparon en tres categorías (pera, ahuevado y globular). Mientras que, los resultados obtenidos utilizando el software Tomato Analyzer permitieron observar diferencias entre las MIILs dentro de las categorías mencionadas.
- Las MIILs que actualmente se están desarrollando junto con la selección asistida por marcadores (MAS) permitirá en un futuro cercano dilucidar el control genético e identificar QTLs de caracteres importantes como la forma, tamaño y color del fruto, el contenido en antocianinas, la espinosidad, resistencias y tolerancias a estreses bióticos y abióticos.
- El mejoramiento para propiedades bioactivas en los vegetales es cada vez más importante en los programas de mejora de cultivos hortícolas, la construcción de la colección de MIILs abrirá muchas oportunidades para el desarrollo de nuevas variedades de berenjenas con mayor actividad antioxidante y un menor pardeamiento del fruto. Los resultados del presente TFM en cuanto al contenido en CGA de las MIILs, mostraron que hubieron líneas que superaron claramente al parental *S. melongena*. Por lo cual, dichas líneas se podrían cruzar entre ellas

de forma que se pueden obtener materiales con un contenido mejorado en dicho carácter de interés nutracéutico.

## **6. ANEXOS**

### 6. ANEXOS

Anexo 1.- Representación del estado actual del fondo genético de las MIILs, resultante del genotipado mediante GBS.



Fondo genético de *S. melongena* (parental receptor)
  Fragmentos en heterocigosis
  Fragmentos en homocigosis de *S. incanum* (parental donante)

## Anexo 2.- Resultados de caracterización morfológica convencional y contenido en ácido clorogénico de las MIILs.

Nº	CH	Código	Líneas	Espinas cáliz	Color fruto	Forma de fruto	Nº Pétalos	Color flor	Tamaño flor	CGA mg/g
1		ANS_26	ANS_26_IPTO209	1	4	3	8	7	3	2,534
2	1	C1-1	BC4S1_22(4)9_PL1	1	4	1	7	5	3	2,073
3	1	C1-13	BC4S1_22(4)9_PL13	1	4	3	7	5	3	2,643
4	1	C1-16	BC4S1_22(4)9_PL16	1	5	1	5	7	3	2,211
5	1	C1-4	BC4S1_22(4)9_PL4	1	4	3	7	7	3	2,019
6	2	C2-1	BC4S1_25(2)10_PL1	1	5	3	6	7	2	2,979
7	2	C2-15	BC4S1_25(2)10_PL15	1	5	3	7	5	2	2,852
8	2	C2-18	BC4S1_25(2)10_PL18	1	5	3	7	5	2	2,666
9	2	C2-22	BC4S1_25(2)10_PL22	1	5	3	6	5	2	1,332
10	2	C2-26	BC4S1_25(2)10_PL26	1	4	1	7	5	2	2,265
11	2	C2-5	BC4S1_25(2)10_PL5	0	5	1	5	7	2	2,955
12	2	C2-8	BC4S1_25(2)10_PL8	1	5	1	7	7	2	1,319
13	2	C2-1(1)	BC5S1_25(10)1_PL1	0	4	3	6	7	2	2,443
14	2	C2-4	BC5S1_25(10)1_PL4	1	5	3	7	5	2	2,296
15	3	C3-12	BC5S1_31(5)5_PL12	1	5	1	7	7	2	2,979
16	3	C3-16	BC5S1_31(5)5_PL16	1	4	3	7	7	2	3,516
17	3	C3-5	BC5S1_31(5)5_PL5	1	1	3	7	7	3	1,759
18	3	C3-6	BC5S1_31(5)5_PL6	1	4	1	7	7	3	0,459
19	3	C3-8	BC5S1_31(5)5_PL8	1	4	3	7	7	2	1,019
20	4	C4-14	BC5S1_56(10)3_PL14	0	4	2	6	9	2	3,026
21	4	C4-15	BC5S1_56(10)3_PL15	1	4	3	7	9	2	1,451
22	4	C4-16	BC5S1_56(10)3_PL16	1	2	1	7	9	2	2,437
23	4	C4-5	BC5S1_56(10)3_PL5	0	4	3	7	7	2	1,937
24	4	C4-9	BC5S1_56(10)3_PL9	0	4	3	7	9	2	2,281
25	5	C5-2	BC5S1_84(4)12_PL2	1	5	1	7	7	2	2,784
26	5	C5-22	BC5S1_84(4)12_PL22	1	5	3	7	7	2	3,504
27	5	C5-7	BC5S1_84(4)12_PL7	1	4	2	5	5	2	1,688
28	6	C6-13	BC2S1_60(2)_PL13	1	1	1	6	7	2	3,092
29	6	C6-15	BC2S1_60(2)_PL15	1	4	1	6	7	2	2,193
30	6	C6-20	BC2S1_60(2)_PL20	2	4	1	5	9	2	1,748
31	6	C6-7	BC2S1_60(2)_PL7	1	4	1	6	7	1	2,580
32	6	C6-22	BC2S1_60(7)_PL22	0	1	1	7	7	1	2,928

Nº	CH	Código	Líneas	Espinas cáliz	Color fruto	Forma de fruto	Nº Pétalos	Color flor	Tamaño flor	CGA mg/g
33	6	C6-4	BC2S1_60(7)_PL4	0	4	1	6	7	2	3,352
34	6	C6-7 (7)	BC2S1_60(7)_PL7	0	3	2	6	7	1	1,799
35	7	C7-1	BC4S1_76(3)3_PL1	1	4	3	6	7	2	0,109
36	7	C7-13	BC4S1_76(9)3_PL13	1	4	3	7	7	2	1,481
37	7	C7-15	BC4S1_76(9)3_PL15	1	1	3	7	5	2	1,055
38	7	C7-2	BC4S1_76(9)3_PL2	1	2	2	6	7	2	3,440
39	7	C7-5	BC4S1_76(9)3_PL5	1	4	3	6	7	2	0,068
40	7	C7-7	BC4S1_76(9)3_PL7	1	5	3	6	7	2	2,516
41	8	C8-11	BC4S1_53(6)5_PL11	1	4	1	7	9	2	1,911
42	8	C8-13	BC4S1_53(6)5_PL13	1	4	1	7	9	2	1,440
43	8	C8-2	BC4S1_53(6)5_PL2	1	4	1	6	7	2	1,356
44	8	C8-24	BC4S1_53(6)5_PL24	1	4	3	7	9	2	2,487
45	8	C8-25	BC4S1_53(6)5_PL25	0	4	3	5	9	3	2,898
46	8	C8-4	BC4S1_53(6)5_PL4	0	4	1	6	7	2	1,532
47	8	C8-6	BC4S1_53(6)5_PL6	1	4	3	7	9	2	0,664
48	9	C9-12	BC5S1_6(5)11A_PL12	0	4	1	7	7	2	1,225
49	9	C9-21	BC5S1_6(5)11A_PL21	0	4	1	7	9	2	2,269
50	9	C9-4 (A)	BC5S1_6(5)11A_PL4	0	5	3	7	7	2	0,147
51	9	C9-11	BC5S1_6(5)11B_PL11	0	5	3	7	9	2	0,704
52	9	C9-13	BC5S1_6(5)11B_PL13	0	4	1	7	7	2	1,849
53	9	C9-4 (B)	BC5S1_6(5)11B_PL4	0	4	3	7	7	2	1,405
54	9	C9-5	BC5S1_6(5)11B_PL5	0	4	3	6	7	2	2,413
55	10	C10-17	BC4S1_55(4)5_PL17	1	4	3	7	7	2	1,577
56	10	C10-18	BC4S1_55(4)5_PL18	1	1	3	6	5	2	1,904
57	10	C10-2	BC4S1_55(4)5_PL2	1	4	2	7	7	2	0,526
58	11	C11-12	BC4S1_26(2)9_PL12	1	4	1	6	7	2	
59	12	C12-11	BC5S1_29(7)5_PL11	1	4	3	7	7	3	0,609
60	12	C12-12	BC5S1_29(7)5_PL12	0	4	3	5	7	2	0,934
61	12	C12-13	BC5S1_29(7)5_PL13	1	1	3	7	7	3	1,237
62	12	C12-15	BC5S1_29(7)5_PL15	0	4	3	7	7	2	2,356
63	12	C12-8	BC5S1_29(7)5_PL8	1	4	2	5	5	2	0,101

**Escalas de frutos:** Espinas cáliz: 0=ausentes, 1=pocas y 2=muchas. Color fruto: 1= verde claro, 2=verde, 3=verde oscuro, 4=morado claro, 5=morado y 6=negro. Forma fruto: 1=pera, 2=globular y 3=ahuevado.

**Escalas flores:** Color: 5=blanca, 7=violeta claro y 9=muy violeta. Tamaño flor: 1=pequeña, 2=mediana y 3= grande.

**Anexo 3.- Resultados de los caracteres cuantitativos evaluados en las MILs, incluyen el peso del fruto (g) y los 20 caracteres obtenidos del software Tomato Analyzer.**

Nº	CH	Código	Peso (gr)	Perim.	Área	Anchura a media altura	Anchura máxima	Altura mitad de anchura	Altura máxi.	Altura curvatura	Índice de forma externa I	Índice de forma externa II	Índice de forma de curvatura	Forma bloq. proxima	Forma bloque distal	Triangulo de la forma del fruto	Elips.	Circular	Rectang	Altura de hombro	Obovoid	Ovoide	Índice de forma interna
1		ANS_26	177,85	26,86	49,87	7,46	7,47	8,50	8,59	8,66	1,15	1,14	1,16	0,57	0,61	0,93	0,02	0,05	0,48	0,00	0,12	0,00	1,14
2	1	C1-1	243,60	27,07	55,77	7,77	7,81	7,86	8,05	8,06	1,00	0,98	1,01	0,68	0,65	1,06	0,03	0,04	0,52	0,00	0,07	0,09	0,98
3	1	C1-13	238,90	32,55	65,84	7,87	7,98	10,13	10,22	10,36	1,28	1,29	1,32	0,69	0,66	1,04	0,03	0,09	0,51	0,01	0,15	0,00	1,22
4	1	C1-16	163,27	26,84	47,91	7,04	7,14	8,22	8,32	8,34	1,16	1,16	1,18	0,66	0,64	1,05	0,03	0,06	0,51	0,01	0,10	0,07	1,16
5	1	C1-4	197,91	28,78	53,89	7,11	7,29	9,11	9,32	9,50	1,27	1,28	1,35	0,64	0,66	0,98	0,04	0,09	0,48	0,01	0,14	0,01	1,27
6	2	C2-1	284,36	34,11	74,89	9,51	9,65	9,39	9,72	9,76	1,01	0,99	1,03	0,62	0,73	0,85	0,03	0,04	0,53	0,01	0,19	0,00	0,96
7	2	C2-15	258,71	32,05	58,44	7,65	7,84	9,41	9,48	10,04	1,21	1,23	1,36	0,67	0,61	1,10	0,03	0,09	0,42	0,01	0,00	0,09	1,08
8	2	C2-18	159,49	26,26	43,41	6,09	6,29	8,44	8,57	8,67	1,37	1,40	1,45	0,69	0,67	1,04	0,04	0,12	0,51	0,01	0,17	0,00	1,36
9	2	C2-22	229,41	34,27	72,50	7,79	8,00	10,94	11,12	11,28	1,39	1,40	1,47	0,78	0,64	1,23	0,04	0,12	0,50	0,02	0,00	0,12	1,40
10	2	C2-26	144,16	27,90	46,55	7,57	7,89	7,68	8,19	8,85	1,04	1,01	1,38	0,59	0,54	1,10	0,04	0,09	0,34	0,02	0,00	0,10	1,08
11	2	C2-5	178,87	30,16	59,28	7,65	8,01	8,89	9,11	9,17	1,15	1,17	1,22	0,69	0,78	0,89	0,05	0,08	0,53	0,01	0,24	0,00	1,15
12	2	C2-8	163,15	30,70	61,94	7,69	7,83	9,50	9,69	9,74	1,24	1,23	1,27	0,71	0,68	1,04	0,03	0,09	0,51	0,00	0,09	0,04	1,24
13	2	C2-1(1)	192,62	31,56	63,01	7,09	7,13	10,72	10,89	10,87	1,53	1,51	1,54	0,71	0,64	1,11	0,04	0,14	0,53	0,00	0,09	0,04	1,51
14	2	C2-4	285,38	34,39	79,39	9,00	9,03	10,50	10,53	10,84	1,17	1,17	1,21	0,75	0,65	1,15	0,03	0,06	0,55	0,00	0,00	0,12	1,17
15	3	C3-12	234,62	31,18	64,45	7,89	8,10	9,94	10,14	10,18	1,25	1,26	1,29	0,64	0,70	0,92	0,04	0,08	0,51	0,02	0,15	0,05	1,26
16	3	C3-16	171,46	29,86	51,49	7,68	7,82	7,95	8,25	8,15	1,05	1,04	1,07	0,65	0,63	1,04	0,04	0,04	0,52	0,01	0,00	0,08	1,01
17	3	C3-5	325,04	34,97	78,96	8,90	9,06	10,78	10,89	10,90	1,20	1,21	1,23	0,66	0,64	1,06	0,03	0,07	0,52	0,01	0,14	0,01	1,19
18	3	C3-6	357,85	38,32	89,99	9,36	9,72	11,72	11,97	12,43	1,23	1,25	1,32	0,60	0,57	1,11	0,05	0,09	0,49	0,01	0,22	0,00	1,20
19	3	C3-8	355,87	35,95	85,02	9,46	9,73	10,74	10,98	10,93	1,13	1,14	1,17	0,69	0,61	1,18	0,04	0,06	0,51	0,02	0,06	0,08	1,13
20	4	C4-14	226,48	31,55	67,82	8,19	8,27	9,83	9,99	10,01	1,21	1,21	1,23	0,71	0,64	1,12	0,03	0,07	0,53	0,00	0,07	0,09	1,21
21	4	C4-15	283,38	34,03	76,13	7,85	8,09	11,36	11,44	11,42	1,41	1,44	1,45	0,65	0,71	0,92	0,04	0,12	0,52	0,00	0,18	0,00	1,42
22	4	C4-16	154,13	27,97	44,97	7,92	8,43	6,77	7,24	9,84	0,86	0,86	1,61	0,56	0,63	0,89	0,04	0,12	0,34	0,04	0,14	0,00	1,00
23	4	C4-5	242,26	29,10	59,09	7,70	7,84	9,26	9,33	9,37	1,18	1,19	1,21	0,64	0,66	0,99	0,03	0,06	0,52	0,00	0,12	0,06	1,19
24	4	C4-9	217,32	29,41	58,12	7,85	7,95	9,22	9,28	9,27	1,17	1,18	1,19	0,65	0,61	1,05	0,03	0,06	0,50	0,02	0,04	0,09	1,18
25	5	C5-2	209,53	27,60	51,45	7,73	7,82	8,15	8,27	8,26	1,05	1,05	1,08	0,58	0,63	0,93	0,03	0,03	0,51	0,00	0,15	0,00	1,05

Nº	CH	Código	Peso (gr)	Perim.	Área	Anchura a media altura	Anchura máxima	Altura mitad de anchura	Altura máxi.	Altura curvatura	Índice de forma externa I	Índice de forma externa II	Índice de forma de curvatura	Forma bloq. proxima	Forma bloq. distal	Triangulo de la forma del fruto	Elips.	Circular	Rectang.	Altura de hombro	Obovoid	Ovoide	Índice de forma interna
26	5	C5-22	269,51	33,56	75,02	8,83	8,92	10,16	10,27	10,38	1,16	1,16	1,19	0,67	0,67	1,01	0,03	0,06	0,52	0,00	0,09	0,05	1,16
27	5	C5-7	90,06	19,31	27,22	6,11	6,13	5,00	5,14	5,26	0,83	0,81	0,87	0,68	0,67	1,03	0,03	0,06	0,53	0,00	0,05	0,07	0,82
28	6	C6-13	189,15	34,15	65,53	6,07	6,94	12,41	12,56	12,70	1,80	2,04	2,10	0,58	0,86	0,68	0,08	0,22	0,43	0,02	0,34	0,00	2,01
29	6	C6-15	217,96	33,71	66,24	6,78	7,54	11,54	11,74	11,90	1,57	1,72	1,84	0,58	0,82	0,72	0,07	0,19	0,42	0,00	0,32	0,00	1,73
30	6	C6-20	247,31	31,50	64,98	8,01	8,26	10,13	10,60	10,14	1,28	1,26	1,30	0,56	0,54	1,04	0,05	0,09	0,45	0,01	0,19	0,00	1,26
31	6	C6-7	153,82	31,23	54,16	6,15	6,66	10,41	10,72	11,13	1,61	1,69	1,84	0,59	0,75	0,79	0,06	0,19	0,39	0,00	0,25	0,00	1,63
32	6	C6-22	82,87	22,03	32,39	5,94	6,02	6,76	6,87	6,92	1,14	1,14	1,17	0,58	0,67	0,87	0,03	0,05	0,49	0,01	0,17	0,00	1,14
33	6	C6-4	125,06	24,20	39,74	6,61	6,67	7,06	7,34	7,32	1,10	1,07	1,11	0,66	0,70	0,94	0,03	0,05	0,53	0,01	0,14	0,01	1,07
34	6	C6-7 (7)	81,42	17,99	21,81	5,26	5,31	5,16	5,18	5,31	0,98	0,98	1,00	0,70	0,58	1,21	0,02	0,02	0,49	0,02	0,00	0,16	0,98
35	7	C7-1	690,90	45,70	139,00	11,77	11,81	14,43	14,47	14,66	1,23	1,23	1,25	0,74	0,64	1,15	0,03	0,08	0,53	0,02	0,00	0,10	1,23
36	7	C7-13	273,14	31,65	67,49	8,74	8,89	9,47	9,58	9,81	1,08	1,09	1,14	0,75	0,55	1,37	0,04	0,06	0,50	0,01	0,02	0,16	1,11
37	7	C7-15	201,59	30,16	59,64	7,12	7,19	10,17	10,24	10,08	1,43	1,43	1,39	0,69	0,66	1,04	0,04	0,12	0,53	0,00	0,15	0,00	1,43
38	7	C7-2	67,83	17,11	19,86	5,15	5,16	4,60	4,73	4,85	0,92	0,90	0,97	0,66	0,64	1,04	0,02	0,03	0,51	0,01	0,05	0,09	0,91
39	7	C7-5	297,56	33,32	74,68	8,92	9,06	10,10	10,20	10,30	1,13	1,13	1,16	0,77	0,60	1,27	0,03	0,05	0,53	0,02	0,00	0,11	1,14
40	7	C7-7	227,52	31,90	67,63	8,41	8,49	9,95	10,02	9,90	1,18	1,18	1,18	0,74	0,53	1,41	0,03	0,06	0,51	0,02	0,00	0,13	1,18
41	8	C8-11	223,80	29,48	59,21	7,98	8,13	8,90	9,10	9,14	1,12	1,12	1,16	0,63	0,70	0,91	0,03	0,05	0,50	0,01	0,17	0,00	1,12
42	8	C8-13	250,21	32,73	68,43	7,47	7,88	10,91	11,04	11,04	1,41	1,48	1,50	0,63	0,75	0,84	0,05	0,13	0,50	0,00	0,24	0,00	1,48
43	8	C8-2	225,91	30,99	60,57	6,90	7,10	10,54	10,67	10,71	1,50	1,53	1,55	0,62	0,73	0,86	0,05	0,14	0,50	0,01	0,20	0,00	1,52
44	8	C8-24	178,40	27,21	49,83	6,84	6,93	9,00	9,06	9,16	1,31	1,31	1,34	0,60	0,68	0,87	0,03	0,10	0,50	0,00	0,16	0,00	1,31
45	8	C8-25	294,58	32,51	70,75	8,18	8,37	10,55	10,67	10,55	1,28	1,29	1,30	0,62	0,69	0,89	0,04	0,09	0,52	0,02	0,19	0,00	1,29
46	8	C8-4	289,37	31,89	69,03	8,05	8,35	9,99	10,20	10,25	1,21	1,23	1,27	0,61	0,74	0,83	0,04	0,08	0,51	0,00	0,24	0,00	1,23
47	8	C8-6	332,85	37,70	88,19	8,78	9,32	12,38	12,56	12,33	1,35	1,41	1,42	0,59	0,68	0,87	0,05	0,12	0,46	0,03	0,23	0,00	1,38
48	9	C9-12	211,40	31,61	64,25	7,68	7,94	10,59	10,69	10,72	1,35	1,38	1,41	0,54	0,66	0,81	0,04	0,11	0,44	0,00	0,21	0,00	1,38
49	9	C9-21	380,13	38,15	96,15	8,96	9,14	12,78	12,93	13,03	1,42	1,43	1,46	0,70	0,68	1,03	0,04	0,12	0,52	0,01	0,13	0,03	1,43
50	9	C9-4 (A)	434,58	36,17	87,41	9,45	9,68	11,46	11,52	11,56	1,20	1,23	1,24	0,59	0,68	0,87	0,03	0,07	0,50	0,01	0,19	0,00	1,22

Nº	CH	Código	Peso (gr)	Perim.	Área	Anchura a media altura	Anchura máxima	Altura mitad de anchura	Altura máxi.	Altura curvatura	Índice de forma externa I	Índice de forma externa II	Índice de forma de curvatura	Forma bloq. proxima	Forma bloque distal	Triangulo de la forma del fruto	Elips.	Circular	Rectang	Altura de hombro	Obovoid	Ovoide	Índice de forma interna
51	9	C9-11	264,02	32,06	68,62	8,24	8,35	10,23	10,30	10,49	1,23	1,24	1,27	0,56	0,75	0,74	0,04	0,08	0,51	0,00	0,21	0,00	1,24
52	9	C9-13	239,90	32,56	68,04	7,74	7,87	10,93	11,02	11,10	1,40	1,41	1,43	0,58	0,65	0,90	0,04	0,12	0,47	0,00	0,18	0,00	1,42
53	9	C9-4 (B)	169,36	27,99	51,19	7,18	7,24	8,63	8,79	8,84	1,22	1,21	1,24	0,65	0,68	0,96	0,03	0,07	0,52	0,00	0,11	0,03	1,20
54	9	C9-5	262,69	32,46	67,92	8,19	8,25	10,32	10,39	10,42	1,26	1,26	1,27	0,64	0,64	0,99	0,03	0,08	0,50	0,00	0,15	0,00	1,25
55	10	C10-17	386,05	38,06	100,79	10,37	10,50	11,42	11,46	11,46	1,09	1,10	1,11	0,80	0,58	1,40	0,04	0,06	0,53	0,00	0,00	0,17	1,10
56	10	C10-18	342,32	32,52	71,60	8,53	8,68	10,54	10,57	10,64	1,22	1,24	1,25	0,63	0,63	1,00	0,03	0,07	0,50	0,00	0,17	0,00	1,23
57	10	C10-2	356,08	27,19	50,69	8,30	8,32	7,42	7,49	7,63	0,90	0,89	0,92	0,73	0,61	1,20	0,02	0,03	0,53	0,00	0,00	0,14	0,89
58	11	C11-12	74,05	20,30	26,94	5,74	6,10	5,47	5,77	5,84	0,95	0,95	1,02	0,50	0,85	0,59	0,06	0,06	0,50	0,04	0,29	0,00	0,96
59	12	C12-11	314,66	32,68	73,07	8,47	8,69	10,27	10,39	10,48	1,19	1,21	1,23	0,62	0,65	0,97	0,03	0,07	0,48	0,00	0,15	0,01	1,20
60	12	C12-12	187,23	31,23	61,24	7,38	7,63	10,12	10,17	10,19	1,32	1,36	1,38	0,62	0,62	1,03	0,04	0,11	0,44	0,00	0,11	0,04	1,27
61	12	C12-13	154,04	25,86	45,28	6,90	7,05	8,13	8,27	8,30	1,17	1,18	1,21	0,55	0,67	0,82	0,03	0,06	0,48	0,00	0,19	0,00	1,18
62	12	C12-15	259,71	31,53	59,55	7,82	8,05	9,29	9,52	9,64	1,18	1,19	1,25	0,67	0,61	1,08	0,02	0,08	0,44	0,01	0,00	0,07	1,18
63	12	C12-8	322,23	33,88	74,86	9,11	9,28	10,37	10,55	10,71	1,13	1,13	1,19	0,56	0,60	0,94	0,02	0,05	0,44	0,03	0,08	0,05	1,13

Anexo 4.- Tablas de significancias mediante la prueba de rangos múltiples de Student-Newman-Keuls.

Nº	CH	Código	Líneas	Peso del fruto (grs).	Perimetro	Área	Anchura a media altura	Anchura máxima	Altura a mitad de la anchura	Altura máxima	Altura de la curvatura
1		PAR	ANS_26_JPTO209	177,85 abcd	26,86 abcd	49,87 abcd	7,46 abcd	7,47 abcd	8,50 abcde	8,59 abcde	8,66 abcde
2	1	C1-1	BC4S1_22(4)9_PL1	243,60 abcd	27,07 abcd	55,77 abcd	7,76 abcd	7,81 abcd	7,87 abcd	8,05 abcd	8,07 abcd
3	1	C1-13	BC4S1_22(4)9_PL13	238,90 abcd	32,55 abcde	65,84 abcd	7,87 abcd	7,98 abcd	10,13 abcde	10,22 abcde	10,36 abcde
4	1	C1-16	BC4S1_22(4)9_PL16	163,27 abcd	26,84 abcd	47,91 abcd	7,04 abcd	7,14 abcd	8,22 abcd	8,31 abcd	8,34 abcd
5	1	C1-4	BC4S1_22(4)9_PL4	197,91 abcd	28,79 abcd	53,89 abcd	7,11 abcd	7,30 abcd	9,11 abcde	9,32 abcde	9,50 abcde
6	2	C2-1	BC4S1_25(2)10_PL1	284,36 abcd	34,11 bcde	74,89 abcd	9,51 cde	9,65 cde	9,39 abcde	9,72 abcde	9,76 abcde
7	2	C2-15	BC4S1_25(2)10_PL15	258,71 abcd	32,05 abcde	58,44 abcd	7,65 abcd	7,84 abcd	9,41 abcde	9,48 abcde	10,04 abcde
8	2	C2-18	BC4S1_25(2)10_PL18	159,49 abcd	26,26 abcd	43,41 abcd	6,09 abc	6,29 abc	8,44 abcde	8,57 abcde	9,74 abcde
9	2	C2-22	BC4S1_25(2)10_PL22	229,41 abcd	34,27 bcde	72,50 abcd	7,79 abcd	8,00 abcd	10,94 bcde	11,12 bcde	11,28 bcde
10	2	C2-26	BC4S1_25(2)10_PL26	144,16 abcd	27,90 abcd	46,55 abcd	7,57 abcd	7,89 abcd	7,68 abcd	8,19 abcd	8,85 abcde
11	2	C2-5	BC4S1_25(2)10_PL5	178,87 abcd	30,16 abcde	59,28 abcd	7,65 abcd	8,01 abcd	8,89 abcde	9,11 abcde	9,17 abcde
12	2	C2-8	BC4S1_25(2)10_PL8	163,15 abcd	30,70 abcde	61,94 abcd	7,69 abcd	7,84 abcd	9,51 abcde	9,69 abcde	9,74 abcde
13	2	C2-1 (1)	BC5S1_25(10)1_PL1	192,62 abcd	31,56 abcde	63,02 abcd	7,09 abcd	7,13 abcd	10,72 bcde	10,89 bcde	10,87 abcde
14	2	C2-4	BC5S1_25(10)1_PL4	285,38 abcd	34,39 bcde	79,39 abcd	9,00 abcde	9,03 abcde	10,50 abcde	10,53 abcde	10,84 abcde
15	3	C3-12	BC5S1_31(5)5_PL12	234,62 abcd	31,18 abcde	64,45 abcd	7,89 abcd	8,10 abcd	9,94 abcde	10,14 abcde	10,18 abcde
16	3	C3-16	BC5S1_31(5)5_PL16	171,46 abcd	29,86 abcde	51,49 abcd	7,68 abcd	7,82 abcd	7,95 abcd	8,25 abcd	8,15 abcd
17	3	C3-5	BC5S1_31(5)5_PL5	325,04 abcd	34,97 bcde	78,96 abcd	8,91 abcde	9,06 abcde	10,78 bcde	10,89 bcde	10,90 abcde
18	3	C3-6	BC5S1_31(5)5_PL6	357,85 abcd	38,32 de	89,99 bcd	9,36 cde	9,72 cde	11,73 de	11,97 cde	12,43 de
19	3	C3-8	BC5S1_31(5)5_PL8	355,87 abcd	35,94 cde	85,02 abcd	9,46 abcd	9,73 cde	10,74 bcde	10,98 bcde	10,93 abcde
20	4	C4-14	BC5S1_56(10)3_PL14	226,48 abcd	31,55 abcde	67,81 abcd	8,19 abcd	8,27 abcde	9,83 abcde	9,99 abcde	10,01 abcde
21	4	C4-15	BC5S1_56(10)3_PL15	283,38 abcd	34,04 abcde	76,13 abcd	7,85 abcd	8,09 abcd	11,36 cde	11,45 cde	11,42 bcde
22	4	C4-16	BC5S1_56(10)3_PL16	154,13 abcd	27,97 abcd	44,97 abcd	7,92 abcd	8,44 abcde	6,77 abcd	7,24 abcd	9,84 abcde
23	4	C4-5	BC5S1_56(10)3_PL5	242,26 abcd	29,10 abcde	59,09 abcd	7,71 abcd	7,84 abcd	9,26 abcde	9,33 abcde	9,37 abcde
24	4	C4-9	BC5S1_56(10)3_PL9	217,32 abcd	29,41 abcde	58,12 abcd	7,85 abcd	7,95 abcd	9,22 abcde	9,28 abcde	9,28 abcde
25	5	C5-2	BC5S1_84(4)12_PL2	209,53 abcd	27,60 abcd	51,45 abcd	7,73 abcd	7,82 abcd	8,15 abcd	8,27 abcd	8,26 abcd
26	5	C5-22	BC5S1_84(4)12_PL22	269,51 abcd	33,56 abcde	75,02 abcd	8,84 abcde	8,92 abcde	10,16 abcde	10,27 abcde	10,38 abcde
27	5	C5-7	BC5S1_84(4)12_PL7	90,06 abc	19,31 abc	27,22 abc	6,11 abc	6,13 abc	5,00 ab	5,14 ab	5,27 ab
28	6	C6-13	BC2S1_60(2)_PL13	189,15 abcd	34,15 bcde	65,53 abcd	6,07 abc	6,94 abcd	12,41 de	12,56 de	12,70 de
29	6	C6-15	BC2S1_60(2)_PL15	217,96 abcd	33,71 abcde	66,24 abcd	6,78 abcd	7,54 abcd	11,54 cde	11,74 cde	11,90 cde
30	6	C6-20	BC2S1_60(2)_PL20	247,31 abcd	31,50 abcde	64,98 abcd	8,01 abcd	8,26 abcde	10,13 abcde	10,60 abcde	10,14 abcde
31	6	C6-7	BC2S1_60(2)_PL7	153,82 abcd	31,23 abcde	54,16 abcd	6,15 abc	6,66 abcd	10,41 abcde	10,72 abcde	11,13 bcde
32	6	C6-22	BC2S1_60(7)_PL22	82,87 abc	22,03 abcd	32,39 abcd	5,94 abc	6,02 abc	6,76 abcd	6,88 abcd	6,92 abcd

Nº	CH	Código	Líneas	Peso del fruto (grs).	Perimetro	Área	Anchura a media altura	Anchura máxima	Altura a mitad de la anchura	Altura máxima	Altura de la curvatura
33	6	C6-4	BC2S1_60(7)_PL4	125,06 abc	24,20 abcd	39,74 abcd	6,61 abcd	6,67 abcd	7,06 abcde	7,34 abcd	7,32 abcd
34	6	C6-7 (7)	BC2S1_60(7)_PL7	81,42 abc	17,99 ab	21,81 ab	5,26 ab	5,31 ab	5,16 ab	5,18 ab	5,31 ab
35	7	C7-1	BC4S1_76(3)3_PL1	690,90 e	45,7 e	139,00 e	11,77 e	11,81 e	14,43 e	14,47 e	14,66 e
36	7	C7-13	BC4S1_76(9)3_PL13	273,14 abcd	31,65 abcde	67,49 abcd	8,74 abcde	8,89 abcde	9,47 abcde	9,58 abcde	9,81 abcde
37	7	C7-15	BC4S1_76(9)3_PL15	201,59 abcd	30,16 abcde	59,64 abcd	7,12 abcd	7,19 abcd	10,17 abcde	10,24 abcde	10,08 abcde
38	7	C7-2	BC4S1_76(9)3_PL2	67,83 a	17,11 a	19,86 a	5,15 a	5,17 a	4,60 a	4,73 a	4,85 a
39	7	C7-5	BC4S1_76(9)3_PL5	297,56 abcd	33,32 abcde	74,68 abcd	8,92 abcde	9,06 abcde	10,11 abcde	10,20 abcde	10,31 abcde
40	7	C7-7	BC4S1_76(9)3_PL7	227,52 abcd	31,90 abcde	67,63 abcd	8,41 abcd	8,50 abcde	9,95 abcde	10,02 abcde	9,90 abcde
41	8	C8-11	BC4S1_53(6)5_PL11	223,80 abcd	29,49 abcde	59,21 abcd	7,99 abcd	8,13 abcd	8,90 abcde	9,10 abcde	9,15 abcde
42	8	C8-13	BC4S1_53(6)5_PL13	250,21 abcd	32,73 abcde	68,43 abcd	7,47 abcd	7,88 abcd	10,91 bcde	11,04 bcde	11,04 bcde
43	8	C8-2	BC4S1_53(6)5_PL2	225,91 abcd	30,99 abcde	60,57 abcd	6,90 abcd	7,10 abcd	10,54 abcde	10,67 abcde	10,72 abcde
44	8	C8-24	BC4S1_53(6)5_PL24	178,40 abcd	27,21 abcd	49,83 abcd	6,84 abcd	6,93 abcd	9,00 abcde	9,06 abcde	9,15 abcde
45	8	C8-25	BC4S1_53(6)5_PL25	294,58 abcd	32,51 abcde	70,76 abcd	8,19 abcd	8,37 abcde	10,56 abcde	10,68 abcde	10,55 abcde
46	8	C8-4	BC4S1_53(6)5_PL4	289,37 abcd	31,89 abcde	69,03 abcd	8,05 abcd	8,35 abcde	9,99 abcde	10,20 abcde	10,25 abcde
47	8	C8-6	BC4S1_53(6)5_PL6	332,85 abcd	37,70 de	88,19 abcd	8,78 abcde	9,32 bcde	12,38 de	12,56 de	12,33 de
48	9	C9-12	BC5S1_6(5)11A_PL12	211,40 abcd	31,61 abcde	64,25 abcd	7,68 abcd	7,94 abcd	10,59 abcde	10,69 abcde	10,72 abcde
49	9	C9-21	BC5S1_6(5)11A_PL21	380,13 bcd	38,15 de	96,15 cd	8,96 abcde	9,14 abcde	12,77 de	12,93 de	13,03 de
50	9	C9-4 (A)	BC5S1_6(5)11A_PL4	434,58 d	36,17 abcde	87,41 abcd	9,45 abcd	9,68 cde	11,46 cde	11,52 cde	11,56 cde
51	9	C9-11	BC5S1_6(5)11B_PL11	264,02 abcd	32,06 abcde	68,62 abcd	8,24 abcd	8,35 abcde	10,23 abcde	10,30 abcde	10,49 abcde
52	9	C9-13	BC5S1_6(5)11B_PL13	239,90 abcd	32,56 abcde	68,04 abcd	7,74 abcd	7,87 abcd	10,93 bcde	11,02 bcde	11,11 bcde
53	9	C9-4 (B)	BC5S1_6(5)11B_PL4	169,36 abcd	27,99 abcd	51,18 abcd	7,18 abcd	7,24 abcd	8,63 abcde	8,79 abcde	8,84 abcde
54	9	C9-5	BC5S1_6(5)11B_PL5	262,69 abcd	32,46 abcde	67,92 abcd	8,19 abcd	8,25 abcde	10,32 abcde	10,39 abcde	10,42 abcde
55	10	C10-17	BC4S1_55(4)5_PL17	386,05 cd	38,06 de	100,79 d	10,37 de	10,50 de	11,42 cde	11,46 cde	11,46 bcde
56	10	C10-18	BC4S1_55(4)5_PL18	342,32 abcd	32,52 abcde	71,60 abcd	8,53 abcde	8,68 abcde	10,54 abcde	10,57 abcde	10,64 abcde
57	10	C10-2	BC4S1_55(4)5_PL2	356,08 abcd	27,19 abcd	50,69 abcd	8,30 abcd	8,32 abcde	7,42 abcd	7,49 abcd	7,63 abcd
58	11	C11-12	BC4S1_26(2)9_PL12	74,05 ab	20,30 abc	26,94 abc	5,74 abc	6,10 abc	5,47 abc	5,77 abc	5,84 abc
59	12	C12-11	BC5S1_29(7)5_PL11	314,66 abcd	32,68 abcde	73,07 abcd	8,47 abcd	8,69 abcde	10,27 abcde	10,39 abcde	10,48 abcde
60	12	C12-12	BC5S1_29(7)5_PL12	187,23 abcd	31,24 abcde	61,24 abcd	7,38 abcd	7,63 abcd	10,12 abcde	10,17 abcde	10,18 abcde
61	12	C12-13	BC5S1_29(7)5_PL13	154,04 abcd	25,86 abcd	45,29 abcd	6,90 abcd	7,05 abcd	8,13 abcd	8,27 abcd	8,30 abcd
62	12	C12-15	BC5S1_29(7)5_PL15	259,71 abcd	31,53 abcde	59,55 abcd	7,82 abcd	8,05 abcd	9,29 abcde	9,52 abcde	9,64 abcde
63	12	C12-8	BC5S1_29(7)5_PL8	322,23 abcd	33,88 abcde	74,87 abcd	9,12 bcde	9,28 bcde	10,37 abcde	10,55 abcde	10,71 abcde
<b>Media:</b>				<b>239,12</b>	<b>30,76</b>	<b>63,00</b>	<b>7,81</b>	<b>8,00</b>	<b>9,56</b>	<b>9,72</b>	<b>9,85</b>
<b>Desviación estándar</b>				<b>99,04</b>	<b>4,93</b>	<b>19,24</b>	<b>1,18</b>	<b>1,17</b>	<b>1,87</b>	<b>1,85</b>	<b>1,82</b>
<b>Error estándar</b>				<b>12,48</b>	<b>0,62</b>	<b>2,42</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,24</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>
<b>Coefficiente de Variación:</b>				<b>41,42</b>	<b>16,01</b>	<b>30,54</b>	<b>15,09</b>	<b>14,62</b>	<b>19,55</b>	<b>19,05</b>	<b>18,43</b>

Nº	CH	Código	Líneas	Índice de la forma externa I	Índice de la forma externa II	Índice de forma de fruto curvado	Formación de bloque proximal	Formación de bloque terminal	Triángulo de la forma del fruto	Elipsoide	Circular
1		PAR	ANS_26_JPTO209	1,15 abcdefghi	1,14 abcde	1,16 abcde	0,57 abcd	0,61 abc	0,93 abc	0,02 a	0,05 ab
2	1	C1-1	BC4S1_22(4)9_PL1	1,01 abcdef	0,99 abcde	1,02 abcde	0,69 abcd	0,65 abc	1,06 abc	0,03 ab	0,04 ab
3	1	C1-13	BC4S1_22(4)9_PL13	1,28 abcdefghi	1,29 abcdefg	1,32 abcde	0,69 abcd	0,66 abc	1,04 abc	0,03 ab	0,09 abcd
4	1	C1-16	BC4S1_22(4)9_PL16	1,16 abcdefghi	1,16 abcdef	1,18 abcde	0,66 abcd	0,64 abc	1,05 abc	0,03 ab	0,06 ab
5	1	C1-4	BC4S1_22(4)9_PL4	1,27 abcdefghi	abcdefg	1,36 abcde	0,65 abcd	0,66 abc	0,97 abc	0,04 abc	0,09 abcd
6	2	C2-1	BC4S1_25(2)10_PL1	1,01 abcdef	0,99 abcde	1,03 abcd	0,62 abcd	0,73 abc	0,85 abc	0,03 ab	0,04 ab
7	2	C2-15	BC4S1_25(2)10_PL15	1,21 abcdefghi	1,23 abcdefg	1,36 abcde	0,67 abcd	0,61 abc	1,10 abc	0,03 ab	0,09 abcd
8	2	C2-18	BC4S1_25(2)10_PL18	1,37 cdefghi	1,40 bcdefg	1,45 bcdef	0,69 abcd	0,67 abc	1,05 abc	0,04 abc	0,12 abcd
9	2	C2-22	BC4S1_25(2)10_PL22	1,39 cdefghi	1,41 bcdefg	1,47 bcdef	0,79 cd	0,64 abc	1,23 bc	0,04 abc	0,13 abcd
10	2	C2-26	BC4S1_25(2)10_PL26	1,04 abcdefg	1,01 abcde	1,38 abcdef	0,59 abcd	0,54 a	1,10 abc	0,04 abc	0,09 abcd
11	2	C2-5	BC4S1_25(2)10_PL5	1,15 abcdefghi	1,17 abcdef	1,22 abcde	0,69 abcd	0,78 abc	0,89 abc	0,05 abcd	0,08 abcd
12	2	C2-8	BC4S1_25(2)10_PL8	1,24 abcdefghi	1,24 abcdefg	1,27 abcde	0,71 abcd	0,69 abc	1,04 abc	0,04 abc	0,09 abcd
13	2	C2-1 (1)	BC5S1_25(10)1_PL1	1,53 ghij	1,51 efg	1,54 def	0,71 abcd	0,64 abc	1,11 abc	0,04 abc	0,14 abcd
14	2	C2-4	BC5S1_25(10)1_PL4	1,17 abcdefghi	1,17 abcdef	1,21 abcde	0,75 bcd	0,65 abc	1,15 abc	0,03 ab	0,06 ab
15	3	C3-12	BC5S1_31(5)5_PL12	1,26 abcdefghi	1,26 abcdefg	1,29 abcde	0,60 abcd	0,70 abc	0,92 abc	0,04 abc	0,08 abcd
16	3	C3-16	BC5S1_31(5)5_PL16	1,05 abcdefg	1,04 abcde	1,07 abcde	0,65 abcd	0,63 abc	1,04 abc	0,04 abc	0,04 ab
17	3	C3-5	BC5S1_31(5)5_PL5	1,20 abcdefghi	1,21 abcdefg	1,23 abcde	0,66 abcd	0,64 abc	1,06 abc	0,03 ab	0,07 ab
18	3	C3-6	BC5S1_31(5)5_PL6	1,24 abcdefghi	1,26 abcdefg	1,32 abcde	0,60 abcd	0,57 abc	1,11 abc	0,06 abcd	0,10 abcd
19	3	C3-8	BC5S1_31(5)5_PL8	1,13 abcdefghi	1,14 abcde	1,17 abcde	0,69 abcd	0,61 abc	1,18 abc	0,04 abc	0,06 ab
20	4	C4-14	BC5S1_56(10)3_PL14	1,21 abcdefghi	1,20 abcdefg	1,23 abcde	0,71 abcd	0,64 abc	1,12 abc	0,03 ab	0,08 abc
21	4	C4-15	BC5S1_56(10)3_PL15	1,41 defghi	1,44 cdefg	1,45 bcdef	0,65 abcd	0,72 abc	0,92 abc	0,04 abc	0,12 abcd
22	4	C4-16	BC5S1_56(10)3_PL16	0,86 ab	0,86 ab	1,61 ef	0,56 abc	0,63 abc	0,89 abc	0,04 abc	0,12 abcd
23	4	C4-5	BC5S1_56(10)3_PL5	1,18 abcdefghi	1,19 abcdef	1,21 abcde	0,65 abcd	0,66 abc	0,99 abc	0,03 ab	0,06 ab
24	4	C4-9	BC5S1_56(10)3_PL9	1,17 abcdefghi	1,18 abcdef	1,19 abcde	0,64 abcd	0,61 abc	1,05 abc	0,03 ab	0,06 ab
25	5	C5-2	BC5S1_84(4)12_PL2	1,06 abcdefg	1,05 abcde	1,08 abcde	0,58 abcd	0,63 abc	0,93 abc	0,03 ab	0,03 ab
26	5	C5-22	BC5S1_84(4)12_PL22	1,16 abcdefghi	1,16 abcdef	1,19 abcde	0,67 abcd	0,67 abc	1,01 abc	0,03 ab	0,06 ab
27	5	C5-7	BC5S1_84(4)12_PL7	0,83 a	0,82 a	0,87 a	0,69 abcd	0,67 abc	1,03 abc	0,03 ab	0,06 ab
28	6	C6-13	BC2S1_60(2)_PL13	1,80 j	2,04 h	2,10 h	0,58 abcd	0,86 c	0,68 ab	0,08 d	0,22 e
29	6	C6-15	BC2S1_60(2)_PL15	1,57 hij	1,72 g	1,84 gh	0,58 abcd	0,82 abc	0,72 ab	0,07 cd	0,12 de
30	6	C6-20	BC2S1_60(2)_PL20	1,28 abcdefghi	1,26 abcdefg	1,30 abcde	0,56 abc	0,54 a	1,04 abc	0,05 abcd	0,09 ab
31	6	C6-7	BC2S1_60(2)_PL7	1,61 ij	1,69 fg	1,84 gh	0,60 abcd	0,75 abc	0,80 abc	0,06 abcd	0,19 cde
32	6	C6-22	BC2S1_60(7)_PL22	1,14 abcdefghi	1,14 abcde	1,17 abcde	0,58 abcd	0,67 abc	0,87 abc	0,03 ab	0,06 ab

Nº	CH	Código	Líneas	Índice de la forma externa I	Índice de la forma externa II	Índice de forma de fruto curvado	Formación de bloque proximal	Formación de bloque terminal	Triángulo de la forma del fruto	Elipsoide	Circular
33	6	C6-4	BC2S1_60(7)_PL4	1,11 abcdefgh	1,07 abcde	1,12 abcde	0,66 abcd	0,70 abc	0,94 abc	0,03 ab	0,05 ab
34	6	C6-7 (7)	BC2S1_60(7)_PL7	0,98 abcde	0,98 abcde	1,00 abcd	0,70 abcd	0,58 abc	1,21 abc	0,02 a	0,02 a
35	7	C7-1	BC4S1_76(3)3_PL1	1,23 abcdefghi	1,23 abcdefg	1,25 abcde	0,74 bcd	0,64 abc	1,15 abc	0,03 ab	0,08 abcd
36	7	C7-13	BC4S1_76(9)3_PL13	1,08 abcdefgh	1,09 abcde	1,14 abcde	0,75 bcd	0,55 ab	1,37 c	0,03 ab	0,06 ab
37	7	C7-15	BC4S1_76(9)3_PL15	1,43 efghi	1,43 cdefg	1,39 abcdef	0,69 abcd	0,66 abc	1,04 abc	0,04 abc	0,12 abcd
38	7	C7-2	BC4S1_76(9)3_PL2	0,92 abcd	0,90 abc	0,97 abc	0,66 abcd	0,63 abc	1,05 abc	0,02 a	0,03 ab
39	7	C7-5	BC4S1_76(9)3_PL5	1,13 abcdefghi	1,14 abcde	1,17 abcde	0,77 bcd	0,61 abc	1,27 bc	0,03 ab	0,05 ab
40	7	C7-7	BC4S1_76(9)3_PL7	1,18 abcdefghi	1,18 abcdef	1,18 abcde	0,75 bcd	0,53 a	1,41 c	0,03 ab	0,06 ab
41	8	C8-11	BC4S1_53(6)5_PL11	1,13 abcdefghi	1,12 abcde	1,16 abcde	0,63 abcd	0,70 abc	0,91 abc	0,03 ab	0,06 ab
42	8	C8-13	BC4S1_53(6)5_PL13	1,41 defghi	1,48 defg	1,50 cdef	0,63 abcd	0,75 abc	0,84 abc	0,05 abcd	0,13 abcd
43	8	C8-2	BC4S1_53(6)5_PL2	1,50 fghij	1,53 efg	1,55 def	0,62 abcd	0,73 abc	0,86 abc	0,04 abc	0,14 bcd
44	8	C8-24	BC4S1_53(6)5_PL24	1,31 abcdefghi	1,32 abcdefg	1,34 abcde	0,60 abcd	0,68 abc	0,88 abc	0,03 ab	0,10 abcd
45	8	C8-25	BC4S1_53(6)5_PL25	1,28 abcdefghi	1,30 abcdefg	1,30 abcde	0,62 abcd	0,69 abc	0,90 abc	0,04 abc	0,09 abcd
46	8	C8-4	BC4S1_53(6)5_PL4	1,22 abcdefghi	1,23 abcdefg	1,27 abcde	0,61 abcd	0,74 abc	0,83 abc	0,04 abc	0,08 abcd
47	8	C8-6	BC4S1_53(6)5_PL6	1,35 bcdefghi	1,41 bcdefg	1,42 bcdef	0,59 abcd	0,68 abc	0,87 abc	0,06 abcd	0,12 abcd
48	9	C9-12	BC5S1_6(5)11A_PL12	1,35 bcdefghi	1,38 bcdefg	1,41 abcdef	0,54 ab	0,66 abc	0,81 abc	0,04 abc	0,11 abcd
49	9	C9-21	BC5S1_6(5)11A_PL21	1,41 defghi	1,43 cdefg	1,46 bcdef	0,69 abcd	0,68 abc	1,03 abc	0,04 abc	0,12 abcd
50	9	C9-4 (A)	BC5S1_6(5)11A_PL4	1,20 abcdefghi	1,23 abcdefg	1,24 abcde	0,59 abcd	0,68 abc	0,87 abc	0,03 ab	0,07 ab
51	9	C9-11	BC5S1_6(5)11B_PL11	1,23 abcdefghi	1,24 abcdefg	1,27 abcde	0,56 abc	0,75 abc	0,74 ab	0,04 abc	0,08 abcd
52	9	C9-13	BC5S1_6(5)11B_PL13	1,40 cdefghi	1,42 cdefg	1,44 bcdef	0,63 abcd	0,65 abc	0,90 abc	0,04 abc	0,12 abcd
53	9	C9-4 (B)	BC5S1_6(5)11B_PL4	1,22 abcdefghi	1,21 abcdefg	1,24 abcde	0,65 abcd	0,68 abc	0,97 abc	0,03 ab	0,07 ab
54	9	C9-5	BC5S1_6(5)11B_PL5	1,26 abcdefghi	1,26 abcdefg	1,28 abcde	0,64 abcd	0,64 abc	1,00 bc	0,03 ab	0,09 abcd
55	10	C10-17	BC4S1_55(4)5_PL17	1,09 abcdefgh	1,10 abcde	1,11 abcde	0,80 d	0,58 abc	1,40 c	0,04 abc	0,06 ab
56	10	C10-18	BC4S1_55(4)5_PL18	1,22 abcdefghi	1,24 abcdefg	1,25 abcde	0,63 abcd	0,63 abc	1,00 abc	0,03 ab	0,07 ab
57	10	C10-2	BC4S1_55(4)5_PL2	0,90 abc	0,89 abc	0,92 ab	0,73 bcd	0,61 abc	1,20 abc	0,02 a	0,03 ab
58	11	C11-12	BC4S1_26(2)9_PL12	0,95 abcde	0,95 abcd	1,02 abcd	0,50 a	0,85 bc	0,59 a	0,06 bcd	0,06 ab
59	12	C12-11	BC5S1_29(7)5_PL11	1,19 abcdefghi	1,20 abcdefg	1,23 abcde	0,62 abcd	0,65 abc	0,97 abc	0,03 ab	0,07 ab
60	12	C12-12	BC5S1_29(7)5_PL12	1,32 abcdefghi	1,35 abcdefg	1,38 abcdef	0,62 abcd	0,62 abc	1,03 abc	0,04 abc	0,10 abcd
61	12	C12-13	BC5S1_29(7)5_PL13	1,17 abcdefghi	1,18 abcdef	1,21 abcde	0,55 ab	0,68 abc	0,82 abc	0,03 ab	0,07 ab
62	12	C12-15	BC5S1_29(7)5_PL15	1,18 abcdefghi	1,19 abcdef	1,25 abcde	0,67 abcd	0,61 abc	1,08 abc	0,02 a	0,08 abcd
63	12	C12-8	BC5S1_29(7)5_PL8	1,14 abcdefghi	1,14 abcde	1,20 abcde	0,56 abc	0,60 abc	0,94 abc	0,03 ab	0,06 ab
<b>Media:</b>				<b>1,22</b>	<b>1,23</b>	<b>1,28</b>	<b>0,65</b>	<b>0,66</b>	<b>1,00</b>	<b>0,04</b>	<b>0,08</b>
<b>Desviación estándar:</b>				<b>0,18</b>	<b>0,21</b>	<b>0,21</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,16</b>	<b>0,01</b>	<b>0,04</b>
<b>Error estándar:</b>				<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Coefficiente de variación:</b>				<b>14,71</b>	<b>16,99</b>	<b>16,60</b>	<b>9,97</b>	<b>10,11</b>	<b>16,27</b>	<b>32,56</b>	<b>45,11</b>

Nº	CH	Código	Líneas	Rectangular	Altura de hombros	Ovoboide	Ovoide	Índice de la forma interna
1		PAR	ANS_26_JPTO209	0,48 cd	0,00 a	0,12 abc	0,00 a	1,14 abcde
2	1	C1-1	BC4S1_22(4)9_PL1	0,53 cd	0,00 a	0,07 abc	0,10 a	0,99 abcd
3	1	C1-13	BC4S1_22(4)9_PL13	0,51 cd	0,01 a	0,15 abc	0,00 a	1,22 abcde
4	1	C1-16	BC4S1_22(4)9_PL16	0,51 cd	0,01 a	0,10 abc	0,07 a	1,16 abcde
5	1	C1-4	BC4S1_22(4)9_PL4	0,48 cd	0,01 a	0,14 abc	0,02 a	1,28 abcdef
6	2	C2-1	BC4S1_25(2)10_PL1	0,53 cd	0,01 a	0,20 abc	0,00 a	0,97 abc
7	2	C2-15	BC4S1_25(2)10_PL15	0,42 abcd	0,01 a	0,00 a	0,09 a	1,08 abcd
8	2	C2-18	BC4S1_25(2)10_PL18	0,51 cd	0,01 a	0,17 abc	0,00 a	1,36 bcdef
9	2	C2-22	BC4S1_25(2)10_PL22	0,50 cd	0,02 a	0,00 a	0,12 a	1,40 bcdef
10	2	C2-26	BC4S1_25(2)10_PL26	0,34 ab	0,02 a	0,00 a	0,10 a	1,08 abcd
11	2	C2-5	BC4S1_25(2)10_PL5	0,53 cd	0,01 a	0,25 abc	0,00 a	1,15 abcde
12	2	C2-8	BC4S1_25(2)10_PL8	0,52 cd	0,01 a	0,09 abc	0,05 a	1,24 abcde
13	2	C2-1 (1)	BC5S1_25(10)1_PL1	0,53 cd	0,00 a	0,09 abc	0,04 a	1,51 def
14	2	C2-4	BC5S1_25(10)1_PL4	0,55 d	0,00 a	0,00 a	0,12 a	1,17 abcde
15	3	C3-12	BC5S1_31(5)5_PL12	0,51 cd	0,02 a	0,15 abc	0,05 a	1,26 abcde
16	3	C3-16	BC5S1_31(5)5_PL16	0,52 cd	0,01 a	0,00 a	0,08 a	1,01 abcd
17	3	C3-5	BC5S1_31(5)5_PL5	0,52 cd	0,01 a	0,14 abc	0,01 a	1,19 abcde
18	3	C3-6	BC5S1_31(5)5_PL6	0,49 cd	0,01 a	0,22 abc	0,00 a	1,20 abcde
19	3	C3-8	BC5S1_31(5)5_PL8	0,51 cd	0,02 a	0,06 abc	0,08 a	1,13 abcde
20	4	C4-14	BC5S1_56(10)3_PL14	0,53 cd	0,01 a	0,07 abc	0,09 a	1,21 abcde
21	4	C4-15	BC5S1_56(10)3_PL15	0,52 cd	0,00 a	0,18 abc	0,00 a	1,42 bcdef
22	4	C4-16	BC5S1_56(10)3_PL16	0,34 a	0,04 a	0,15 abc	0,00 a	1,00 abcd
23	4	C4-5	BC5S1_56(10)3_PL5	0,52 cd	0,01 a	0,12 abc	0,06 a	1,19 abcde
24	4	C4-9	BC5S1_56(10)3_PL9	0,50 cd	0,02 a	0,04 abc	0,09 a	1,18 abcde
25	5	C5-2	BC5S1_84(4)12_PL2	0,51 cd	0,00 a	0,16 abc	0,00 a	1,05 abcd
26	5	C5-22	BC5S1_84(4)12_PL22	0,52 cd	0,00 a	0,09 abc	0,06 a	1,16 abcde
27	5	C5-7	BC5S1_84(4)12_PL7	0,54 cd	0,00 a	0,05 abc	0,07 a	0,82 a
28	6	C6-13	BC2S1_60(2)_PL13	0,43 abcd	0,02 a	0,34 c	0,00 a	2,01 g
29	6	C6-15	BC2S1_60(2)_PL15	0,42 abcd	0,00 a	0,32 bc	0,00 a	1,74 f
30	6	C6-20	BC2S1_60(2)_PL20	0,45 abcd	0,01 a	0,19 abc	0,00 a	1,26 abcde
31	6	C6-7	BC2S1_60(2)_PL7	0,39 abc	0,00 a	0,25 abc	0,00 a	1,63 ef
32	6	C6-22	BC2S1_60(7)_PL22	0,49 cd	0,00 a	0,17 abc	0,00 a	1,14 abcde

N°	CH	Código	Líneas	Rectangular	Altura de hombros	Ovoboide	Ovoide	Índice de la forma interna
33	6	C6-4	BC2S1_60(7)_PL4	0,53 cd	0,01 a	0,14 abc	0,01 a	1,07 abcd
34	6	C6-7 (7)	BC2S1_60(7)_PL7	0,49 cd	0,02 a	0,00 a	0,16 a	0,98 abcd
35	7	C7-1	BC4S1_76(3)3_PL1	0,53 cd	0,02 a	0,00 a	0,10 a	1,23 abcde
36	7	C7-13	BC4S1_76(9)3_PL13	0,50 cd	0,01 a	0,02 ab	0,16 a	1,11 abcde
37	7	C7-15	BC4S1_76(9)3_PL15	0,53 cd	0,00 a	0,15 abc	0,00 a	1,43 bcdef
38	7	C7-2	BC4S1_76(9)3_PL2	0,51 cd	0,01 a	0,05 abc	0,09 a	0,90 ab
39	7	C7-5	BC4S1_76(9)3_PL5	0,54 cd	0,03 a	0,00 a	0,11 a	1,14 abcde
40	7	C7-7	BC4S1_76(9)3_PL7	0,51 cd	0,02 a	0,00 a	0,13 a	1,17 abcde
41	8	C8-11	BC4S1_53(6)5_PL11	0,50 cd	0,003 a	0,18 abc	0,00 a	1,12 abcde
42	8	C8-13	BC4S1_53(6)5_PL13	0,49 cd	0,003 a	0,24 abc	0,00 a	1,48 abcde
43	8	C8-2	BC4S1_53(6)5_PL2	0,50 cd	0,01 a	0,20 abc	0,00 a	1,52 def
44	8	C8-24	BC4S1_53(6)5_PL24	0,50 cd	0,01 a	0,16 abc	0,00 a	1,31 abcdef
45	8	C8-25	BC4S1_53(6)5_PL25	0,52 cd	0,03 a	0,19 abc	0,00 a	1,30 abcdef
46	8	C8-4	BC4S1_53(6)5_PL4	0,51 cd	0,003 a	0,24 abc	0,00 a	1,23 abcde
47	8	C8-6	BC4S1_53(6)5_PL6	0,46 bcd	0,03	0,23 abc	0,00 a	1,38 bcdef
48	9	C9-12	BC5S1_6(5)11A_PL12	0,44 abcd	0,004 a	0,21 abc	0,00 a	1,37 bcdef
49	9	C9-21	BC5S1_6(5)11A_PL21	0,52 cd	0,01 a	0,13 abc	0,03 a	1,43 bcdef
50	9	C9-4 (A)	BC5S1_6(5)11A_PL4	0,50 cd	0,01 a	0,19 abc	0,00 a	1,22 abcde
51	9	C9-11	BC5S1_6(5)11B_PL11	0,51 cd	0,00 a	0,21 abc	0,00 a	1,24 abcde
52	9	C9-13	BC5S1_6(5)11B_PL13	0,48 cd	0,01 a	0,18 abc	0,00 a	1,42 bcdef
53	9	C9-4 (B)	BC5S1_6(5)11B_PL4	0,52 cd	0,00 a	0,11 abc	0,03 a	1,20 abcde
54	9	C9-5	BC5S1_6(5)11B_PL5	0,51 cd	0,00 a	0,15 abc	0,00 a	1,25 abcde
55	10	C10-17	BC4S1_55(4)5_PL17	0,53 cd	0,00 a	0,00 a	0,17 a	1,10 abcde
56	10	C10-18	BC4S1_55(4)5_PL18	0,50 cd	0,00 a	0,17 abc	0,00 a	1,23 abcde
57	10	C10-2	BC4S1_55(4)5_PL2	0,53 cd	0,00 a	0,00 a	0,14 a	0,89 ab
58	11	C11-12	BC4S1_26(2)9_PL12	0,50 cd	0,04 a	0,29 abc	0,00 a	0,96 abc
59	12	C12-11	BC5S1_29(7)5_PL11	0,48 cd	0,002 a	0,15 abc	0,01 a	1,20 abcde
60	12	C12-12	BC5S1_29(7)5_PL12	0,45 abcd	0,003 a	0,11 abc	0,04 a	1,27 abcdef
61	12	C12-13	BC5S1_29(7)5_PL13	0,48 cd	0,01 a	0,19 abc	0,00 a	1,18 abcde
62	12	C12-15	BC5S1_29(7)5_PL15	0,44 abcd	0,01 a	0,00 a	0,07 a	1,18 abcde
63	12	C12-8	BC5S1_29(7)5_PL8	0,45 abcd	0,03 a	0,08 abc	0,06 a	1,13 abcde
<b>Media:</b>				<b>0,49</b>	<b>0,01</b>	<b>0,13</b>	<b>0,04</b>	<b>1,22</b>
<b>Desviación estándar:</b>				<b>0,04</b>	<b>0,01</b>	<b>0,09</b>	<b>0,05</b>	<b>0,20</b>
<b>Error estándar:</b>				<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>
<b>Coefficiente de variación:</b>				<b>8,82</b>	<b>108,20</b>	<b>69,58</b>	<b>124,08</b>	<b>16,41</b>

Anexo 5.- Coeficiente de correlación de Pearson para observar el grado de relación entre las variables en la colección de MIILs.

	Peso (gr)	Perim.	Área	Anchura media altura	Anchura máxima	Altura mitad de anchura	Altura máxima	Altura curvatura	Índice externo I	Índice externo II	Índice curva fruto	Forma bloque Prox.	Forma bloque distal	Triángulo	Elipsoide	Circular	Rectang.	Altura hombro	Obovoid	Ovoide	Índ. forma interna	Espinas cáliz	Color fruto	Forma de fruto	Nº Pétalos	Color flor	Tamaño flor	CGA mg/g		
Peso fruto (gr)	0,849***	0,921***	0,897***	0,899***	0,751***	0,744***	0,737***	0,117ns	0,109ns	0,005ns	0,272*	-0,178ns	0,265*	-0,075ns	-0,014ns	0,213ns	0,011ns	-0,133ns	0,131ns	0,093ns	0,070ns	0,163ns	0,318**	0,101ns	0,080ns	0,175ns	-0,484***			
Perímetro		0,967***	0,830***	0,872***	0,947***	0,951***	0,954***	0,455***	0,445***	0,377**	0,204ns	-0,043ns	0,156ns	0,242ns	0,341**	0,028ns	0,002ns	0,048ns	-0,029ns	0,431***	0,073ns	0,210ns	0,251*	0,094ns	0,125ns	0,147ns	-0,365***			
Área			0,889***	0,911***	0,903***	0,901***	0,892***	0,330**	0,315**	0,208ns	0,279*	-0,091ns	0,227ns	0,121ns	0,188ns	0,173ns	-0,007**	-0,031*	0,056ns	0,305*	0,058ns	0,203ns	0,278*	0,079ns	0,131ns	0,155ns	-0,418***			
Anchura media altura				0,990***	0,651***	0,652***	0,662***	-0,089ns	-0,108ns	-0,147ns	0,306*	-0,332**	0,378**	-0,177ns	-0,191ns	0,205ns	0,051ns	-0,261*	0,207ns	-0,111ns	0,095ns	0,266*	0,334**	0,143ns	0,087ns	0,217ns	-0,417***			
Anchura máxima					0,701***	0,706***	0,724***	-0,020ns	-0,027ns	-0,042ns	0,249ns	-0,262*	0,312*	-0,059ns	-0,089ns	0,120ns	0,095ns	-0,17ns	0,157ns	-0,026ns	0,119ns	0,248ns	0,286*	0,129ns	0,113ns	0,204ns	-0,420***			
Altura mitad anchura						0,999***	0,976***	0,689***	0,676***	0,540***	0,121ns	0,083ns	0,028ns	0,355**	0,517***	0,027ns	-0,095ns	0,210ns	-0,156ns	0,662***	0,009ns	0,133ns	0,200ns	0,061ns	0,162ns	0,116ns	-0,358**			
Altura máxima							0,981***	0,688***	0,675***	0,555***	0,103ns	0,087ns	0,016ns	0,378**	0,530***	-0,002ns	-0,074ns	0,222ns	-0,169ns	0,664***	0,024ns	0,136ns	0,177ns	0,055ns	0,169ns	0,115ns	-0,350**			
Altura de curvatura								0,651***	0,644***	0,612***	0,078ns	0,076ns	0,007ns	0,391**	0,569***	-0,114ns	-0,007ns	0,212ns	-0,170ns	0,646***	0,040ns	0,111ns	0,145ns	0,087ns	0,171ns	0,107ns	-0,340**			
Índice externo I									0,990***	0,856***	-0,106ns	0,398***	-0,297*	0,609***	0,859***	-0,151ns	-0,207ns	0,497***	-0,403***	0,977***	-0,069ns	-0,0580ns	-0,038ns	-0,035ns	0,113ns	-0,062ns	-0,034ns			
Índice externo II										0,881***	-0,137ns	0,449***	-0,334**	0,663***	0,880***	-0,195ns	-0,173ns	0,536***	-0,398***	0,987***	-0,048ns	-0,090ns	-0,065ns	-0,043ns	0,116ns	-0,073ns	-0,027ns			
Índice curva del fruto											-0,249*	0,407***	-0,376**	0,721***	0,664***	-0,531***	0,034ns	0,517***	-0,407***	0,907***	0,027ns	-0,153ns	-0,199ns	-0,01ns	0,130ns	-0,114ns	0,045ns			
Forma bloque Prox.												-0,367**	0,828***	-0,308*	0,208ns	0,526***	-0,116ns	-0,692***	0,721***	-0,157ns	0,031ns	0,215ns	0,391**	-0,013ns	-0,245ns	-0,056ns	0,039ns			
Forma bloque distal														-0,802***	0,579***	0,470***	0,050ns	-0,030ns	0,747**	-0,560***	0,454***	-0,125ns	-0,045ns	-0,307*	-0,121ns	0,166ns	-0,099ns	0,162ns		
Triángulo de la forma															-0,445***	-0,384**	0,270*	-0,008ns	0,845***	0,813***	-0,350**	0,134ns	0,155ns	0,396***	0,039ns	-0,255*	0,015ns	-0,081ns		
Elipsoide																0,774***	-0,324**	0,159ns	0,660***	-0,358**	0,681***	0,163ns	-0,065ns	-0,366**	-0,173ns	0,169ns	-0,112ns	0,043ns		
Circular																		-0,450***	-0,023ns	0,540***	-0,410***	0,899***	0,040ns	-0,112ns	-0,203ns	-0,081ns	0,106ns	-0,123ns	0,009ns	
Rectangular																					-0,052ns	0,117ns	-0,137ns	0,162ns	-0,057ns	-0,083ns	-0,187ns	0,081ns	-0,079ns	-0,021ns
Altura hombro																														
Obovoide																														
Ovoide																														
Índice forma interna																														
Espinas cáliz																														
Color fruto																														
Forma de fruto																														
Nº Pétalos																														
Color flor																														
Tamaño flor																														
CGA mg/g																														

\*\*\*, \*\*, \*, y ns indican significativas a P <0,001; p <0,01, p <0,05 y no significativas respectivamente, para el coeficiente de correlación (r).

Altamente significativas.  
 No significativas.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

## 7. BIBLIOGRAFÍA:

Adeniji, O. & Kusolwa, P., 2012. Genetic diversity among accessions of *Solanum aethiopicum* L. groups based on morpho-agronomic traits. *Plant Genetic Resources*. Available at: [http://journals.cambridge.org/abstract\\_S1479262112000226](http://journals.cambridge.org/abstract_S1479262112000226) [Accessed May 17, 2016].

Adeniji, O., Kusolwa, P. & Reuben, S., 2013. Morphological descriptors and micro satellite diversity among scarlet eggplant groups. *African Crop Science Journal*. Available at: <http://www.ajol.info/index.php/acsj/article/view/86107> [Accessed May 17, 2016].

Akanitapichat, P., Phraibung, K. & Nuchklang, K., 2010. Antioxidant and hepatoprotective activities of five eggplant varieties. *Food and Chemical*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027869151000503X> [Accessed May 3, 2016].

Arce José, Prohens Jaime & Hurtado Maria, 2008. *Caracterización de generaciones de una familia interespecífica obtenida a partir del cruzamiento entre berenjena (Solanum melongena) y su ancestro silvestre (S. incanum)*. Universitat Politècnica de Valencia.

Baixauli C, 2001. Berenjena-Horticultura Española.

Blas AL et al., 2012. Genetic mapping of quantitative trait loci controlling fruit size and shape in papaya. *Molecular*. Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11032-011-9562-1> [Accessed May 4, 2016].

Brand-Daunay, M. & Hazra, P., 2012. Eggplant. *Handbook of Vegetables*. Available at: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01271244/> [Accessed May 3, 2016].

Brewer, M. et al., 2006. Development of a controlled vocabulary and software application to analyze fruit shape variation in tomato and other plant species. *Plant*. Available at: <http://www.plantphysiol.org/content/141/1/15.short> [Accessed May 4, 2016].

- Burgos-Morón, E. & Calderón-Montaña, J., 2012. The Coffee Constituent Chlorogenic Acid Induces Cellular DNA Damage and Formation of Topoisomerase I–and II–DNA Complexes in Cells. *Journal of agricultural*. Available at: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf300999e> [Accessed May 3, 2016].
- Calatayud E, Prohens J. & Rodriguez, A., 2005. *Estudio del contenido en polifenoles totales en una colección de variedades tradicionales de berenjena (solanum melongen L) y su efecto en el pardeamiento enzimática. Escuela Técnica Superior del Medio Rural y Enología (ETSIA).* , 54.
- Cericola, F., Portis, E. & Lanteri, S., 2014. Linkage disequilibrium and genome-wide association analysis for anthocyanin pigmentation and fruit color in eggplant. *BMC*. Available at: <https://bmcgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2164-15-896> [Accessed June 24, 2016].
- Cho, A. et al., 2010. Chlorogenic acid exhibits anti-obesity property and improves lipid metabolism in high-fat diet-induced-obese mice. *Food and Chemical*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027869151000013X> [Accessed May 3, 2016].
- Cobo B., 1964. (*obra original de 1639*). *Obras de P. Bernabé Cobo. Vol. 1. La Fundación de Lima. Ed. Atlas, Madrid,*
- Coman C, Rugină OD & Socaciu C, 2012. Plants and natural compounds with antidiabetic action. *Agrobotanici Cluj-Napoca*. Available at: <http://search.proquest.com/openview/810b1a2aecd79b7df48d9bf0e16ae175/1?pq-origsite=gscholar> [Accessed May 3, 2016].
- Costa, C. et al., 2011. Shape analysis of agricultural products: a review of recent research advances and potential application to computer vision. *Food and Bioprocess*. Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11947-011-0556-0> [Accessed May 4, 2016].
- Dao, L. & Friedman, M., 1992. Chlorogenic acid content of fresh and processed potatoes determined by ultraviolet spectrophotometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Available at: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf00023a022> [Accessed May 3, 2016].

- Das, S. et al., 2011. Cardioprotective properties of raw and cooked eggplant (*Solanum melongena* L). *Food & function*. Available at: <http://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2011/fo/c1fo10048c> [Accessed May 3, 2016].
- Daunay M, Lester R & Ano G., 2001. Eggplant. In: Charrier A, Jacquot A, Hamon M, Nicolas D, editors. Tropical plant breeding. Montpellier: Science Publishers, 199–222.
- Daunay, M., 2008. Eggplant. *Vegetables II*. Available at: [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-74110-9\\_5](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-74110-9_5) [Accessed April 30, 2016].
- Daunay, M., 1996. Monographie aubergine. L'aubergine a travers les ages et les usages. *PHM Revue Horticole*. Available at: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=FR19970017504> [Accessed April 30, 2016].
- Daunay, M. & Janick, J., 2007. History and iconography of eggplant. *Chronica Horticulturae*. Available at: <http://www.actahort.org/chronica/pdf/ch4703.pdf#page=16> [Accessed May 6, 2016].
- Dempewolf, H., Eastwood, R. & Guarino, L., 2014. Adapting agriculture to climate change: A global initiative to collect, conserve, and use crop wild relatives. *and Sustainable Food* .... Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/21683565.2013.870629> [Accessed May 1, 2016].
- Doğan, M., Arslan, O. & Doğan, S., 2002. Substrate specificity, heat inactivation and inhibition of polyphenol oxidase from different aubergine cultivars. *International journal of food*. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2621.2002.00580.x/full> [Accessed May 17, 2016].
- Doganlar, S. et al., 2002. Conservation of gene function in the Solanaceae as revealed by comparative mapping of domestication traits in eggplant. Available at: <http://www.genetics.org/content/161/4/1713.short> [Accessed May 1, 2016].

- Eshed, Y. et al., 1992. Lycopersicon esculentum lines containing small overlapping introgressions from L. pennellii. *Theoretical and Applied Genetics*. Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00232968> [Accessed May 18, 2016].
- Eshed, Y. & Zamir, D., 1995. An introgression line population of Lycopersicon pennellii in the cultivated tomato enables the identification and fine mapping of yield-associated QTL. *Genetics*. Available at: <http://www.genetics.org/content/141/3/1147.short> [Accessed May 1, 2016].
- Eshed, Y. & Zamir, D., 1994. Introgressions from Lycopersicon pennellii can improve the soluble-solids yield of tomato hybrids. *Theoretical and Applied Genetics*. Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF01254002> [Accessed May 18, 2016].
- ESTACOM, 2015. *Base de datos estadísticos*. <http://www.icex.es/icex/es/index.html>,
- FAOSTAT, 2013. <http://faostat.fao.org>,
- FAOSTAT, 2014. <http://faostat.fao.org/>.,
- Fowler, C., Moore, G. & Hawtin, G., 2013. The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture.
- Friedman, M. & Dao, L., 1990. Effect of autoclaving and conventional and microwave baking on the ergot alkaloid and chlorogenic acid contents of morning glory (*Ipomoea tricolor* Cav. cv.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
- Fukuoka, S., Nonoue, Y. & Yano, M., 2010. Germplasm enhancement by developing advanced plant materials from diverse rice accessions. *Breeding Science*. Available at: <http://jlc.jst.go.jp/JST.JSTAGE/jsbbs/60.509?from=Google> [Accessed May 1, 2016].
- González-Lavaut, J. & Oca-Rojas, Y.M. de, 2007. Breve reseña de la especie Solanum melongena L. *Revista Cubana de*. Available at: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962007000300006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962007000300006) [Accessed April 22, 2016].
- Gonzalo, M. & Knaap, E. Van Der, 2008. A comparative analysis into the genetic bases of morphology in tomato varieties exhibiting elongated fruit shape. *Theoretical and Applied Genetics*. Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00122->

- 007-0698-7 [Accessed May 4, 2016].
- Gramazio, P. et al., 2014. Location of chlorogenic acid biosynthesis pathway and polyphenol oxidase genes in a new interspecific anchored linkage map of eggplant. *BMC plant*.
- Grubben, G., Tindall, H. & Williams, J., 1977. Tropical vegetables and their genetic resources. Available at: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300552426> [Accessed May 1, 2016].
- Hajjar, R. & Hodgkin, T., 2007. The use of wild relatives in crop improvement: a survey of developments over the last 20 years. *Euphytica*. Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10681-007-9363-0> [Accessed May 1, 2016].
- Hanson, P. et al., 2006. Diversity in eggplant (*Solanum melongena*) for superoxide scavenging activity, total phenolics, and ascorbic acid. *of Food composition* .... Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157506000263> [Accessed May 3, 2016].
- Helmja, K. et al., 2008. Evaluation of antioxidative capability of the tomato (*Solanum lycopersicum*) skin constituents by capillary electrophoresis and high-performance liquid. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/elps.200800012/full> [Accessed May 5, 2016].
- Hirakawa, H., Shirasawa, K. & Miyatake, K., 2014. Draft genome sequence of eggplant (*Solanum melongena* L.): the representative solanum species indigenous to the old world. *DNA*. Available at: <http://dnaresearch.oxfordjournals.org/content/early/2014/09/16/dnares.dsu027.short> [Accessed April 22, 2016].
- Hurtado, M., 2016. MEJORA GENÉTICA DE LA BERENJENA.(*S. melongena* L.). Available at: <https://riunet.upv.es/handle/10251/61386> [Accessed May 3, 2016].
- Hurtado, M. et al., 2013. Phenomics of fruit shape in eggplant (*Solanum melongena* L.) using Tomato Analyzer software. *Scientia*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423813005542> [Accessed May 4, 2016].

- IBPGR., undefined, 1990. Descriptors for eggplant. Available at: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BFHIA.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expression=mfn=007506> [Accessed May 4, 2016].
- Illescas, E. & Vesperinas, E., 1989. Tratado de horticultura herbácea: 1, Hortalizas de flor y de fruto. Available at: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BFHIA.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expression=mfn=010064> [Accessed April 22, 2016].
- Isshiki, S., Okubo, H. & Fujieda, K., 1994. Phylogeny of eggplant and related Solanum species constructed by allozyme variation. *Scientia horticulurae*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304423894900108> [Accessed April 30, 2016].
- Jung, E. et al., 2011. Antioxidant activity of different parts of eggplant. *Journal of Medicinal*. Available at: <http://www.academicjournals.org/journal/JMPR/article-abstract/4A6406625645> [Accessed May 3, 2016].
- Kalra, E., 2003. Nutraceutical-definition and introduction. *Aaps Pharmsci*. Available at: <http://link.springer.com/article/10.1208/ps050325> [Accessed May 3, 2016].
- Karihaloo, J. & Gottlieb, L., 1995. Allozyme variation in the eggplant, Solanum melongena L.(Solanaceae). *Theoretical and Applied Genetics*. Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00222006> [Accessed April 30, 2016].
- Khan, R., 1979. Solanum melongena and its ancestral forms. *Linnean Society symposium series*. Available at: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302094431> [Accessed April 22, 2016].
- Kinsella, J. et al., 1993. Possible mechanisms for the protective role of antioxidants in wine and plant foods. *Food technology*. Available at: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US19940010323> [Accessed May 3, 2016].
- Knapp, S., Vorontsova, M. & Prohens, J., 2013. Wild relatives of the eggplant (Solanum melongena L.: Solanaceae): new understanding of species names in a complex group. *PloS one*. Available at: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0057039>

[Accessed April 22, 2016].

Knott, J., Lorenz, O. & Maynard, D., 1957. Handbook for vegetable growers.

Kwon, Y., Apostolidis, E. & Shetty, K., 2008. In vitro studies of eggplant (*Solanum melongena*) phenolics as inhibitors of key enzymes relevant for type 2 diabetes and hypertension. *Bioresource Technology*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852407005342> [Accessed May 3, 2016].

Lester RN, 1990. Descriptors for eggplants. IBPGR, Roma, Italia.

Lester, R. & Hasan, S., 1991. Origin and domestication of the brinjal egg-plant, *Solanum melongena*, from *S. incanum*, in Africa and Asia. *N ed (s). Solanaceae III. Taxonomy, chemistry ...*. Available at: <http://kdb.kew.org/kdb/detailedresult.do?id=85798> [Accessed April 30, 2016].

Lippman, Z., Semel, Y. & Zamir, D., 2007. An integrated view of quantitative trait variation using tomato interspecific introgression lines. *Current opinion in genetics & ...*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959437X07001256> [Accessed May 1, 2016].

Luthria, D. & Mukhopadhyay, S., 2006. Influence of sample preparation on assay of phenolic acids from eggplant. *Journal of agricultural and food*. Available at: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf0522457> [Accessed May 5, 2016].

Macheix, J. & Fleuriet, A., 1990. Fruit phenolics. Available at: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=vHqke7F4IWYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=autor:Macheix+autor:J+autor:Fleuriet+autor:A&ots=7Gb\\_-QUWka&sig=KkiU\\_qrHmXpSH6IsTS96LEjj0vw](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=vHqke7F4IWYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=autor:Macheix+autor:J+autor:Fleuriet+autor:A&ots=7Gb_-QUWka&sig=KkiU_qrHmXpSH6IsTS96LEjj0vw) [Accessed May 4, 2016].

Meyer, R. et al., 2012. Phylogeographic relationships among Asian eggplants and new perspectives on eggplant domestication. *phylogenetics and evolution*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1055790312000590> [Accessed April 22, 2016].

- Ministerio de Agricultura, A. y M.A., 2014. <http://www.magrama.gob.es/>,
- Mishra, B., Gautam, S. & Sharma, A., 2012. Browning of fresh-cut eggplant: Impact of cutting and storage. *Postharvest Biology and Technology*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521411003097> [Accessed May 3, 2016].
- Mishra, B., Gautam, S. & Sharma, A., 2013. Free phenolics and polyphenol oxidase (PPO): The factors affecting post-cut browning in eggplant (*Solanum melongena*). *Food chemistry*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881461300109X> [Accessed May 3, 2016].
- Monforte, A. & Tanksley, S., 2000. Development of a set of near isogenic and backcross recombinant inbred lines containing most of the *Lycopersicon hirsutum* genome in a *L. esculentum* genetic. *Genome*. Available at: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/g00-043> [Accessed May 1, 2016].
- Muñoz-Falcón, J. & Prohens, J., 2009. Diversity in commercial varieties and landraces of black eggplants and implications for broadening the breeders' gene pool. *Annals of Applied*. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7348.2009.00314.x/full> [Accessed May 17, 2016].
- Mutegi, E., Snow, A. & Rajkumar, M., 2015. Genetic diversity and population structure of wild/weedy eggplant (*Solanum insanum*, Solanaceae) in southern India: Implications for conservation. *journal of botany*. Available at: <http://www.amjbot.org/content/102/1/140.short> [Accessed May 1, 2016].
- Nadkarni KM, 1927. *The Indian Materia Medica: Popular Book Depo: Bombay*.
- Naujeer, H., 2009. Morphological diversity in eggplant (*Solanum melongena* L.), their related species and wild types conserved at the National gene bank in Mauritius. Available at: <http://stud.epsilon.slu.se/655/> [Accessed June 24, 2016].
- Nuez, F., Prohens, J. & Valcarcel, J., 2002. Analítico: Colección de semillas de berenjena del Centro de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana. *Monografías*. Available at: <http://www.sidalc.net/cgi->

- bin/wxis.exe/?IsisScript=EESC.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expression=mfn=009073 [Accessed April 30, 2016].
- Nunome, T. et al., 2001. Mapping of fruit shape and color development traits in eggplant (*Solanum melongena* L.) based on RAPD and AFLP markers. *Breeding science*. Available at: <http://jlc.jst.go.jp/DN/JALC/00090205477?from=Google> [Accessed May 1, 2016].
- Pérez de Castro, 2013. Desarrollo y utilización de marcadores moleculares para el genotipado de la colección de líneas de introgresión de *Solanum lycopersicoides* en el fondo genético del. Available at: <https://riunet.upv.es/handle/10251/27382> [Accessed May 17, 2016].
- Plazas, M., 2014. Caracterización y mejora genética de la berenjena (*Solanum melongena*) para compuestos bioactivos. Available at: <https://riunet.upv.es/handle/10251/48563> [Accessed June 26, 2016].
- Plazas, M., Andújar, I., et al., 2014. Conventional and phenomics characterization provides insight into the diversity and relationships of hypervariable scarlet (*Solanum aethiopicum* L.) and gboma. *Front. Plant*.
- Plazas, M., Vilanova, S., et al., 2013. Evaluation of fruit shape variations in Spanish eggplants using an image analysis software. *Tropical Agricultural*. Available at: <http://tar.sljol.info/articles/10.4038/tar.v25i1.8028/> [Accessed May 4, 2016].
- Plazas, M., Prohens, J., et al., 2014. Reducing capacity, chlorogenic acid content and biological activity in a collection of scarlet (*Solanum aethiopicum*) and gboma (*S. macrocarpon*) eggplants. *International journal of*. Available at: <http://www.mdpi.com/1422-0067/15/10/17221/htm> [Accessed May 1, 2016].
- Plazas, M., Andujar, I. & Vilanova, S., 2013. Breeding for chlorogenic acid content in eggplant: interest and prospects. *Notulae Botanicae*. Available at: <http://search.proquest.com/openview/f1f98128998fba6cc58f12d8b68b9c62/1?pq-origsite=gscholar> [Accessed May 3, 2016].
- Plazas, M., Vilanova, S. & Gramazio, P., 2016. Interspecific hybridization between eggplant and wild relatives from different gene pools. *Journal of the*. Available at: <http://journal.ashspublications.org/content/141/1/34.short> [Accessed May 1, 2016].

- Polignano, G., Ugenti, P. & Bisignano, V., 2010. Genetic divergence analysis in eggplant (*Solanum melongena* L.) and allied species. *Genetic Resources and*. Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10722-009-9459-6> [Accessed May 4, 2016].
- Portis, E. et al., 2014. QTL mapping in eggplant reveals clusters of yield-related loci and orthology with the tomato genome. *PloS one*. Available at: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0089499> [Accessed April 30, 2016].
- Prohens, J. et al., 2012. Characterization of interspecific hybrids and first backcross generations from crosses between two cultivated eggplants (*Solanum melongena* and *S. aethiopicum*). *Euphytica*. Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10681-012-0652-x> [Accessed May 4, 2016].
- Prohens, J., Blanca, J. & Nuez, F., 2005. Morphological and molecular variation in a collection of eggplants from a secondary center of diversity: Implications for conservation and breeding. *Journal of the*. Available at: <http://journal.ashspublications.org/content/130/1/54.short> [Accessed April 30, 2016].
- Prohens, J., Nuez, F. & Carena, M., 2008. Handbook of plant breeding. Available at: <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-1-4419-0763-9.pdf> [Accessed May 1, 2016].
- Prohens, J. & Rodríguez-Burruezo, A., 2007. Total phenolic concentration and browning susceptibility in a collection of different varietal types and hybrids of eggplant: implications for breeding for higher. *Journal of the*. Available at: <http://journal.ashspublications.org/content/132/5/638.short> [Accessed May 3, 2016].
- Prohens, J. & Rodríguez-Burruezo, A., 2010. Use of Capsicum and eggplant resources for practical classes of genetics and plant breeding courses. *on Genetics and ....* Available at: <http://www.chilepepperinstitute.org/content/files/2010EUCARPIAProc.pdf#page=56> [Accessed May 5, 2016].

- Prohens, J., Whitaker, B. & Plazas, M., 2013. Genetic diversity in morphological characters and phenolic acids content resulting from an interspecific cross between eggplant, *Solanum melongena*, and its wild. *Annals of applied*. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aab.12017/full> [Accessed May 1, 2016].
- Quagliotti, L., 1979. Floral biology of *Capsicum* and *Solanum melongena*. *Hawkes, J, G., Lester, R, N., Skelding, A, D ed (s). The*. Available at: <http://kdb.kew.org/kdb/detailedresult.do?id=201775> [Accessed April 22, 2016].
- Ranil, R. et al., 2015. Improving seed germination of the eggplant rootstock *Solanum torvum* by testing multiple factors using an orthogonal array design. *Scientia*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301059> [Accessed April 25, 2016].
- Reiss, R. et al., 2012. Estimation of cancer risks and benefits associated with a potential increased consumption of fruits and vegetables. *Food and chemical*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691512006394> [Accessed May 3, 2016].
- Rodríguez, G., Moyseenko, J. & Robbins, M., 2010. Tomato Analyzer: a useful software application to collect accurate and detailed morphological and colorimetric data from two-dimensional objects. *JoVE (Journal of*. Available at: <http://www.jove.com/video/1856/tomato-analyzer-useful-software-application-to-collect-accurate> [Accessed May 5, 2016].
- Rotino, G., Sala, T. & Toppino, L., 2014. Eggplant. *Alien Gene Transfer in Crop Plants*,. Available at: [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-9572-7\\_16](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-9572-7_16) [Accessed May 3, 2016].
- Santos, M. Dos, Almeida, M. & Lopes, N., 2006. Evaluation of the anti-inflammatory, analgesic and antipyretic activities of the natural polyphenol chlorogenic acid. *Pharmaceutical Bulletin*. Available at: <http://jlc.jst.go.jp/DN/JALC/00286091815?from=Google> [Accessed May 3, 2016].
- Savvas, D. & Lenz, F., 1996. Influence of NaCl concentration in the nutrient solution on mineral composition of eggplants grown in sand culture. *Angewandte Botanik (Germany)*. Available at: <http://agris.fao.org/agris->

- search/search.do?recordID=DE97H1893 [Accessed May 3, 2016].
- Singh, A. et al., 2009. Polyphenols content and antioxidant capacity of eggplant pulp. *Food Chemistry*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881460801265X> [Accessed May 3, 2016].
- Stommel, J. & Whitaker, B., 2003. Phenolic acid content and composition of eggplant fruit in a germplasm core subset. *Journal of the*. Available at: <http://journal.ashspublications.org/content/128/5/704.short> [Accessed May 3, 2016].
- Sunseri, F., Polignano, G. & Alba, V., 2010. Genetic diversity and characterization of African eggplant germplasm collection. *African Journal of*. Available at: <http://www.academicjournals.org/journal/AJPS/article-abstract/46FE16C11860> [Accessed May 17, 2016].
- Tigchelaar, E., Janick, J. & Erickson, H., 1968. The genetics of anthocyanin coloration in eggplant (*Solanum melongena* L.). *Genetics*. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1212056/> [Accessed June 26, 2016].
- Toppino, L. et al., 2016. Mapping Quantitative Trait Loci Affecting Biochemical and Morphological Fruit Properties in Eggplant (*Solanum melongena* L.). *Frontiers in plant*. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4777957/> [Accessed June 26, 2016].
- Vavilov, N., 1951. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. *Soil Science*. Available at: [http://journals.lww.com/soilsci/citation/1951/12000/the\\_origin,\\_variation,\\_immunity\\_and\\_breeding\\_of.18.aspx](http://journals.lww.com/soilsci/citation/1951/12000/the_origin,_variation,_immunity_and_breeding_of.18.aspx) [Accessed April 22, 2016].
- Vorontsova, M., Stern, S. & Bohs, L., 2013. African spiny *Solanum* (subgenus *Leptostemonum*, Solanaceae): a thorny phylogenetic tangle. *Botanical Journal of the*. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/boj.12053/full> [Accessed April 30, 2016].

Wang, J., Gao, T. & Knapp, S., 2008. Ancient Chinese literature reveals pathways of eggplant domestication. *Annals of botany*. Available at: <https://aob.oxfordjournals.org/content/102/6/891.full> [Accessed April 25, 2016].

Weese, T. & Bohs, L., 2010. Eggplant origins: out of Africa, into the Orient. *Taxon*. Available at: <http://www.ingentaconnect.com/content/iapt/tax/2010/00000059/00000001/art00006> [Accessed May 1, 2016].

Yang, J., Meyers, K. & Heide, J. van der, 2004. Varietal differences in phenolic content and antioxidant and antiproliferative activities of onions. *Journal of agricultural*. Available at: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf0307144> [Accessed May 3, 2016].

Yun, N., Kang, J. & Lee, S., 2012. Protective effects of chlorogenic acid against ischemia/reperfusion injury in rat liver: molecular evidence of its antioxidant and anti-inflammatory properties. *The Journal of nutritional biochemistry*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955286311002245> [Accessed May 3, 2016].

Zamir, D., 2001. Improving plant breeding with exotic genetic libraries. *Nature reviews genetics*. Available at: <http://www.nature.com/nrg/journal/v2/n12/abs/nrg1201-983a.html> [Accessed May 1, 2016].

Zhang, Y. et al., 2014. Anthocyanin accumulation and molecular analysis of anthocyanin biosynthesis-associated genes in eggplant (*Solanum melongena* L.). *Journal of agricultural*. Available at: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf404574c> [Accessed June 26, 2016].

