

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE INJERTOS DE SANDÍA EN LA ZONA PUERTO CAYO EN ECUADOR

Julio Gabriel-Ortega^{1/*}, Jackson Medranda-Barre², Washington Narváez-Campana³,
Fernando Ayón-Villao⁴, Alfredo Castro-Landín⁵

Palabras clave: Morfológicas; agronómicas; bióticos; abióticos; organoléptica.

Keywords: Morphological; agronomic; biotic; abiotic; organoleptic.

Recibido: 06/05/22

Aceptado: 11/07/22

RESUMEN

Introducción. La sandía (*Citrullus lanatus* L.) es un cultivo importante en la zona de Puerto la Boca, que requiere del desarrollo de nuevas alternativas tecnológicas como los injertos para contrarrestar los problemas de plagas (áfidos, trips y mosca blanca) y enfermedades como el mildiu veloso (*Pseudoperonospora cubensis*). **Objetivo.** Evaluar el comportamiento agronómico de injertos de sandía y su rentabilidad. **Materiales y métodos.** Los ensayos fueron implementados en campo en un diseño experimental de bloques completamente aleatorios, donde se realizaron 10 tratamientos y 10 repeticiones. Los tratamientos resultaron de la combinación de 4 patrones de zapallo, 2 injertos de sandía y 2 testigos. Los patrones fueron: P1: alamama, P2: zapallo manabita, P3: zapallo verde y P4: zapallo guitarrilla grande. Los injertos fueron: I1: sandía

quetzalí e I2: sandía charleston gray y los testigos fueron los 2 últimos materiales. Las variables de respuestas fueron, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de guías, número de entrenudos, porcentaje de severidad del mildiu polvoso, número de flores, número de cuaje, número de frutos, volumen de fruto y peso de frutos. En poscosecha se evaluó el índice de refacción en núcleo, porcentaje de sólidos totales y temperatura. Se hizo un análisis de beneficio/costo de los tratamientos a través de presupuestos parciales. **Resultados.** Hubo un 91,06% de germinación de la semilla de las variedades de zapallo y sandía. Para transplantar, se colectaron 798 plantas injertadas (83,13%). La rentabilidad máxima (Beneficio/costo) de los frutos fue de US \$3,80 por la venta en supermercado y de US \$1,90 por la venta en el mercado de abasto de Jipijapa. **Conclusión.** Hubo una alta germinación de semilla de las variedades de zapallo y sandía,

* Autor para correspondencia. Correo electrónico: julio.gabriel@unesum.edu.ec

1 Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador.
 0000-0001-9776-9235.

2 Consultor independiente, Jipijapa, Manabí, Ecuador.
 0000-0003-3045-1462.

3 Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador.

 0000-0002-6674-2088.

4 Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador.

 0000-0003-4772-9344.

5 Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador.

 0000-0001-6340-8749.

obteniéndose suficientes plantas para el trasplante a campo. Los injertos entre quetzalí y zapallo verde, mostraron vigor y sanidad parecida al testigo quetzalí.

ABSTRACT

Agronomic behavior grafts of watermelon in Puerto Cayo in Ecuador.

Introduction. Water melon (*Citrullus lanatus* L.) is an important crop in Puerto la Boca area, this area requires the development of new technological alternatives such as grafts to counteract pest problems (aphids, thrips and whitefly) and diseases such as mildew veloso (*Pseudoperonospora cubensis*). **Objective.** Evaluate the agronomic behavior of grafted watermelon plants and their profitability. **Materials and methods.** The tests were implemented in the field in an experimental design of completely random blocks, where 10 treatments and 10 repetitions were applied. The treatments resulted from the combination of 4 patrons of zapallo, 2 grafted watermelon and

the control. The patrons were: P1: alamama, P2: zapallo manabita, P3: zapallo verde and P4: zapallo guitarrilla grande. The injections were: I1: sandia quetzali and I2: sandia charleston gray and the control were the last materials. The response variables where plant height, stem diameter, number of branches, number of guides, number of internodes, percentage of severity of mildiu octopus, number of flowers, number of fruit sets, number of fruits, volume of fruit and weight of fruits. Afterwards, the core refactoring index, percentage of total solids and temperature were evaluated. A benefit/cost analysis of the treatments was carried out through partial assumptions. **Results.** There was a 91.06% germination of seed of zapallo and watermelon varieties. 798 grafted plants were transplanted 83.13%. The highest profitability (benefit/cost) of the fruits was US \$3.80 at the supermarket and US \$1.90 at the Jipijapa supply market. **Conclusion.** There was a high germination of seeds of the varieties of zapallo and watermelon, obtaining enough plants for field transplantation. The grafting between quetzali and zapallo verde, showed vigor and sanity similar to the control quetzali.

INTRODUCCIÓN

Según Davis *et al.* (2008), el injerto de hortalizas comenzó en la década de 1920 para controlar las enfermedades transmitidas por el suelo y es ahora una práctica común en Asia, partes de Europa y el Medio Oriente. Se ha informado que el pH, el sabor, el azúcar, el color, el contenido de carotenoides y la textura pueden ser afectados por el injerto de hortalizas y el tipo de portainjerto utilizado (Davis *et al.* 2008). Existen reportes contradictorios sobre cambios en la calidad de la fruta debido al injerto. Las diferencias podrían deberse en parte, a diferentes ambientes de producción, tipo de patrón utilizado, interacciones entre portainjertos e injertos específicos, y fecha de cosecha (Davis *et al.* 2008).

Hay aspectos por los que los portainjertos interfieren en la calidad de la fruta del injerto, lo más evidente es la incompatibilidad del patrón, que induce un crecimiento excesivo del injerto, y a una disminución del flujo de agua y nutrientes a través de la unión injertada, ya que causa marchitamiento (Lee y Oda 2003). La incompatibilidad puede mostrar afectaciones por el tejido, diferencias de estructura, características fisiológicas y bioquímicas, etapa de crecimiento de portainjertos e injertos, fitohormonas y el entorno (Lee y Oda 2003). Estudios de injertos y portainjertos indican que los cambios en el injerto son controlados por los portainjertos a través de la absorción, síntesis y translocación controladas de agua, minerales y hormonas vegetales (Lee y Oda 2003). El injerto influye en la absorción y translocación de fósforo, nitrógeno,

magnesio y calcio (Ruiz *et al.* 1997, Pulgar *et al.* 2000). Según Hu *et al.* (2006), una mejor absorción de nutrientes aumenta la fotosíntesis, que es particularmente notable en condiciones de invernadero donde hay menor luz solar y bajo contenido de CO₂ durante los meses de invierno. Bajo estas condiciones permiten que las plantas injertadas produzcan mayores rendimientos y a veces con una mejor calidad de la fruta (Liu *et al.* 2009, Şafak *et al.* 2018).

La combinación patrón/injerto puede alterar la cantidad de hormonas producidas y su influencia en los órganos de las plantas injertadas (Satoh 1996). Sakata *et al.* (2007) afirman que en comparación con otros portainjertos, la sandía injertada en calabaza de botella (*Lagenaria siceraria*) provoca la formación temprana de flores femeninas. Por el contrario, la floración se retrasa en sandía injertada con calabaza de cera (*Benincasa hispida*), especialmente en plantas con portainjertos de tipo 'Shintosa' (Davis *et al.* 2008). La fecha de floración afecta el tiempo de cosecha de la fruta, lo que puede tener un impacto directo en la calidad. Los problemas de calidad anormal de la fruta informados para la sandía debido al injerto incluyen contenido reducido de sólidos solubles, mayor número de bandas amarillentas en la pulpa, corteza más gruesa, sabor insípido, textura pobre (más fibras) y firmeza disminuida (Lee y Oda 2003, Xu *et al.* 2006, Alan *et al.* 2007, Alexopoulos *et al.* 2007). Sin embargo, otros reportan efectos positivos del injerto de sandía, incluidos un aumento en la firmeza de la fruta, grados Brix y contenido de licopeno (Salam *et al.* 2002, Davis y Perkins-Veazie 2005, Taylor *et al.* 2006). Yetisir *et al.* (2003) informaron que el injerto afecta la calidad (Brix, firmeza, grosor de la cáscara y forma de la fruta) de la sandía, pero los resultados dependieron del patrón utilizado. Mientras que Miguel *et al.* (2004) no encontraron diferencias en la concentración de sólidos solubles de la fruta de sandía de vástagos injertados en un portainjerto *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata* (híbrido interespecífico) en comparación con los controles. Dos estudios indican que el injerto puede

aumentar el tamaño del fruto en sandía (Salam *et al.* 2002, Miguel *et al.* 2004). Perkins-Veazie *et al.* (2008) demostraron que el injerto de sandía podía aumentar el licopeno y los carotenoides totales en un 20%, y los aminoácidos, especialmente la citrulina (un aminoácido no esencial con propiedades vasodilatadoras) hasta en un 35%. Estos resultados, muestran la importancia de estudiar las combinaciones patrón/injerto bajo múltiples condiciones climáticas y geográficas.

En Ecuador, particularmente en la zona de Puerto la Boca, de la Parroquia de Puerto Cayo en la provincia de Manabí, no se identificaron antecedentes de evaluaciones de injertos de sandía. En esta zona productora de sandía existen muchos problemas de plagas y enfermedades de suelo y aire que afectan al cultivo, por lo que se evidenció la necesidad de innovar nuevas técnicas para la producción de sandía, como lo es, el uso de los patrones e injertos apropiados.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento de injertos de sandía y su rentabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. La investigación fue desarrollada en el 2021, bajo condiciones en campo, en una parcela de un productor del Recinto Puerto La Boca de la Parroquia Puerto Cayo, Cantón Jipijapa, que está ubicado a 45 min de Jipijapa (1°18'20"S, 80°45'42"O y altura de 53 msnm). Su clima posee una temperatura promedio de 24,8°C, la precipitación promedio anual es de 298 mm, concentrándose la mayor cantidad de lluvia en febrero, mientras que el más seco es agosto (SNPD 2015).

Tratamiento y diseño experimental. Se aplicaron 10 tratamientos, que resultaron de la combinación de 4 patrones de zapallo, 2 injertos de sandía y 2 testigos (sin injertar). Los portainjertos fueron: P1: alamama (*Cucurbita ecuadoriensis*), P2: zapallo manabita (*Cucurbita moschata duchesne*), P3: zapallo verde (*Cucurbita maxima duchesne*) y P4: zapallo guitarra grande (*Cucurbita maxima*). Los injertos fueron:

I1: sandía quetzalí (*Citrullus lanatus*) e I2: sandía charleston gray (*Citrullus lanatus*) y los testigos fueron las 2 últimas variedades.

El experimento fue implementado en campo en un diseño experimental de bloques completamente aleatorios (DBCA), con 10 tratamientos y 10 repeticiones (Gabriel *et al.* 2021a).

Análisis estadísticos. Sobre la base del modelo definido y previo análisis de normalidad y homogeneidad de varianzas, se realizó análisis de varianza (ANVA), para probar hipótesis de los efectos fijos, así como las comparaciones de medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey al $p < 0,05$ de probabilidad (Gabriel *et al.* 2021a). El ANVA de los datos también sirvió para estimar los componentes de varianza para los efectos aleatorios. Los resultados indicados se realizaron mediante el Proc GLM del SAS (Gabriel *et al.* 2021a).

Se procedió a realizar un análisis de correlación entre las variables de respuesta correspondientes. Para los procedimientos se utilizó el análisis del coeficiente de correlación de Pearson, que compara variables cuantitativas (Gabriel *et al.* 2021a).

Variables de respuesta. Fueron almacenados para pre-germinación en cámaras húmedas 240 semillas de los injertos y 480 semillas de los patrones (quetzalí y charleston grey) y 120 semillas de estas últimas variedades como testigos. Se evaluó el porcentaje de germinación.

Las semillas germinadas correspondientes a una planta/vaso, fueron trasplantadas a vasos de plástico de 250 g con sustrato esterilizado. Después de 21 días del trasplante (ddt), se realizó el injerto, por el método de aproximación y decapitación, que consistió en unir el patrón + el injerto de sandía, en adelante simbolizados con el signo +. A los 15 días se cortó el tallo de la sandía en el vaso injertado. Las variables evaluadas en esta etapa fueron porcentaje de germinación, porcentaje de plantas injertadas, porcentaje de plantas enfermas, recuperadas y muertas.

Manejo del experimento de investigación. Cada unidad experimental estuvo constituida por 30 plantas por tratamiento. En total se

evaluaron 300 plantas. La distancia de trasplante fue de 0,50 m entre planta y 5 m entre hileras. Las variables evaluadas al 50% de floración fueron:

Altura de la planta en cm = AP
 Número de hojas por planta = NP
 Número de guías = NG
 Diámetro del tallo en mm = DT
 Porcentaje de severidad por plantas = %
 Número de frutos por planta = NF
 Peso del fruto = PF (medido en kg)

Volumen total de frutos en cm³. Para determinar el volumen de cada fruto se consideró el diámetro de fruto, largo de fruto y ancho de fruto en cm, y se utilizó la fórmula recomendada por Moreno (2000).

Análisis en organoléptico de los frutos. Los análisis se realizaron en el laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Se utilizó un refractómetro ABBE marca Reichert Mark II Plus, previo a su uso se limpió las superficies del prisma con etanol puro, y se dejó que se evapore en su totalidad, para así colocar unas gotas de la muestra a medir. Posteriormente se cerró el prisma y se acercó al emisor de luz observándose la temperatura a la cual se midió el índice de refracción.

Se evaluaron las variables: Índice de refracción del núcleo (IRnúcleo), Sólidos totales de la pulpa (STpulpa), Sólidos totales del núcleo (STnúcleo), Temperatura del núcleo (Tnúcleo) y Temperatura de la pulpa (Tpulpa). Para el análisis se utilizaron 27 frutos de sandía provenientes de los tratamientos y repeticiones del experimento de campo y se realizaron 3 lecturas por fruto.

Determinación del beneficio/costo de los injertos. Se determinó el beneficio/costo (B/C) de cada tratamiento. Si el resultado de la relación B/C fue mayor a 1 fue rentable (Boardman 2006).

Manejo en campo. Se realizó la limpieza manual del terreno y con la ayuda de estacas, piolas y cinta métrica, se delimitó el área del experimento de campo. Se removió el suelo manualmente con un azadón y se instaló las cintas de riego por goteo y se regó la parcela durante 20 minutos antes del trasplante. Se hicieron

los huecos que fueron desinfectados con Nakar (insecticida- nematicida agrícola orgánico), con 1 mL.L⁻¹. Asimismo, se aplicó 100 g de humus de lombriz en cada hueco y se hizo el transplante de las plantas injertadas.

El riego por goteo se realizó cada 3 a 4 d, según las condiciones climáticas y durante todo el ciclo del cultivo (mañana o en la tarde, durante 15 min).

Se fertilizó la parcela a los 9 ddt con urea (46% N) (40 g.planta⁻¹) y a los 60 ddt con fertilizante triple 15 (15N-15P-15K), a una dosis de 66 g.planta⁻¹. Asimismo, se aplicó cada 15 d (4 aplicaciones) un fertilizante foliar completo con una dosis de 125 g.20 L⁻¹ de agua.

Se realizó la poda de las ramas y hojas donde se dejaron 3 ramas principales por planta. El control de maleza se realizó manualmente.

El control de insectos-plaga y enfermedades se realizó de acuerdo con el umbral fitosanitario. Para mosca blanca e insectos barrenadores se aplicó Tiamethoxam+lambda cyalotrina a razón 40 g.15 L⁻¹ de agua (Gabriel 2021b) y para el control del mildiu se utilizó los fungicidas Azoxystrobin con una dosis de 70 g.15 L⁻¹ de agua (sistémico) y Mancozeb (Cymohelm) 32 g.15 L⁻¹ (contacto), que fueron aplicados alternadamente cada 7 días, durante 6 semanas consecutivas, con las recomendaciones de Gabriel (2021b). La cosecha se inició a los 95 ddt.

RESULTADOS

Porcentaje de germinación. Se obtuvo un total de 2160 semillas, de las cuales 1967 semillas germinaron y 193 semillas no germinaron (91% de germinación) (Tabla 1).

Tabla 1. Detalle del número de semillas sometidas a germinación, cantidad de plántulas vivas, muertas y porcentaje de semilla germinadas.

Nº	Nombre	Nº de semilla	No nacieron	Plantas vivas	% de semillas germinadas
1	Sandía quetzali	480	30	450	93,75
2	Sandía charleston gray	480	43	437	91,04
3	Alamama	240	31	209	87,08
4	Zapallo manabita	240	39	201	83,75
5	Zapallo verde	240	7	233	97,08
6	Zapallo guitarrilla grande	240	20	220	91,67
7	Sandía quetzali (testigo)	120	8	112	93,33
8	Sandía charleston gray (testigo)	120	15	105	87,5
Total		2160	193	1967	91,06

Porcentaje de plantas injertadas. Se injertaron un total de 863 plantas (92%), 32 no se adaptaron y hubo ataque de *Pseudoperonospora cubensis* que afectó a 33 plantas. Se obtuvieron 798 plantas (83%) para el trasplante a campo (Tabla 2).

Hubo un total de 33 plantas (3,82%) afectada por mildiu, de las cuales se recuperaron 12 (1,4%) y 21 (2,43%) plantas no se recuperaron (Tabla 3).

Tabla 2. Número de plantas injertadas, porcentaje de plantas injertadas y porcentaje de plantas aptas para el trasplante.

Injertos	Patrones	PI	PPI	PPLPT
Charleston gray	zapallo verde	120	96,67	90
Quetzalí	zapallo guitarra grande	120	91,67	81,67
Quetzalí	zapallo manabita	120	83,33	78,33
Charleston gray	alamama	120	87,5	79,17
Quetzalí	zapallo verde	120	97,5	90,83
Charleston gray	zapallo manabita	120	84,17	80,83
Charleston gray	zapallo guitarra grande	120	91,67	82,5
Quetzalí	alamama	120	86,67	81,67
Total		960	89,90	83,13

PI = Plantas injertadas, PPI = Porcentaje de plantas injertadas, PPLPT = plantas listas para trasplante.

Tabla 3. Detalle de plantas injertadas, porcentaje de plantas enfermas, porcentaje plantas recuperadas y porcentaje de plantas muertas.

Injertos	PI	PPE	PPR	PPM
Charleston gray con zapallo verde	116	4,31	1,72	2,59
Quetzalí con zapallo guitarra grande	110	6,36	2,73	3,64
Quetzalí con zapallo manabita	100	2	1	1
Charleston gray con alamama	105	2,86	0	2,86
Quetzalí con zapallo verde	117	4,27	2,56	1,71
Charleston gray con zapallo manabita	101	1,98	0,99	0,99
Charleston gray con zapallo guitarra grande	110	5,45	1,82	3,64
Quetzalí con alamama	104	2,88	0	2,88
Total	863	3,82	1,39	2,43

PI = Plantas injertadas, PPE = Porcentaje de plantas enfermas, PPR = Porcentaje de plantas recuperadas, PPM = Porcentaje de plantas muestras.

Análisis de rendimiento. Se observó que en general todas las variables evaluadas mostraron una curva asimétrica ($A < 0$) y platicúrtica ($k < 3$), y los coeficientes de variación (C.V.) que están en el rango permitido para este tipo de

investigaciones (0,33 a 31,93%). La prueba de Kolmogórov-Smirnov, mostró que no hubo significación al $p < 0,01$ de probabilidad. Por lo que se asumió que las variables de respuesta evaluadas mostraron una distribución normal (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de normalidad para caracteres morfológicos, agronómicos y organolépticos.

Momento	AP	DT	NH	NG	NN	SEV	NFL	NC	NFR	Y	VOL	IRD	ST	T
Desviación std	8,66	0,51	12,20	0,84	2,08	16,37	3,69	0,72	0,51	0,72	42,90	0,00	1,06	10,08
Varianza	75,14	0,26	149,07	0,71	4,32	268,04	13,62	0,53	0,26	0,52	1840,58	0,00	1,13	101,60
Asimetría	0,10	0,66	0,25	0,20	-0,54	1,27	0,26	0,38	0,00	2,15	-0,14	0,67	0,53	-0,41
Curtosis	0,62	1,78	-0,67	-0,067	2,29	1,31	-0,23	-0,14	-0,35	5,69	0,13	-1,76	0,66	-1,94
Coef. variación	5,01	25,94	9,09	22,01	6,11	114,82	12,66	17,07	21,70	24,88	35,80	0,36	13,94	59,03
K-S	>0,15ns	<0,015*	0,13ns	<0,015*	0,14ns	<0,015*	>0,15ns	<0,015*	<0,015*	<0,015*	>0,155ns	<0,01**	>0,155ns	<0,015*

Altura de planta (AP), Diámetro de tallo (DT), Número de hojas (NH), Número de guías (NG), Número de entrenos (NN), Porcentaje de severidad (SEV), Número de flores (NFR), Número de cuaje (NC), Número de fruto (NFR), Peso de fruto (Y), Volumen de fruto (VOL), Índice de refacción en núcleo (IRD), Porcentaje de sólidos totales (ST), Temperatura en °C (T). ns = No significativo, * = Significativo al $p < 0,05$ de probabilidad, ** = Altamente significativo al $p < 0,01$ de probabilidad.

El análisis de homogeneidad de varianzas mostró que las medias fueron homogéneas, y que la prueba de Chi-cuadrada no fue estadísticamente significativa al $p < 0,01$ de probabilidad.

La Tabla 4, muestra que el C.V. de las variables evaluadas estuvieron entre 0,72 a 13%, lo que indica que están dentro los rangos permitidos para este tipo de investigación.

El análisis de varianza para caracteres agronómicos de rendimiento (Tabla 5), fueron altamente significativos al $p < 0,01$ de probabilidad, aspecto que señala que para AP, DT, NH, NG, NN, S, NFL, NC, NFR, Y, T, VOL, IRD, ST, T, al menos uno de los tratamientos fue diferente.

Tabla 5. Análisis de varianza para caracteres morfológicos, agronómicos, organolépticos y de rendimiento.

FV	gl	AP	DT	NH	NG	NN	SEV	NFL	NC	NFR	Y	T	VOL	IRD	ST
Repetición	9	175,20**	0,32ns	517,54**	2,00**	3,05ns	168,71ns	34,95**	0,37ns	0,25ns	0,44ns	123,58ns	745,08ns	0,00ns	1,27ns
Tratamiento	8	138,84*	0,63**	232,87*	0,89ns	5,93ns	1219,18**	6,78ns	0,13ns	0,21ns	0,53ns	84,80ns	2006,33ns	0,00ns	0,84ns
Error	72	55,56	0,21	93,70	0,53	4,30	174,78	11,71	0,59	0,27	0,55	61,86	4862,27	0,00	0,81
C.V. (%)		4,31	23,31	7,21	19,01	6,09	92,72	11,74	18,08	21,98	25,57	46,06	58,19	0,37	11,78

Altura de planta (AP), Diámetro de tallo (DT), Número de hojas (NH), Número de guías (NG), Número de entrenos (NN), Porcentaje de severidad (SEV), Número de flores (NFR), Número de cuaje (NC), Número de fruto (NFR), Peso de fruto (Y), Volumen de fruto (VOL), Índice de refacción en núcleo (IRD), Porcentaje de sólidos totales (ST), Temperatura en °C (T). ns = No significativo, * = Significativo al $p < 0,05$ de probabilidad, ** = Altamente significativo al $p < 0,01$ de probabilidad.

Análisis de medias para caracteres agronómicos y de rendimiento. El análisis de medias (Tabla 6), mediante la comparación múltiple de Tukey para la variable AP mostró diferencias significativas al $p < 0,05$ de probabilidad, ya que el T1 tuvo mejor comportamiento (sandía charleston gray + zapallo verde) al alcanzar una media de 1,79 m, respecto al T9 (quetzalí testigo) con una altura de 1,66 m.

Para el diámetro de tallo (DT) se observó que el T9 (quetzalí testigo) fue altamente significativo (Tabla 6), con una media de 2,39 mm de diámetro respecto del T7 (sandía charleston gray + zapallo guitarrilla grande) el cual obtuvo una media 1,67 mm.

En la variable de número de hojas (Tabla 6), se observó diferencias significativas al $p < 0,05$

de probabilidad. El T1 (sandía charleston gray + zapallo verde), obtuvo una media de 1,42 hojas por planta con respecto del T9 (quetzalí testigo) que tuvo 1,24 hojas por planta.

En la variable de número de guías (Tabla 6), se observaron diferencias significativas al $p < 0,05$ de probabilidad. El T1 (charleston gray + zapallo verde) obtuvo una media de 4,35 guías por planta con respecto del T5 (quetzalí + zapallo verde) que tuvo 3,26 guías por planta.

En la variable de severidad (Tabla 6), se observaron diferencias significativas al $p < 0,05$ de probabilidad. El T5 (quetzalí + zapallo verde) obtuvo una media de 31,70% de severidad, respecto al T10 (charleston gray testigo) que presentó 3,80% de severidad.

Tabla 6. Análisis de medias mediante la prueba de tukey al $p < 0,05$ de probabilidad para altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de guías y severidad al mildiu vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*).

Tratamiento	AP (cm)	DT (cm)	NH	NG	%SEV
1	179a	2,08ab	142a	4,35a	5,00c
7	176ab	1,67c	132ab	3,94ab	12,70acd
3	175ab	1,77ab	138ab	4,09ab	25,40ab
4	173ab	1,85ab	137ab	3,68ab	28,10ab
6	172ab	1,91ab	134ab	3,84ab	7,20cd
5	172ab	1,72c	134ab	3,25c	31,70a
2	171ab	2,05ab	132ab	3,81ab	9,30acd
10	170ab	2,30ab	131ab	3,73ab	3,80c
9	166c	2,39a	125c	3,86ab	5,10c
DSH	10,66	0,65	13,84	4,52	

1 = charleston gray + zapallo verde, 2 = quetzalí + zapallo guitarrilla grande, 3 = sandía quetzalí + zapallo manabita, 4 = sandía charleston gray + alamama, 5 = sandía quetzalí + zapallo verde, 6 = sandía charleston gray + zapallo manabita, 7 = sandía charleston gray + zapallo guitarrilla grande, 8 = sandía quetzalí + alamama, 9 = quetzalí, 10 = charleston gray.

AP = Altura de planta, DT = Diámetro de tallo, NH = Número de hojas, NG = Número de guías, %SEV = Porcentaje de severidad.

En la variable de número de nudos (Tabla 7), se observó diferencias significativas al $p < 0,05$ de probabilidad, el T1 (quetzalí testigo)

presentaron una media de 35,65 nudos por planta con respecto del T9 (quetzalí testigo) que tuvo 33,04 nudos por planta.

Tabla 7. Análisis de medias de las variables evaluadas mediante la prueba múltiple de Tukey al $p < 0,05$ de probabilidad.

TRAT	NN	NFL	NC	NFR	Y	VOL	T	ST	IRD
1	35,65	27,81	4,16	2,42	3,13	110,31	25,00	6,97	1,34
7	34,78	29,63	4,29	2,49	3,46	159,02	12,00	8,00	1,34
4	34,78	29,34	4,45	2,44	2,61	175,93	12,66	8,40	1,35
6	34,07	29,49	4,21	2,55	2,36	126,87	25,00	6,96	1,34
5	33,98	29,48	4,29	2,41	2,79	115,13	10,66	9,00	1,35
10	33,86	29,26	4,13	2,05	3,68	85,87	18,33	7,20	1,34
2	33,74	30,36	4,32	2,35	2,78	80,99	26,00	7,67	1,35
3	33,37	29,10	4,18	2,26	2,99	142,94	12,33	7,60	1,34
9	33,04	27,86	4,43	2,31	2,50	202,65	11,66	8,60	1,35
DSH	2,97	4,90	1,10	0,74	2,36	1,5	24,79	1,5	1,5

NN = Número de entrenos, NFL = Número de flores, NC = Número de cuaje, NF = Número de fruto, Y = Peso de fruto, VOL = Volumen de fruto, T = Temperatura (°C), ST = Porcentaje de sólidos totales, IRD = Índice de refracción. 1 B/C > 1,0 = Rentable. 1 = charleston gray + zapallo verde 2 = quetzalí + zapallo guitarra grande, 3 = quetzalí + zapallo manabita, 4 = charleston gray + alamama, 5 = quetzalí + zapallo verde, 6 = charleston gray + zapallo manabita, 7 = charleston gray + zapallo guitarra grande, 8 = quetzalí + alamama, 9 = quetzalí, 10 = charleston gray.

Para la variable de NFL, se observó diferencias significativas al $p < 0,05$ de probabilidad, El T2 (quetzalí + zapallo guitarra grande) presentaron una media de 30,36 flores por planta con respecto al T1 (charleston gray + zapallo verde) que mostró 27,81 flores por planta.

Para NC, se observó que el T4 (charleston gray + alamama) fue significativo, al obtener una media de 4,45 flores fecundadas por planta con respecto del T10 (charleston gray testigo) que tuvo 4,13 flores fecundadas por planta.

En la variable NFR se observó diferencias significativas al $p < 0,05$ de probabilidad del T6 (charleston gray + zapallo manabita) tuvo un promedio de 2,55 frutos por planta respecto del T1 (charleston gray testigo) que tuvo 2,05 fruto por planta.

En el Y se observó diferencias significativas al $p < 0,05$ de probabilidad, el tratamiento superior fue para el T10 (charleston gray testigo) con una media de 3,68 kg de peso por fruto, en relación con el T6 (sandía charleston gray + zapallo manabita) que alcanzó una media de 2,36 kg de peso por fruto.

Para VOL, se observó diferencias significativas al $p < 0,05$ de probabilidad, el T9 (quetzalí testigo) destacó con una media de 202,65 cm³ en respecto al T2 (quetzalí + zapallo guitarra grande) el cual obtuvo una media de 80,99 cm³.

Análisis de medias para poscosecha.

Para IRD, ST, T, no hubo diferencias significativas al $p < 0,05$ de probabilidad entre los tratamientos, aspecto que indica que todas fueron iguales estadísticamente. Sin embargo, hubo una tendencia que los T4, T5, T2, T9 fueron mejores para IRD. En cambio, para ST el mejor fue el T5 (quetzalí + zapallo verde) y en la T fue el T2 (quetzalí + zapallo guitarra grande).

Análisis de correlación. En el análisis de correlación de Pearson, se observaron solamente 3 correlaciones positivas y altamente significativas al $p < 0,01$ de probabilidad. Hubo correlación entre AP con NH y NN ($r = 0,60$ y $R = 0,65$ respectivamente), lo que indica que la altura está directamente relacionada con el número de hojas y número de nudos. Hubo también una correlación moderada y significativa entre NH y NN. Por otra parte, se observó que el contenido de grados Brix (IRD), está

altamente y significativamente correlacionado con los Sólidos Totales (ST) ($r=0,78$).

Análisis del Beneficio/Costo de los tratamientos. En general todos los tratamientos mostraron un $B/C > 1$, cuando el producto fue comercializado a $0,50 \text{ dólar.kg}^{-1}$ de fruto (Tabla 8). Sin embargo, los tratamientos T10, T7 y T1

fueron los más rentables, con una relación de $B/C= 3,80, 3,50$ y $3,00$ respectivamente, lo que permite evidenciar que en el caso del tratamiento T10, por cada dólar invertido, ganaría $3,80$ dólares; asimismo en el caso del tratamiento T7, donde por cada dólar invertido, se obtendría ganancia de $3,50$ dólares.

Tabla 8. Análisis del B/C para los injertos de sandía en un área de 1000 m^2 , cuyo producto fue comercializado en supermercado.

Tratamiento	NP (1000 M ²)	Peso/cosecha (kg)	Peso/cosecha (kg)	Precio/kg (USD)	Beneficio bruto(1000 m ²)	Costo (1000 m ²)	BN(USD) supermercado	Relación B/C	Rentabilidad
T1	960	3,13	3004,8	0,5	1502,4	371,15	1131,25	3,0	Rentable
T2	960	2,78	2668,8	0,5	1334,4	371,15	963,25	2,6	Rentable
T3	960	2,99	2870,4	0,5	1435,2	371,15	1064,05	2,9	Rentable
T4	960	2,61	2505,6	0,5	1252,8	371,15	881,65	2,4	Rentable
T5	960	2,79	2678,4	0,5	1339,2	371,15	968,05	2,6	Rentable
T6	960	2,36	2265,6	0,5	1132,8	371,15	761,65	2,1	Rentable
T7	960	3,46	3321,6	0,5	1660,8	371,15	1289,65	3,5	Rentable
T9	960	2,50	2400	0,5	1200	371,15	828,85	2,2	Rentable
T10	960	3,68	3532,8	0,5	1766,4	371,15	1395,25	3,8	Rentable

$B/C > 1,0 =$ Rentable.

T1 = charleston gray + zapallo verde T2 = quetzalí + zapallo guitarrilla grande, T3 = quetzalí + zapallo manabita, T4 = charleston gray + alamama, T5 = quetzalí + zapallo verde, T6 = charleston gray + zapallo manabita, T7 = charleston gray + zapallo guitarrilla grande, T8 = quetzalí + alamama, T9 = quetzalí, T10 = charleston gray.

Sin embargo, cuando se comercializa en un mercado de Jipijapa se obtiene un $B/C > 1$, cuando el producto fue comercializado a $0,30 \text{ dólar.kg}^{-1}$ de fruto (Tabla 9). En este caso los T4,

T6 y T9 no fueron rentables. La mayor rentabilidad se obtuvo con los tratamientos T10, T7 y T1, que tuvieron un $B/C > 1$ y una relación máxima B/C de $\$1,90$.

Tabla 9. Análisis del B/C para los injertos de sandía en un área de 1000 m², cuyo producto fue comercializado en mercado de abasto de jipijapa.

Tratamientos	NP (1000 M ²)	Peso/cosecha (kg)	Peso/cosecha (kg)	Precio/kg (USD)	Beneficio bruto(1000 m ²)	Costo (1000 m ²)	BN(USD) Mercado	Relación B/C	Rentabilidad
T1	960	3,13	3004,8	0,3	901,44	371,15	530,29	1,4	Rentable
T2	960	2,78	2668,8	0,3	800,64	371,15	429,49	1,2	Rentable
T3	960	2,99	2870,4	0,3	861,12	371,15	489,97	1,3	Rentable
T4	960	2,61	2505,6	0,3	751,68	371,15	380,53	1	No rentable
T5	960	2,79	2678,4	0,3	803,52	371,15	432,37	1,2	Rentable
T6	960	2,36	2265,6	0,3	679,68	371,15	308,53	0,8	No rentable
T7	960	3,46	3321,6	0,3	996,48	371,15	625,33	1,7	Rentable
T9	960	2,5	2400	0,3	720	371,15	348,85	0,9	No rentable
T10	960	3,68	3532,8	0,3	1059,8	371,15	688,69	1,9	Rentable

B/C > 1,0 = Rentable.

T1 = charleston gray + zapallo verde, T2 = quetzalí + zapallo, guitarra grande, T3 = quetzalí + zapallo manabita, T4 = charleston gray + alamama, T5 = quetzalí + zapallo verde, T6 = charleston gray + zapallo manabita, T7 = charleston gray + zapallo guitarra grande, T8 = quetzalí + alamama, T9 = quetzalí, T10 = charleston gray.

El análisis comparativo de la venta de las frutas de sandía entre el supermercado y el mercado de abasto, mostró mayor rentabilidad para

los productos comercializados en el supermercado en más de 50% (Figura 1).

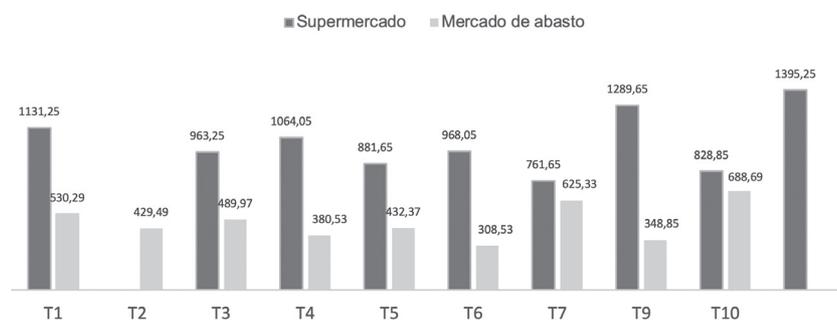


Figura 1. Análisis del Beneficio/Costo de los tratamientos. B/C > 1,0 = Rentable.

1 = charleston gray + zapallo verde, 2 = quetzalí + zapallo guitarra grande, 3 = quetzalí + zapallo manabita, 4 = charleston gray + alamama, 5 = quetzalí + zapallo verde, 6 = charleston gray + zapallo manabita, 7 = charleston gray + zapallo guitarra grande, 8 = quetzalí + alamama, 9 = quetzalí, 10 = charleston gray.

DISCUSIÓN

Durante el proceso de esta investigación se ha observado altos porcentajes de germinación tanto de los injertos (cultivares de sandía) como de los portainjertos (cultivares de zapallo), lo cual indicaría que se utilizó una buena semilla para ambos materiales.

Respecto a los injertos y patrones utilizados en general, existen muchos reportes contradictorios sobre la adaptación, debido a que los cambios en el injerto son controlados por los portainjertos a través de la absorción, síntesis y translocación controladas de agua, minerales y hormonas vegetales (Lee y Oda 2003), que también influye en la absorción y translocación de fósforo, nitrógeno, magnesio y calcio (Ruiz *et al.* 1997, Pulgar *et al.* 2000). Asimismo, la buena adaptación o no del injerto dependerá del tipo o sistema de injerto realizado. En este caso se pudo determinar que el mejor método de injerto fue el de aproximación, obteniendo 960 plantas injertadas, de las cuales 32 plantas (3%) no se adaptaron. Por otra parte, en esta etapa era importante controlar la sanidad del injerto. En la investigación se perdió un 4% de plantas, por la infección del mildiu vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*).

En este estudio no se observó ningún problema de incompatibilidad entre el injerto y el patrón, puesto que estas pueden verse afectadas en sus tejidos y órganos, por las diferencias de estructura, características fisiológicas y bioquímicas, etapa de crecimiento, fitohormonas y medio ambiente, tal como lo mencionan Lee y Oda (2003).

Durante el proceso del crecimiento del cultivo, se encontraron diferentes respuestas entre las plantas injertadas y los cultivares utilizados como testigos. Se observó que uno de los injertos (T1: sandía charleston gray + zapallo verde) tuvieron igual respuesta a los testigos utilizados (quetzalí y charleston gray) respecto al ataque de *Pseudoperonospora cubensis*, con un nivel de tolerancia de 3 a 5% de severidad. En cambio, los restantes injertos mostraron diversas respuestas al ataque de este patógeno, incluso

algunos mostraron hasta un 30% de severidad en el follaje.

Respecto a las características morfológicas como altura de planta, diámetro de tallo número de hojas y número de guías de las plantas injertadas, se observó que el T1: sandía charleston gray + zapallo verde, mostró características sobresalientes respecto de quetzalí y charleston gray, lo que indica que hubo una buena adaptación de los injertos para la zona de estudio. Kurata (1976) y Sakata *et al.* (2007) mencionan que la combinación patrón/injerto puede alterar la cantidad de hormonas producidas y su influencia en los órganos de las plantas injertadas. Estas personas autoras afirman que, en comparación con otros portainjertos, la sandía injertada en calabaza de botella provoca la formación temprana de flores femeninas. Por el contrario, la floración se retrasa en sandía injertada con calabaza de cera, especialmente en plantas con portainjertos de tipo ‘Shintosa’ (Davis *et al.* 2008). Estos aspectos no fueron detectados en este estudio, la floración fue similar tanto en las plantas injertadas como en las plantas de los cultivares testigo.

En referencia a los frutos cosechados, no se observaron diferencias sobresalientes del volumen y rendimiento de los frutos de las plantas injertadas y los cultivares testigo (quetzalí y charleston gray). Los estudios realizados por Salam *et al.* (2002) y Miguel *et al.* (2004) mostraron resultados contradictorios, donde las plantas injertadas aumentaron en el tamaño y peso del fruto de sandía.

Por otra parte, respecto a la calidad del fruto se han reportado situaciones contradictorias Lee y Oda (2003), Alan *et al.* (2007) y Alexopoulos *et al.* (2007), encontraron problemas de calidad anormal de la fruta en los injertos, así como contenido reducido de sólidos solubles, mayor número de bandas amarillentas en la pulpa, corteza más gruesa, sabor insípido, textura pobre (más fibras) y firmeza disminuida. Sin embargo, otros reportan efectos positivos del injerto de sandía, incluidos un aumento en la firmeza de la fruta, grados Brix y contenido de licopeno (Salam *et al.* 2002, Davis y Perkins-Veazie 2005,

Sabo *et al.* 2014). Yetisir *et al.* (2003) informaron que el injerto afecta fuertemente la calidad (Brix, firmeza, grosor de la cáscara y forma de la fruta) de la sandía, pero los resultados dependieron del patrón utilizado. En esta investigación, no se observó diferencias notables entre el contenido de los sólidos totales, los grados Brix y la temperatura de la pulpa de los injertos y los cultivares testigo utilizados (quetzalí y charleston gray). Asimismo, no se detectaron diferencias sobresalientes de los frutos entre la firmeza, el grosor de la cáscara y la forma del fruto.

Finalmente, en cuanto a la rentabilidad de las frutas de sandía, fue notorio observar que los frutos fueron vendidos sin ninguna dificultad tanto en supermercado, como en el mercado de abasto de Jipijapa, las personas consumidoras no lograron detectar diferencias entre las frutas del injerto y los cultivares. Los precios del producto fueron mayores en el supermercado en al menos el 50% más. Se observó que en el caso del supermercado por cada \$1 invertidos se tuvo una rentabilidad de \$3,50 con T7: charleston gray + zapallo guitarrilla grande y de \$3,80 con charleston gray. Respecto del mercado de Jipijapa con la inversión de \$1, se logró una rentabilidad \$1,4 con el T1: sandía charleston gray + zapallo verde y de \$1,9 con charleston gray.

AGRADECIMIENTOS

Al financiamiento Grant PROG-003-PROY-001-DIP-2017 a JGO de la Universidad Estatal del Sur de Manabí para realizar la presente investigación. Asimismo, al sr. Eligio Espinal Productor de la Asociación Puerto La Boca, por proveer del campo y facilidades, y a todos los estudiantes involucrados en esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Alan, Ö; Özdemir, N; Günen, Y. 2007. Effect of grafting on watermelon plant growth, yield and quality. *J. Agron.* 6:362-365.
- Alexopoulos, AA; Kondylis, A; Passam, HC. 2007. Fruit yield and quality of watermelon in relation to grafting. *J. Food Agr. Environ* 5:178-179.
- Boardman, AE. 2006. Cost-benefit analysis: concepts and practice. 3 ed illustrate, Pearson/Prentice Hall, USA. 560 p.
- Davis, AR; Perkins-Veazie, P. 2005. Rootstock effects on plant vigor and watermelon fruit quality. *Cucurbit Genet. Coop. Rep.* 28-29:39-42.
- Davis, AR; Webber, CL; Perkins-Veazie, P; Ruso, V; Lopez Galarza, S; Sakata, Y. 2008. A review of production systems on watermelon quality. *Cucurbitaceae 2008, proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae* (Pitrat M, ed), INRA, Avignon (France) (en línea), May 21-24th, 2008. Consultado 19 abr. 2022. Disponible en <https://www.researchgate.net/profile/Charles-Webber-2/publication/255607969>
- Gabriel, J; Valverde, A; Indacochea, B; Castro, C; Vera, M; Alcívar, J; Vera, R. 2021a. Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios (en línea). 2 ed. Guayaquil, Ecuador, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Editorial Grupo Compás. 207 p. Consultado 19 abr. 2022. Disponible en <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/625>
- Gabriel, J. 2021b. Libro verde: Agro-UNESUM Informa. Producción de hortalizas de calidad en condiciones de invernadero (en línea). Guayaquil, Ecuador, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Editorial Grupo Compas. 212 p. Consultado 19 abr. 2022. Disponible en <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/638>
- Hu, CM; Zhu, YL; Yang, LF; Chen, SF; Huang, YM. 2006. Comparison of photosynthetic characteristics of grafted and own-root seedling of cucumber under low temperature circumstances. *Acta Bot. Boreali-Occidentalia Sinica* 26(2):247-253.
- Lee, JM; Oda, M. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Hort. Rev.* 28:61-124. DOI: 10.1002/9780470650851.ch2
- Liu, Y; Li, T; Qi, H; Li, J; Yin, X. 2009. Effects of grafting on carbohydrate accumulation and sugar-metabolic enzyme activities in muskmelon *African Journal of Biotechnology* 8(25):25-35.
- Miguel, A; Maroto, JV; San Bautista, A; Baixauli, C; Cebolla, V; Pascual, B; López-Galarza, S; Guardiola, JL. 2004. The grafting of triploid watermelon is an advantageous alternative to soil fumigation. *Scientia Hort.* 103:9-17. DOI: 10.1016/j.scienta.2004.04.007
- Moreno, JM. 2000. Fórmulas y volúmenes para la determinación de áreas y volúmenes. *Guiniguada* 9(8/9):291-318.
- Perkins-Veazie, P; Zhang, X; Collins, JK; Wu, G; Lu, G; Huan, J; Davis, AR. 2008. Watermelon fruit content of amino acids and carotenoids increases with grafting. *J. Sci. Food Agric. s.p.*
- Pulgar, G; Villora, G; Moreno, DA; Romero, L. 2000. Improving the mineral nutrition in grafted

- watermelon plants: nitrogen metabolism. *Biologia Plant* 43:607-609.
- Ruiz, JM; Belakbir, A; López-Cantarero, I; Romero, L. 1997. Leaf-macronutrient content and yield in grafted, melon plants. A model to evaluate the influence of rootstock genotype. *Scientia Hort.* 71:227-234.
- Sabo, MU; Shuaibu, YM; Fagam, AS; Jibrin, AD. 2014. Effects of different level of Cowdung and N P K fertilizer on the growth and yield of watermelon (*Citrillus lanatus* L.) in Gombe State, Nigeria. *Int. J. Tech.* 4(2):260-264.
- Şafak, C; Özlem, A; Ömer, L. 2018. Effects of grafting on nutrient element content and yield in watermelon. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 55(1):67-74. DOI: 10.20289/zfdergi.390891
- Sakata, Y; Takayoshi, O; Mitsuhiro, S. 2007. The history and present state of the grafting of cucurbitaceous vegetables in Japan. *Acta Hort.* 731:159-170. DOI: 10.17660/ActaHortic.2007.731.22
- Salam, MA; Masum, ASMH; Chowdhury, SS; Dhar, M; Saddeque, MA; Islam, MR. 2002. Growth and yield of watermelon as influenced by grafting. *J. Biol. Sci.* 2:298-299. DOI:10.3923/jbs.2002.298.299
- Satoh, S. 1996. Inhibition of flowering of cucumber grafted on rooted squash stocks. *Physiol. Plant.* 97:440-444.
- SNPD (Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo). 2015. Plan de Ordamiento y Desarrollo Territorial de Puerto Cayo 2015. Puerto Cayo, Ecuador Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. 231 p.
- Taylor, MJ; Roberts, W; Edelson, J; Shrefler, J; Russo, V; Bruton, B; Pair, S; Davis, AR; Webber, C. 2006. Economic evaluation of a four-crop organic vegetable rotation. *Proceedings Oklahoma-Arkansas. Hort. Industries Show* 25:113-115.
- Xu, CQ; Li, TL; Qi, HY. 2006. Effects of grafting on development, carbohydrate content, and sucrose metabolizing enzymes activities of muskmelon fruit. *Acta Hort. Sinica* 33:773-778.
- Yetisir, H; Sari, N; Yncel, S. 2003. Rootstock resistance to *Fusarium* wilt and effect on watermelon fruit yield and quality. *Phytoparasitica* 31:163-169.

