



Análisis de correlación y coeficientes de sendero para componentes de rendimiento en nueve líneas experimentales de tomate



Correlation analysis and path coefficients for yield components in nine experimental tomato lines

Quispe-Choque Gonzalo ^{ID}, Huanca-Alanoca Nancy ^{ID}

Datos del Artículo

Dirección Nacional de Producción y Servicios.
Proyecto Nacional de Hortalizas.
Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal.
Villa Montenegro 23 ½ km, carretera Cochabamba-Oruro.
Tel: +591-2-2 2124404.
Cochabamba. Estado Plurinacional de Bolivia

***Dirección de contacto:**
Dirección Nacional de Innovación Proyecto Nacional de Hortalizas.
Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal.
Villa Montenegro 23 ½ km, carretera Cochabamba-Oruro.
Tel: +591-2-2 2124404.
Cochabamba. Estado Plurinacional de Bolivia

Gonzalo-Quispe Choque

E-mail address: gonzalo24052011@hotmail.com

Palabras clave:

Coefficientes de sendero, componentes de rendimiento, líneas.

J. Selva Andina Res. Soc.
2023; 14(2):26-35.

ID del artículo: 161/JSARS/2022

Historial del artículo

Recibido julio 2022.
Devuelto octubre 2022.
Aceptado mayo 2023.
Disponible en línea, agosto 2023.

Editado por:
**Selva Andina
Research Society**

Keywords:

Path coefficients, performance components, lines.

Resumen

El objetivo de la investigación fue analizar las principales variables relacionadas con el rendimiento en tomate, y orientar la selección de materiales para el programa de mejoramiento de hortalizas del INIAF. El experimento se llevó a cabo en campo abierto utilizando 9 líneas de tomate en los predios del Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, durante la campaña agrícola 2018-2019. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con 3 repeticiones y 10 plantas por unidad experimental. Para el análisis de los datos se considerando la variable rendimiento como dependiente y las variables número de flores por inflorescencia, número de racimos por planta, número de frutos por planta, peso de fruto, diámetro ecuatorial y polar como variables independientes. Se realizó análisis de varianza, correlaciones fenotípicas y coeficientes de sendero. El rendimiento de la línea L015 fue de 80.79 t ha⁻¹ superior a las líneas L014, L019 y Rio Grande. El rendimiento de fruto tuvo una correlación significativa con el peso de fruto por planta seguido por el diámetro polar, diámetro ecuatorial, número de frutos por planta y peso de fruto. El análisis de coeficientes de sendero fue que el número de frutos por planta tuvo el efecto directo positivo más alto sobre el rendimiento de fruto, peso de fruta y diámetro polar que presentan una correlación significativa y un efecto directo sobre el rendimiento de fruto, surgieron como los componentes con coeficientes 0.57, 0.33 y 0.46, respectivamente. Estos caracteres pueden ser relevantes dentro de los criterios de selección en el desarrollo de nuevas variedades.

2023. Journal of the Selva Andina Research Society®. Bolivia. Todos los derechos reservados.

Abstract

The objective of the research was to analyze the main variables related to tomato yield, and to guide the selection of materials for the INIAF vegetable breeding program. The experiment was carried out in open field using 9 tomato lines in the farms of the National Center for Vegetable Seed Production, during the 2018-2019 agricultural season. A randomized complete block experimental design was used, with 3 replications and 10 plants per experimental unit. For data analysis, the yield variable was considered as the dependent variable and the variables number of flowers per inflorescence, number of clusters per plant, number of fruits per plant, fruit weight, equatorial and polar diameter as independent variables. Analysis of variance, phenotypic correlations and path coefficients were performed. The yield of line L015 was 80.79 t ha⁻¹ higher than lines L014, L019 and Rio Grande. Fruit yield was significantly correlated with fruit weight per plant followed by polar diameter, equatorial diameter, number of fruits per plant and fruit weight. Path coefficient analysis was that the number of fruits per plant had the highest positive direct effect on fruit yield, fruit weight and polar diameter showing significant correlation and direct effect on fruit yield emerged as the components with coefficients 0.57, 0.33 and 0.46, respectively. These traits may be relevant within the selection criteria in the development of new varieties.

2023. Journal of the Selva Andina Research Society®. Bolivia. All rights reserved.



Introducción

El tomate ($2n=2x=24$), perteneciente a la familia Solanaceae, una hortaliza importante con alto contenido de nutrientes, cultivado ampliamente en todo el mundo, y segundo vegetal más consumido después de la papa^{1,2}. Su morfología es objeto de interés, en estudios básicos, de desarrollo de órganos vegetales, determinantes para fines culinarios, valor de mercado y utilización del producto de cosecha. Los productos demandan tomates altamente rentables, lo que se correlaciona con su tamaño^{3,4}.

El potencial de rendimiento, es un carácter complejo, que está influenciado por los componentes de rendimiento (CR), y estos controlados por muchos genes cuya expresión influenciada fuertemente por el medio ambiente^{5,6}. Los CR en el tomate incluyen caracteres, como el peso del fruto, número de frutos por planta, longitud del fruto y diámetro del fruto^{7,8}, la correlación entre estos y el rendimiento es importante en la selección indirecta de genotipos para su mejoramiento, una correlación significativa y positiva entre 2 caracteres sugiere que ambos puedan ser mejorados simultáneamente en un programa de selección, y esta de uno de ellos, se traduce en la selección y mejoramiento del otro^{9,10}, sin embargo, la selección basada únicamente en el coeficiente de correlación puede llevar a resultados erróneos, pues esta solo mide el grado de asociación entre 2 variables, sin tomar en cuenta las causas⁹.

El análisis del coeficiente de sendero proporciona medios efectivos para descubrir las causas directas e indirectas de la asociación que permite un examen crítico de las fuerzas específicas que actúan para producir una correlación dada, y mide la importancia relativa de cada factor causal¹¹. De esta manera, el análisis de coeficiente de sendero, es un análisis estadístico capaz de reconocer las relaciones de causa y efecto¹¹, desplegando el coeficiente de correlación en

los efectos directos e indirectos de las variables independientes en una variable dependiente, lo que brinda una comprensión obvia de su asociación con el rendimiento de la fruta. En última instancia, este tipo de análisis podría ayudar a mejorar, diseñar estrategias de selección para el rendimiento de la fruta y el valor nutricional¹².

El Proyecto Nacional de Hortalizas (PNH) del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), viene identificando genotipos de alto rendimiento en fruto, calidad y tolerancia a factores abióticos y bióticos adversos, evaluando una gran cantidad de variables que permitan explicar los componentes de rendimiento por medio de un modelo simple, analizando sus componentes numéricos, como el número de frutos por planta (NFP) que está determinado por el número de flores (NF) que son fecundadas y su peso final. Este trabajo tuvo como objetivo analizar las principales variables relacionadas con el rendimiento en tomate, y orientar la selección de materiales para el programa de mejoramiento de hortalizas del INIAF.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas (CNPSH) del INIAF, ubicado en el municipio de Sipe Sipe, provincia Quillacollo, del departamento de Cochabamba. Se ubica a $17^{\circ}26'24.4''$ latitud Sur; $66^{\circ}20'38.9''$ longitud Oeste y a una altura de 2505 m.s.n.m. durante la campaña agrícola 2018-2019.

Para el desarrollo del trabajo se utilizaron 7 líneas experimentales de tomate, a este material se adicionó 2 variedades como testigo (Lía y Río Grande), para efectos de comparar la superioridad o inferioridad de los materiales en términos de productividad.

Tabla 1 Origen y características agronómicas de las líneas experimentales de tomate analizados durante la campaña agrícola 2018-2019 en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas del INIAF, Cochabamba, Bolivia

N°	Línea Experimental	Procedencia	Fruto	Ciclo
1	L014	PNH (INIAF)	Oblongo	Precoz
2	L015	PNH (INIAF)	Ovoide	Semi precoz
3	L027	PNH (INIAF)	Redondo	Semi precoz
4	L031	PNH (INIAF)	Redondo	Semi precoz
5	L019	PNH (INIAF)	Oblongo	Semi precoz
6	AVTO1003	AVRDC (Taiwán)	Oblongo	Semi precoz
7	AVTO1007	AVRDC (Taiwán)	Cuadrado	Semi precoz
Cultivares				
8	Río Grande	CNPSH (INIAF)	Piriforme	Precoz
9	Lía (Testigo)	Sakata	Piriforme	Precoz

PNH Proyecto Nacional de Hortalizas, INIAF, Cochabamba, Bolivia, AVRDC Centro Asiático de Investigación y Desarrollo de Vegetales, Shanhuá, Taiwán. CNPSH Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, INIAF Cochabamba, Bolivia.

La siembra de las semillas se realizó en bandejas multiceldas de 128 celdas, que contenían cascarilla de arroz, lama y tierra vegetal como sustrato. Las plántulas fueron trasplantadas 36 días después de la siembra (dds) en condiciones de campo abierto, utilizando una densidad de siembra de 20000 pl ha⁻¹. Las plantas fueron tutoradas cuando alcanzaron 15 cm de altura, el deshoje de las hojas bajas se realizó una vez que los frutos del primer racimo estuvieron formados. Se utilizó riego por goteo separado a 20 cm, con 2 riegos diarios de 20 min cada uno, aplicando por planta aproximadamente 1.13 L día⁻¹. Los fertilizantes se aplicaron mediante fertirriego con aspiración directa a través de un Venturi, las dosis diarias fueron según la etapa fenológica del cultivo, el total aplicado fue: 260 N-330 P-330 K. La cosecha de frutos se inició a partir de los 75 días después del

trasplante (ddt), en forma manual, una vez por semana.

Se utilizó un diseño estadístico de bloques completos al azar (DBCA), con 9 tratamientos (líneas experimentales) y 3 repeticiones. La unidad experimental (UE) estaba formada por 10 plantas distribuidas en 2 hileras, separados a 80 cm y 2 m de largo cada una. Para efectos de cosecha se tomó 5 plantas por UE. Se evaluaron variables asociadas a componentes de rendimiento de frutos del segundo racimo en 5 plantas individuales por parcela, en libre competencia. En la Tabla 2 se describe el nombre de las variables de respuesta, símbolo y unidades de medida; estas fueron evaluadas de acuerdo con el manual de descriptores para tomate (*Solanum lycopersicum* L.) del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos¹³ y la guía de la Unión Internacional para la Protección de Obtención Vegetal para tomate¹⁴.

Tabla 2 Variables de respuesta de rendimiento en fruto y sus componentes de los genotipos analizados durante la campaña agrícola 2018-2019 en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas del INIAF, Cochabamba, Bolivia

N°	Variable	Símbolo	Unidades de medida	Instrumento de medición
1	Número de flores por inflorescencia	NFI	unid	conteo
2	Número de racimo por planta	NRP	unid	conteo
3	Número de frutos por racimo	NFR	unid	conteo
4	Diámetro ecuatorial	DE	mm	vernier
5	Diámetro polar	DP	mm	vernier
6	Peso de fruto	PF	g	balanza de precisión
7	Número de frutos por planta	NFP	unid	conteo
8	Peso de fruto por planta	PFP	kg	balanza de precisión
9	Rendimiento	RTO	t ha ⁻¹	balanza de precisión

Los datos de las 9 variables evaluadas se sometieron a análisis de varianza (ANVA), considerando los genotipos como efectos fijos después de observar los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad residual. Cuando los niveles de significancia fueron $p \leq 0.05$, se calcularon los promedios y se aplicó la prueba de promedios de Mínima Diferencia Significativa (LSD). Las correlaciones fenotípicas (r) entre las variables se calcularon utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, utilizando el paquete agricolae¹⁵, y se representó gráficamente utilizando el paquete corrplot¹⁶ en el software R¹⁷. Se efectuó el análisis de coeficiente de sendero, considerando el rendimiento de fruto como variable dependiente y los componentes de rendimiento como

variables independientes, utilizando el software R¹⁷.

Resultados

Los valores de cuadrados medios del ANVA para los caracteres PF, DE, DP, PFP, NFP y RTO sometidos a estudio, revelo diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) y para el NRP y NFR diferencias significativas ($p \leq 0.05$), entre las líneas estudiadas (Tabla 3). Estos resultados indican que las diferencias obedecen a las condiciones genéticas intrínsecas de cada cultivar. Los coeficientes de variación experimental por su bajo valor ($< 27\%$) revela la existencia de una precisión experimental.

Tabla 3 Análisis de varianza (ANVA) para nueve caracteres cuantitativos evaluados en nueve líneas experimentales de tomate durante la campaña agrícola 2018-2019

FV	GL	Cuadrado Medio								
		NFI	NRP	NFR	PF	DE	DP	PFP	NFP	RTO
Blq	2	.78*	.70**	.44 ^{ns}	271.47*	1.46 ^{ns}	1.18 ^{ns}	.21 ^{ns}	110.70*	57.07 ^{ns}
Línea	8	.75 ^{ns}	.28*	1.58*	1856.87**	46.48**	70.73**	4.12**	448.54**	969.68**
E. Exp.	16	.94	.25	.78	205.80	6.32	4.46	.97	101.37	143.33
CV %		15.90	13.37	15.56	18.43	5.08	3.43	26.68	20.67	20.17

Número de flores por inflorescencia (NFI), Número de racimos por planta (NRP), Número de frutos por racimo (NFR), Peso de fruto (PF), diámetro ecuatorial de fruto (DE), Diámetro polar de fruto (DP), Peso de fruto por planta (PFP), Número de frutos por planta (NFP), Rendimiento de fruto por planta (RTO).
*Significativo al $p < 0.05$, **Significativo al $p < 0.01$, ns no significativo.

Tabla 4 Comparación de medias de LSD para nueve caracteres cuantitativos evaluadas en nueve líneas experimentales de tomate durante la campaña agrícola 2018-2019

Línea	NFR	PF	DE	DP	PFP	NFP	RTO
L015	5 bc	130.94 a	52.16 b	72.45 a	5049.7 a	41 bc	80.79 a
AVTO1003	6 ab	71.97 c	44.49 d	60.43 cde	2346.7 dc	33 c	37.54 dc
Lía (Testigo)	5 bc	97.51 b	57.77 a	65.72 b	4789.0 a	50 abc	76.62 a
Río Grande	6 abc	67.09 c	49.68 bc	58.13 de	4240.3 a	63 a	67.84 a
L031	5 c	81.82 cb	51.03 bc	60.24 cde	3616.7 abc	44 bc	57.86 abc
AVTO1007	7 a	61.15 c	46.77 cd	57.45 e	1927.0 d	33 c	30.83 d
L014	6 abc	65.47 c	46.25 cd	61.39 cd	4618.7 a	60 ba	73.89 a
L027	5 bc	58.67 c	47.92 bcd	62.24 bc	2767.3 bcd	50 abc	44.27 bcd
L019	5 bc	61.44 c	48.76 bcd	57.02 e	4025.0 ba	65 a	64.40 ab

Número de frutos por racimo (NRP), Peso de fruto (PF), Diámetro ecuatorial de fruto (DE), Diámetro polar de fruto (DP), Peso de fruto por planta (PFP), Número de frutos por planta (NFP), Rendimiento de fruto por planta (RTO).

En la Tabla 4 se presenta los resultados de la prueba de medias. El mayor NFR lo tuvieron las líneas AVTO1007, AVTO1003, L014 y Río Grande.

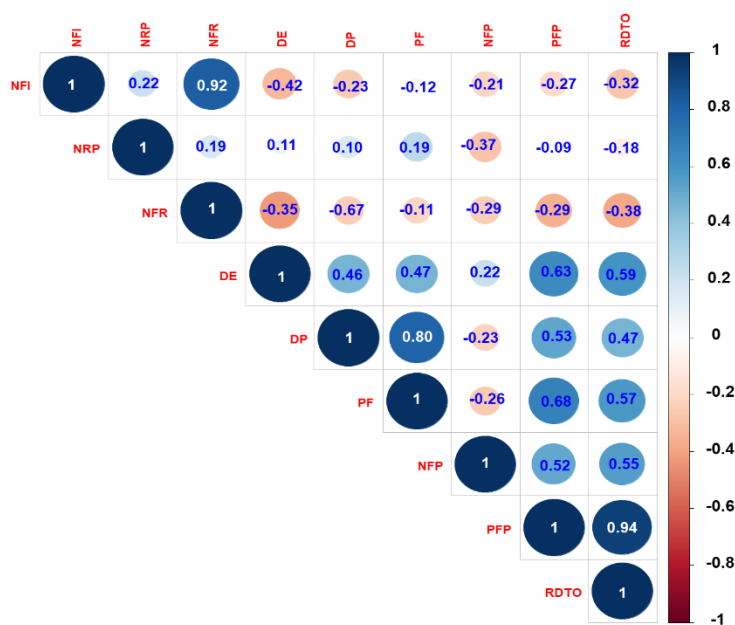
Mientras que L015, Lía, L027 y L019, expresaron las menores cantidades. Para la variable PF la línea L015 fue superior y L027 presento el dato inferior. Las lí-

neas más sobresalientes en RTO fueron L015, Lía, L014 y Rio Grande.

Las correlaciones fenotípicas entre las variables se calcularon utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Tales correlaciones constituyen en una medida de la magnitud de la asociación lineal entre 2 variables sin considerar causa y efecto entre ellas independientemente de las unidades. En la Figura 1, se presenta los valores de las correlaciones simples ob-

tenidas entre pares de variables. Entre las variables de componentes de rendimiento, la correlación más alta correspondió al PF con el DP ($r=0.80^{**}$), estas variables, en su orden, están altamente correlacionadas con el PF y DP ($r=0.68^{**}$ y $r=0.53^{**}$). Las correlaciones positivas del NFI con el NRP ($r=0.92^{**}$), y DE ($r=-0.42^{**}$) indican que las plantas tienden a un mayor desarrollo de estas características causando frutos de menor diámetro.

Figura 1 Correlograma del grado de asociación entre el rendimiento de fruto y sus componentes en líneas experimentales de tomate, evaluados durante la campaña agrícola 2018-2019

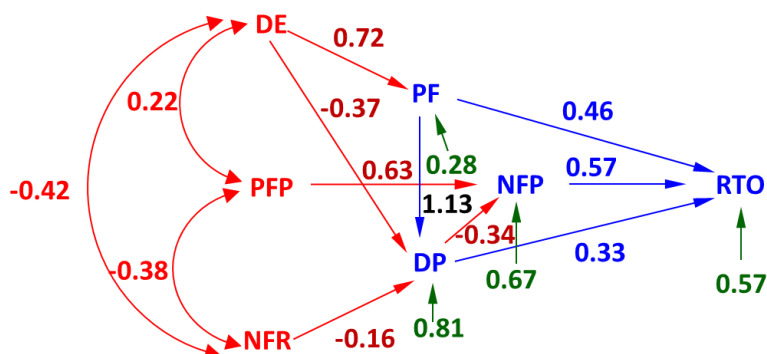


Entre las variables que se encuentra altamente correlacionado con el RTO en fruto, están el PF por planta ($r=0.93^{**}$), PF promedio ($r=0.55^{**}$), DE del fruto ($r=0.63^{**}$) y DP del fruto ($r=0.47^{**}$). Indicando que las líneas con mayor desarrollo en DE y polar tiende a tener mayores pesos de fruto.

En la Figura 2 se presenta el diagrama de los coeficientes de sendero (CS) estimados de los efectos directos e indirectos de las variables evaluadas sobre el RTO en tomate, según el análisis de sendero. El principal efecto directo positivo fue ejercido por NFP

($CS=0.57$). Además, las otras variables que ejercieron un efecto directo positivo relevante fueron PF ($CS=0.46$) y DP ($CS=0.33$), junto con una correlación altamente significativa con el rendimiento de fruto. Los principales efectos indirectos positivos sobre RTO fueron ejercidos por DE vía PF ($CS=0.72$) y PFP vía NFP ($CS=0.63$). Otros efectos indirectos positivos sobre RTO fueron ejercidos por DE a través NFP ($CS=0.22$). por otra parte, las siguientes variables ejercieron un efecto indirecto negativo sobre RTO: NFR vía DP ($CS=-0.16$) y DE a través de DP ($CS=-0.37$).

Figura 2 Diagrama del análisis de sendero indicando los efectos directos e indirectos de los componentes de rendimiento sobre el rendimiento de las líneas experimentales de tomate, evaluados durante la campaña agrícola 2018-2019



Discusión

El ANVA (Tabla 3) presenta diferencias entre líneas para las variables relacionadas con el RTO, probablemente se deba a la expresión de estos caracteres durante su desarrollo, que han tenido influencia genética y ambiental. Los coeficientes de variación experimental por su bajo valor (< 27 %) revelan la existencia de una precisión experimental. lo que permiten garantizar la validez de las conclusiones emitidas. Según la comparación de medias (Tabla 4) las diferencias en los valores para PF entre los genotipos se deban a la constitución genética propias de cada línea y a la influencia ejercida por el ambiente¹⁸. Las líneas L015, Lía, Rio Grande y L014 son iguales estadísticamente ($p < 0.05$) y superiores a las líneas AVTO1003, AVTO1007, L027 y L019 en los valores para RTO. La presencia de esta diferencia es importante, porque el éxito para cualquier mejora del cultivo depende de la variación y, en mayor medida, del parámetro que es heredable¹⁹⁻²¹.

Por otra parte, se observó correlaciones fenotípicas positivas, altamente significativas para las variables registradas (Figura 1). Esta relación generalmente se debe a la presencia de ligamientos y efecto pleiotrópico de diferentes genes. También se evidencio que

el NFP se asocia a las partes morfológicas y al NFI, así, el número depende en gran medida del tipo de inflorescencias que posean los cultivares, ya sean simples o compuestas²². La correlación identificada entre PF con DP del fruto corrobora a resultados similares reportados por Kaushik & Dhaliwal²³. Sin embargo, Escalante²⁴, indico que a mayor tamaño de fruto se tiene menor número de frutos. Esto se corrobora por las características de cada cultivar ya que los fotosintatos que asimila la planta en algunos casos aumentan el número de frutos y en otros aumenta su tamaño. La correlación negativa entre PF y NFI, dan relación a lo señalado por Antonio²⁵, que al aumentar el PF redujo el número de ellos por planta, existiendo una correlación negativa. Cancino²⁶ señalo que el tamaño de fruto (estrechamente relacionado con el PF) depende de 3 a 5 pares de genes, aspecto que concuerda con lo señalado por Ashcroft et al.²⁷, en que el tamaño del fruto está controlado por factores genéticos, además de factores fisiológicos, tales como maduración, despunte y defoliación. Tiwari & Upadhyay²⁸ informaron que la altura de la planta, el diámetro del fruto y la longitud del fruto fueron directamente responsables de la determinación del RTO del fruto en tomate. Haydar et al.²⁹ también observaron que el PF ejerció un alto efecto positivo y

directo sobre el RTO del fruto por planta.

El análisis de sendero es una técnica estadística confiable, diseñada por Wright¹¹, que ayuda a determinar los caracteres que contribuyen al rendimiento y, por lo tanto, es útil en la selección indirecta. Prevé posibles explicaciones de las correlaciones observadas entre una variable dependiente y una serie de variables independientes, separando los efectos directos de una variable sobre otra y los efectos indirectos de una variable sobre otra vía una o más variables independientes y ayuda al mejorador a determinar los componentes del rendimiento. Al respecto Singh & Chaudhary³⁰, indicaron que al ser positivo (tanto los efectos directos como los coeficientes de correlación), la correlación explica la verdadera relación entre estos caracteres y una selección directa a través de estas características será efectiva. Los coeficientes del análisis de sendero de la Figura 2, indicaron que el PF, NFP y el DP tuvo una contribución directa máxima, junto con una correlación altamente significativa con el rendimiento de fruto. Los caracteres que exponen un alto efecto directo sobre el RTO por planta indicando que la selección directa podría ser efectiva para mejorar el RTO basada en la selección de estos caracteres. Resultados similares obtuvieron Monamodi et al.²¹, quienes al evaluar 6 líneas de jitomate de hábito determinado observaron que el RTO por planta estuvo positivamente correlacionado con NFR ($r=0.59$), NRP ($r=0.87$), NFP ($r=0.90$), peso de fruto por racimo ($r=0.59$). Souza et al.³¹ también reportaron que el rendimiento de frutos por planta estuvo positivamente relacionado con las variables NFP ($r=0.94$), peso promedio de fruto ($r=0.53$), NRP ($r=0.72$) y NFR ($r=0.82$).

El análisis de coeficientes de sendero fue que el número de frutos por planta tuvo el efecto directo positivo más alto sobre el rendimiento de fruto, peso de fruta y diámetro polar que presentan una correlación significativa y un efecto directo sobre el rendimiento

de fruto, surgieron como los componentes con coeficientes 0.57, 0.33 y 0.46, respectivamente. Estos caracteres pueden ser relevantes dentro de los criterios de selección en el desarrollo de nuevas variedades.

Fuente de financiamiento

Proyecto Nacional de Hortalizas (2019), Proyecto Nacional de Hortalizas del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal.

Conflictos de intereses

Los participantes en esta investigación aseguramos que no existe ningún problema de intereses relacionados con la planeación, ejecución y reporte de esta investigación que comprometa el valor de los resultados obtenidos o sus consecuencias en términos científicos, técnicos, o de cualquier otro tipo.

Agradecimientos

Al Proyecto Nacional de Hortalizas (PNH) y al Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas (CNPSH) del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) Cochabamba, Bolivia.

Consideraciones éticas

La aprobación de la investigación se efectuó en base a reglamento de la unidad Investigación del INIAF, siguió las pautas establecidas para este comité.

Limitaciones en la investigación

Los autores señalan que no hubo limitaciones en la investigación.

Aporte de los autores

Gonzalo Quispe-Choque, dirección y ejecución de la fase experimental, colecta de datos, análisis estadístico, métodos, resultados y discusión, Nancy Huanca-Alanoca, revisión de literatura para material, métodos, resultados y discusión.

Literatura citada

1. Chaudhary J, Alisha A, Bhat V, Chandanshive S, Kumar N, Mir Z, et al. Mutation Breeding in Tomato: Advances, Applicability and Challenges. *Plants* 2019;8:128. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8050128>
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations [Internet]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2019 [cited October 10, 2020]. Retrieved from: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
3. Adhikari P, McNellie J, Panthee DR. Detection of quantitative trait loci (QTL) associated with the fruit morphology of tomato. *Genes (Basel)*. 2020; 11(10):1117. DOI: <https://doi.org/10.3390/genes11101117>
4. Green GY, Rodríguez GR (dir), Zorzoli R (dir). Localización precisa en el cromosoma 2 de QTL que controlan caracteres de fruto en tomate [tesis doctoral]. [Maipu]: Universidad Nacional de Rosario; 2016 [citado 16 de octubre de 2022]. Recuperado a partir de: https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/RepHipUNR_b5ae09bc42cad06826f85302a6676f
5. Meena OP, Bahadur V. Genetic associations analysis for fruit yield and its contributing traits of indeterminate tomato (*Solanum lycopersicum* L.) germplasm under open field condition. *J Agric Sci* 2015;7(3): DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v7n3p148>
6. Rajolli MG, Lingaiah HB, Malashetti IR, Bhat AS, Aravindkumar JS. Correlation and path coefficient studies in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Int J Pure Appl Biosci* 2017;5(6):913-7. DOI: <https://doi.org/10.18782/2320-7051.6096>
7. Ronga D, Francia E, Rizza F, Badeck FW, Caradonia F, Montevecchi G, et al. Changes in yield components, morphological, physiological and fruit quality traits in processing tomato cultivated in Italy since the 1930's. *Sci Hortic* 2019;257: 108726. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108726>
8. Rashidi M, Gholami M, Khabbaz BG. Response of yield and yield components of tomato (*Lycopersicon esculentum*) to different tillage methods. *Int J Agric Biol* 2009;11(5):626-30.
9. Ene CO, Ogbonna PE, Agbo CU, Chukwudi UP. Evaluation of sixteen cucumber (*Cucumis sativus* L.) genotypes in derived savannah environment using path coefficient analysis. *Not Sci Biol* 2016; 8(1):85-92. DOI: <https://doi.org/10.15835/nsb.8.1.9722>
10. Nwofia GE, Amajuoyi AN, Mbah EU. Response of three cucumber varieties (*Cucumis sativus* L.) to planting season and NPK fertilizer rates in lowland humid tropics: sex expression, yield and inter-relationships between yield and associated traits. *Int J Agric For* 2015;5(1):30-7. DOI: <https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20150501.05>
11. Wright S. Correlation and causation. *J Agric Res* [Internet]. 1921 [cited July 5, 2022]; 20(7):557-85. Retrieved from: <https://naldc.nal.usda.gov/download/IND43966364/PDF>
12. Ahirwar CS, Vijay B, Vinay P. Genetic variability, heritability and correlation studies in tomato genotypes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Internat J Agric Sci* 2013;9(1):172-6.

13. International Plant Genetic Resources Institute. descriptors for tomato (*Lycopersicon* spp.) [Internet]. Quito: International Plant Genetic Resources Institute; 1996 [citado 22 de octubre de 2022]. 47 p. Recuperado a partir de: https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/migrated/uploads/tx_news/Descriptors_for_tomato_Lycopersicon_spp._286.pdf
14. Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. Introducción general al examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad y a la elaboración de descripciones armonizadas de las obtenciones vegetales [Internet]. Ginebra: Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales; 2002 [citado 2 de octubre de 2022]. 28 p. Recuperado a partir de: https://www.upov.int/es/publications/tg-rom/tg001/tg_1_3.pdf
15. Mendiburu FD. Statistical procedures for agricultural research [Internet]. Lima: National Engineering University; 2023 [cited July 22, 2023]. 155 p. Retrieved from: <https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/agricolae.pdf>
16. Wei T, Simko V, Levy M, Xie Y, Jin Y, Zemla J. Package ‘corrplot’. corrplot: Visualization of a correlation Matrix. *Statistician* 2017;56(316):e24.
17. The R Foundation. The R Project for Statistical Computing [Internet]. Indiana: The R Foundation; 2022 [cited July 22, 2022]. 155 p. Retrieved from: <https://www.r-project.org/>
18. González Urrutia OE, Laguna Laguna JL. Evaluación del comportamiento agronómico de once cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), bajo el manejo del productor en el valle de Sébaco, Matagalpa [tesis licenciatura]. [Managua]: Universidad Nacional Agraria; 2004 [citado 26 de mayo de 2022]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.una.edu.ni/1888/>
19. Dar RA, Sharma JP, Gupta RK, Chopra S. Studies on correlation and path analysis for yield and physico chemical traits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Vegetos* 2011;24(2):136-41.
20. Jilani MS, Waseem K, Ameer K, Jilani TA, Kiran M, Alizia AH, et al. Evaluation of elite tomato cultivars under agro-climatic conditions of Dera Ismail Khan. *Pak J Agri Sci* 2013;50(1):17-21.
21. Monamodi EL, Lungu DM, Fite GL. Analysis of fruit yield and its components in determinate tomato (*Lycopersicon lycopersci*) using correlation and path coefficient. *Bots J Agric Appl Sci* 2013; 9(1):29-40.
22. Ponce Ocampo J. Evaluación de diferentes densidades de plantación y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en hidroponía [tesis licenciatura]. Chapingo: Universidad Autónoma de Chapingo; 1995. 96 p.
23. Kaushik P, Dhaliwal MS. Diallel analysis for morphological and biochemical traits in tomato cultivated under the influence of tomato leaf curl virus. *Agronomy* 2018;8(8):153. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy8080153>
24. Escalante GA. Evaluación de cinco variedades de jitomate en hidroponía bajo invernadero rustico [tesis licenciatura]. Chapingo: Universidad Autónoma de Chapingo; 1989.
25. Antonio AB. Evaluación del rendimiento, calidad, precocidad y vida de anaquel de 21 genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero en Chapingo, México [tesis licenciatura]. Chapingo: Universidad de Chapingo; 1999.
26. Cancino BJ. Efecto del despunte y la densidad de población sobre dos variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponía bajo invernadero [tesis licenciatura]. Chapingo: Universidad Autónoma de Chapingo; 1990. 90 p.
27. Ashcroft WJ, Gurban S, Holland RJ, Waters CT, Nirk H. Arcadia’ and Goulburn’: determinate

- fresh-market tomatoes for arid production areas. HortScience 1993;28(8):857-8. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.28.8.857>
28. Tiwari JK, Upadhyay D. Correlation and path-coefficient studies in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Res J Agric Sci 2011;2(1):63-8.
29. Haydar A, Mandal MA, Ahmed MB, Hannan MM, Karim R, Razvy MA, et al. Studies on genetic variability and interrelationship among the different traits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Middle-East J Sci Res 2007;2(3-4): 139-42.
30. Singh RK, Chaudhary BD. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. New Delhi: Kalyani Publishers; 1985.
31. Souza LM, Melo PCT, Luders RR, Melo AMT. Correlations between yield and fruit quality characteristics of fresh market tomatoes. Hort Bras 2012;30(4):627-31. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000400011>

Nota del Editor:

Journal of the Selva Andina Research Society (JSARS) se mantiene neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales publicados en mapas y afiliaciones institucionales, y todas las afirmaciones expresadas en este artículo pertenecen únicamente a los autores, y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, o las del editor, editores y revisores. Cualquier producto que pueda ser evaluado en este artículo o reclamo que pueda hacer su fabricante no está garantizado ni respaldado por el editor.