

# Análisis biométrico del fruto de maracuyá (*Passiflora edulis*).



## Colaboración

Irma Castillo Carmona; Gabriel Grosskelwing Nuñez; Arturo Cabrera Hernández; Luz Alejandra Serena González; Saúl Cruz Santiago, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Fecha de recepción: 17 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 19 de diciembre de 2023

**RESUMEN:** El análisis biométrico y la caracterización del maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*), son vitales para comprender sus diversos rasgos, a fin de apoyar la evaluación de la calidad, el cultivo y el desarrollo de productos. El objetivo del presente trabajo es comprender las relaciones morfométricas presentes en el maracuyá a fin de identificar y clasificar los frutos de manera más precisa, etapa esencial para la selección y el mantenimiento de variedades en programas de cultivo de la región de Misantla, Veracruz. Se analizaron 24 frutos en las variables de peso, diámetro, altura y número de semillas, utilizando métodos convencionales de pesaje y medición. El peso promedio fue de 62.3125 gr con un error estándar de estimación (EE) de 3.833 gr, el diámetro tuvo un promedio de 53.335 mm con un EE de 1.225 mm, la altura presentó un valor promedio de 60.36 mm y un EE de 1.157, el promedio de semillas por fruto fue de 128.7083, y un EE de 9.14. Se encontraron correlaciones lineales significativas, con un nivel de confianza de 95%, para las relaciones peso-número de semillas y altura-diámetro. Estas correlaciones encontradas permitirán estimar el número de semilla con potenciales para establecer programas de propagación.

**PALABRAS CLAVE:** Maracuyá, análisis biométrico, variabilidad, morfología, valorización de residuos.

**ABSTRACT:** *Biometric analysis and characterization of passion fruit (*Passiflora edulis flavicarpa*) is vital to understanding its diverse traits to support quality assessment, cultivation and product development. The objective of this work is to understand the morphometric relationships present in passion fruit in order to identify and classify the fruits more precisely, an essential stage for the selection and maintenance of varieties in cultivation programs in the region of Misantla, Veracruz. 24 fruits were analyzed for the variables of weight, diameter, height and number of seeds, using conventional weighing and measurement methods. The average weight was 62.3125 g with a standard error of estimation (SE) of 3.833 g, the diameter had an average of 53.335 mm with a SE of 1.225 mm, the height had an average value of 60.36 mm and an SE of 1.157. The average number of seeds per fruit was 128.7083, and an EE of 9.14. Significant linear correlations were found, with a confidence level of 95%, for the weight-number of seeds and height-diameter relationships. These correlations found will allow estimating the number of seeds with potential to establish propagation programs.*

**KEYWORDS:** *Passion fruit, Biometric análisis, Variability, Morphology, Composition.*

## INTRODUCCIÓN

El maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*) es una fruta redonda y pequeña de piel resistente que se arruga cuando está madura, adoptando una coloración roja, dorada o café. La pulpa contiene pequeñas semillas negras comestibles de color amarillo mostaza con intenso sabor aromático. El punto de madurez fisiológica está dado por el desprendimiento de la fruta de la planta.

Dalling, J. W. et al., 2011, analizan diversos factores que influyen sobre el destino que presentan las semillas al establecerse en un ecosistema, sobresaliendo la depredación de semillas, la dispersión y el establecimiento de plántulas como factores

clave en su éxito ecológico [1,2]. Algunos estudios han resaltado la importancia de relacionar diversas variables biométricas con la semilla. En este sentido, Imanishi, S., & Hiura, I., 1975, reportan una correlación positiva entre el peso del fruto y el contenido de semillas en diversas variedades de tomate, sugiriendo que las condiciones ambientales afectaron positivamente los dos caracteres [3].

Alaa El-Din T et al, 2023, mencionan que el tamaño y la forma del fruto están determinados por el número y la distribución de las semillas, empleando como modelo *Opuntia ficus-indica* [4]. Las métricas morfológicas del fruto, como el peso y el tamaño del fruto se han relacionado con la calidad fisiológica de la semilla en la berenjena africana, lo cual permite establecer una relación potencial para seleccionar semillas de alta calidad [5]. Oliveira et al., 2011, establece que la semilla es ligeramente modificada por el ambiente y puede ser un factor relacionado con la germinación [6], por lo que la información morfométrica es fundamental para ayudar en los estudios de producción de plántulas [7]. A pesar de su importancia, esta información aún es escasa, considerando la enorme biodiversidad existente; datos sobre este tipo de investigaciones aún son poco frecuentes [8].

La región de Misantla, ubicada en Veracruz, México, ofrece un entorno con condiciones ambientales propicias para el cultivo exitoso del maracuyá. Este entorno se distingue por su clima y suelo, que se combinan para crear un hábitat óptimo para el desarrollo y crecimiento de esta fruta, con una iluminación y temperatura ubicada en el rango ideal para el crecimiento de esta especie [9], similar a las condiciones de las regiones tradicionalmente productoras [10], brindando un entorno favorable para la germinación de semillas, el crecimiento vegetativo, la floración, la polinización, formación de frutos y el posterior rendimiento productivo, creando perspectivas alentadoras para el cultivo exitoso del maracuyá en Misantla.

Con un enfoque estratégico, el presente estudio se enfoca en la caracterización morfométrica del fruto de maracuyá a fin de caracterizar y potenciar su propagación y cultivo, lo que beneficiará a los productores locales, como un recurso rentable para la región en términos económicos y agrícolas.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

La presente metodología se realizó dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Misantla en el Laboratorio de Investigación Avanzada de Veracruz (LIAV). La materia prima fueron frutos maduros de maracuyá obtenida de diferentes puntos de la región de Misantla en un periodo comprendido de septiembre a octubre del año 2023.

Para este diseño experimental se utilizaron 24 muestras recolectadas al azar de maracuyá, las cuales fueron caracterizadas individualmente para las variables evaluadas, peso de fruto, altura y diámetro, así como el número de semillas que contenía cada una de las frutas, los cuales se presentan en Anexo 1.

**Análisis estadístico de datos**

En el presente estudio se aplicará la estimación puntual de los parámetros analizados, misma que se determina mediante Ec. (1), [11].

$$\bar{x} \pm \frac{s}{\sqrt{n}} \tag{Ec. (1)}$$

Para complementar la estimación puntual y explicar adecuadamente la dispersión de los datos, nos apoyamos del coeficiente de variación, mismo que se determina mediante Ec. (2):

$$CV = \frac{s}{x} * 100\% \tag{Ec. (2)}$$

Los resultados obtenidos se expresan en la Tabla 1. Para establecer las relaciones entre las variables se utilizó el modelo de regresión lineal simple, estimando los coeficientes de regresión mediante intervalos de confianza, cuyas expresiones matemáticas se determinan por Ec. (3) y Ec. (4):

$$\beta_0 \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{nS_{xx}}} \sqrt{\sum x_i^2} \tag{Ec. (3)}$$

$$\beta_1 \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{S_{xx}}} \tag{Ec. (4)}$$

Siendo  $\beta_0$  para la ordenada al origen y  $\beta_1$  para la pendiente, respectivamente.

Una medida importante de la dispersión del modelo matemático es el error estándar de estimación, dado que da una medida de la dispersión de las observaciones en torno al modelo matemático. El error estándar se determina mediante Ec. (5), Ec. (6):

$$S_{xx} = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n} \tag{Ec. (5)}$$

Donde:

$$SC_E = \sum [y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_i)]^2 \tag{Ec. (6)}$$

Asimismo, se determinó el coeficiente de correlación de Pearson, el cual da evidencia de la fuerza de la relación entre las variables involucradas, y el coeficiente de determinación, mismo que explica la variabilidad de la variable explicativa en función de

la variabilidad de la variable regresora. Las relaciones matemáticas que definen a estas medidas son, respectivamente, las correspondientes a Ec. (7), Ec. (8) y Ec. (9):

$$r = \frac{S_{xx}}{\sqrt{S_{xx}S_{yy}}} \quad \text{Ec. (7)}$$

Donde:

$$S_{xx} = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n} \quad \text{Ec. (8)}$$

$$S_{yy} = \sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n} \quad \text{Ec. (9)}$$

Para el caso del coeficiente de determinación, la expresión matemática está dada por Ec.(10), Ec. (11) y Ec. (12):

$$r^2 = \frac{SS_R}{SS_T} \quad \text{Ec. (10)}$$

Donde:

$$S_{xx} = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n} \quad \text{Ec. (11)}$$

$$SS_T = \beta_1 S_{yy} \quad \text{Ec. (12)}$$

Finalmente, se estimó la probabilidad de la significación de la regresión, aplicando el estadístico cuya expresión matemática es Ec. (13), Ec.(14):

$$F_0 = \frac{CM_R}{CM_E} \quad \text{Ec. (13)}$$

$$CM_R = \frac{SS_R}{GL} \quad \text{Ec. (14)}$$

Siendo GL los grados de libertad para la regresión, y CME, Ec. (15).

$$CM_E = \sqrt{\frac{SC_E}{n-2}} \quad \text{Ec. (15)}$$

Esta relación tiene una distribución F de Fisher con  $v_1$  grados de libertad del numerador y  $v_2$  grados de libertad del denominador, [12].

El análisis se realizó con apoyo del lenguaje de programación estadístico R-Project versión 4.1.2 en la interfaz gráfica R-Studio versión 2023.06.1. Para el manejo de la base de datos se utilizó la paquetería dplyr versión 1.1.3 y para la generación de las gráficas se utilizó la paquetería ggplot2 versión 3.4.3.

El lenguaje se programó en un equipo DELL Latitude E5470 con sistema operativo Linux Mint 21,2 Cinnamon, procesador Intel Core i5-6440HQ CPU @ 2.60GHz × 4 y RAM 8GB.

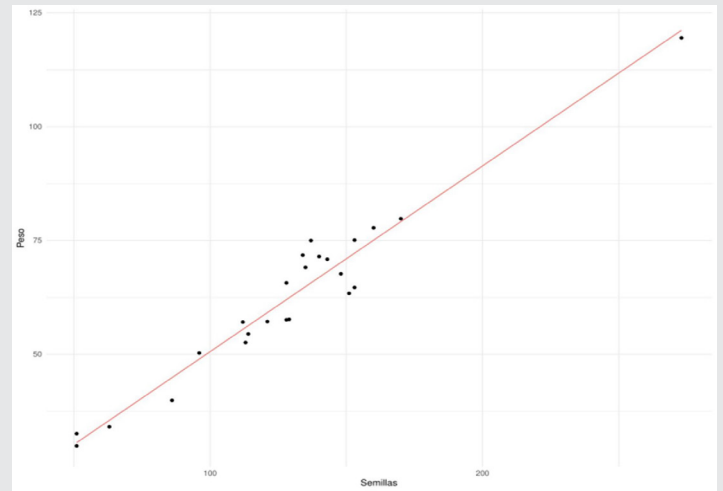


Figura 1. Estimación del peso de la fruta en función del número de semillas.

Fuente: Elaboración propia.

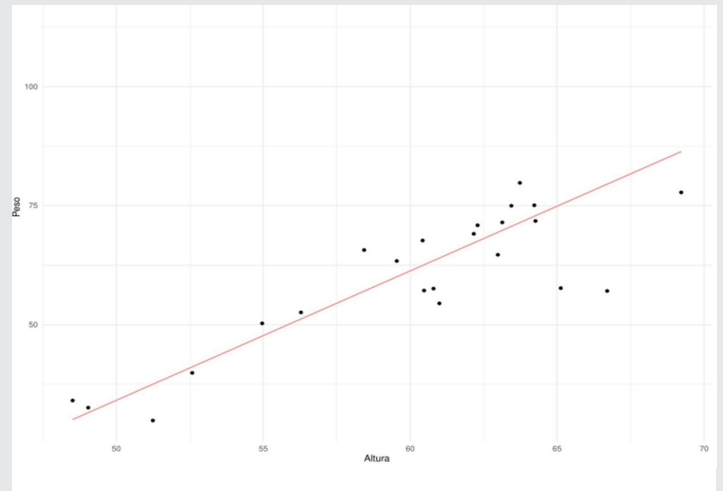


Figura 2. Estimación del peso del fruto en función de su altura.

Fuente: Elaboración propia.

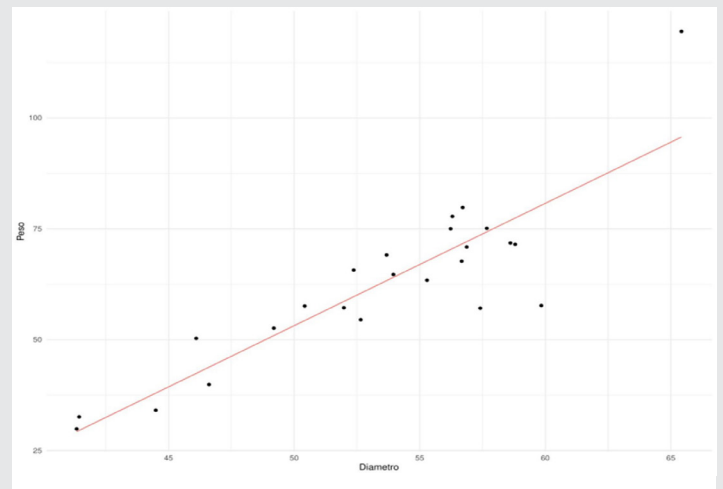


Figura 3. Estimación del peso de la fruta en función de su diámetro.

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

El análisis estadístico desempeña un papel crucial, permitiendo una evaluación cuantitativa de las características morfológicas y proporcionando una comprensión más profunda de la variabilidad y la distribución de estas características en la población estudiada [7]. Estudios previos han establecido relaciones entre variables morfométricas y el número de semillas presente en el fruto, asociadas a las condiciones medioambientales del desarrollo del fruto y las variedades evaluadas, [3]. En el análisis de las características morfológicas es importante establecer tanto la descripción del comportamiento de cada una de las variables analizadas como sus interrelaciones.

Las variables evaluadas en el presente estudio se establecieron correlaciones significativas positivas, se resumen en la Tabla 2, anexo 1 donde se presentan los valores de coeficiente de correlación de Pearson. En la Figura 4, se muestra el diámetro ecuatorial y la altura el valor fue de 0.9151 así como de 0.8813 para el peso de fruto y diámetro ecuatorial, mostrado en la Figura 3.

Para el caso del peso del fruto y altura, mostrado en la Figura 2, su valor fue de 0.8202. Con respecto al número de semillas, los valores obtenidos fueron de 0.9755, 0.7941 y 0.8665, para peso, altura y diámetro, respectivamente, (Figuras 1, 5, 6). Cabe destacar el alto valor del coeficiente de la relación peso de fruto y número de semillas, el cual para este caso alcanza valores cercanos a la unidad. Dado la importancia que presenta la obtención de semillas en los protocolos de propagación y cultivo del maracuyá, la obtención de correlaciones positivas entre estas dos variables permitirá establecer criterios de selección de frutas para estimar el número de semillas que produce cada fruto, a fin de seleccionar frutos con mayor potencial para su propagación así como establecer intervalos para las características morfológicas del fruto cultivado bajo las condiciones particulares de la región de Misantla, Tabla 1.

Tabla 1. Valores promedio y coeficiente de variación de los frutos analizados.

Parámetros	$\bar{x} \pm SE$	CV(%)
Peso (gr)	62.3125 ± 3.833	30.136
Altura (mm)	60.3636 ± 1.157	9.389
Diámetro (mm)	53.335 ± 1.225	11.249
Número de Semillas	128.7083 ± 9.14	34.789

Fuente: Elaboración propia a partir de WOS.

Bajo esta perspectiva, se observa que los frutos de la región de Misantla presentan un peso promedio de  $62.31 \pm 3.833$  con un coeficiente de variación de 30.136, una altura promedio de  $60.36 \pm 1.157$  con un coeficiente de variación de 9.389, el diámetro promedio fue de  $53.335 \pm 1.225$  con un coeficiente de variación de 11.249. Finalmente, el número de semillas tuvo un valor

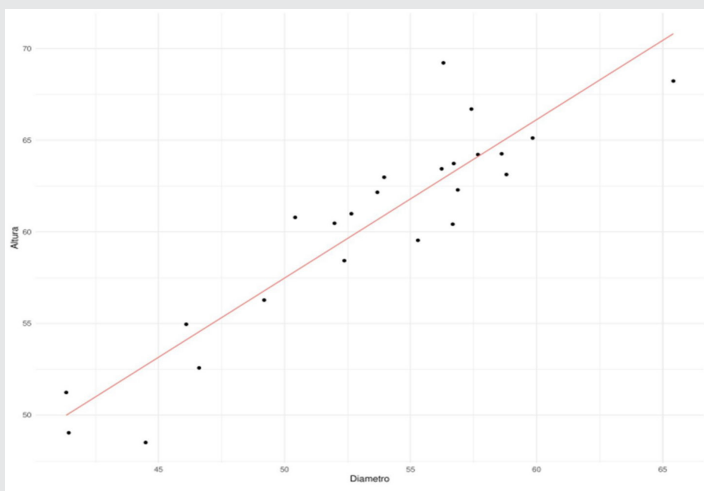


Figura 4. Estimación de la altura de la fruta en función de su diámetro.

Fuente: Elaboración propia.

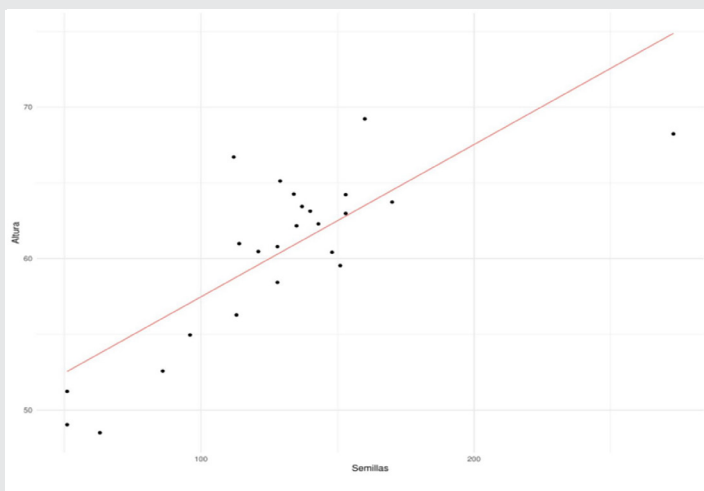


Figura 5. Estimación de la altura de la fruta en función del número de semillas.

Fuente: Elaboración propia

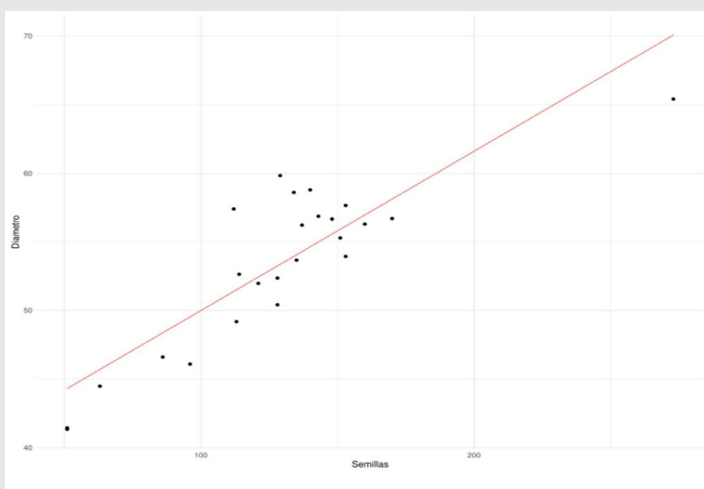


Figura 6. Estimación del diámetro de la fruta en función del número de semillas.

Fuente: Elaboración propia.

promedio de 128.7  $\pm$  9.14 con un coeficiente de variación de 34.789.

Los valores anteriores permitirán caracterizar los frutos que se producen en la región de Misantla, así como optimizar su aprovechamiento, al permitir estimar volúmenes de generación de semillas, así como estimar rendimientos de producción. Los datos de valores promedio y dispersión de las diferentes variables permitirán compararlas con frutos de regiones tradicionalmente productoras, a fin de caracterizar las variedades que se cultivan actualmente en la región de Misantla.

## CONCLUSIONES

Se obtuvo un alto valor del coeficiente para la relación peso de fruto y número de semillas, el cual alcanza valores cercanos a la unidad y puede emplearse como parámetro externo para estimar el número de semillas que presenta internamente el fruto durante el establecimiento de programas de germinación. Esto confiere una ventaja en el procesamiento agroindustrial en el que se requieren frutas de mayor peso y número de semillas, lo que permitirá alcanzar un mejor rendimiento de la parte comestible, los frutos con gran cantidad de semillas pueden ser útiles en futuros programas de fitomejoramiento y en producción de plantas. Para las otras variables se observaron correlaciones moderadas.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Dalling, J. W., Davis, A. S., Arnold, A. E., Sarmiento, C., & Zalamea, P. C. (2020). Extending plant defense theory to seeds. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51, 123-141.

[2] Dalling, J. W., Davis, A. S., Schutte, B. J., & Elizabeth Arnold, A. (2011). Seed survival in soil: interacting effects of predation, dormancy and the soil microbial community. *Journal of Ecology*, 99(1), 89-95.

[3] Imanishi, S., & Hiura, I. (1975). Relationship between fruit weight and seed content in the tomato. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 44(1), 33-40.

[4] Abo-El-Ez, A. E. D. T., El-Shenawi, M. R., Husien, M. A., & Essa, A. E. (2023). Effect of Exogenous Application of Gibberellic Acid (GA3) on Seed Size and Fruit Quality of Prickly Pear Cactus (*Opuntia ficus-indica*). *ACS Agricultural Science & Technology*, 3(9), 812- 821.

[5] Ngode, L. (2021). Fruit and seed physiological quality changes during seed development and maturation in African eggplant (*Solanum aethiopicum* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 17(8), 1131-1143.

[6] Oliveira, M.T.R., Berbert, P.A., PEREIRA, R.C., Vieira, H.D. and Carlesso, V.O., 2011. Característi-

cas biométricas e físicoquímicas do fruto, morfologia da semente e da plântula de A verrhoa carambola L. (*Oxalidaceae*). *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 33, no. 2, pp. 251- 260.

[7] Andrade, L.A., Bruno, R.L.A., Oliveira, L.S.B. and Silva, H.T.F., 2010. Aspectos biométricos de frutos e sementes, grau de umidade e superação de dormência de jatobá. *Acta Scientiarum. Agronomy*, vol. 32, pp. 293-299.

[8] Cocito, L. L. (2020). Estructuración genética y variabilidad fenotípica de dos especies de pejerreyes *Odontesthes nigricans* y *Odontesthes smitti* a lo largo del extenso gradiente latitudinal de la costa patagónica.

[9] Martell-Tamanis, A. Y., Lobato-Rosales, F. G., Landa-Zárate, M., Luna-Chontal, G., García-Santamaría, L. E., & Fernández-Lambert, G. (2019). Variables de influencia para la producción de miel utilizando abejas *Apis mellifera* en la región de Misantla. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(6), 1353- 1365.

[10] Pizarro, J. V. M., Herrera, E. M. O., Batista, R. M. G., & Delgado, I. R. (2022). Influencia de las distancias de siembra en el desarrollo y producción de 2 variedades de Maracuyá (*pasiflora edulis* de gener). *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(1), 70-79.

[11] Oliveira, A. K. M., Matias, R., & Pina, J. C. (2023). *Unonopsis guatterioides*: morphological and chemical characteristics of its fruits and seeds, and germination processes under experimental conditions. *Brazilian Journal of Biology*, 83, e269219.

[12] Walpole, R. E., Myers, R. H., & Myers, S. L. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. Pearson educación.

Anexo 1. Coeficiente de correlación de Pearson para las variables evaluadas.

<i>Relación</i>	$\beta_0$	$\beta_1$	<i>SE</i>	<i>r</i>	$r^2$	<i>P(F)</i>
<i>Peso – Semillas</i>	9.8252 ± 2.8371	0.4078 ± 0.021	4.481	0.9755	0.9455	< 0.05
<i>Peso – Altura</i>	-101.7208 ± 24.498	2.7174 ± 0.4041	10.98	0.8202	0.6727	< 0.05
<i>Peso – Diámetro</i>	-84.7945 ± 16.918	2.7582 ± 0.3153	9.073	0.8813	0.7767	< 0.05
<i>Altura – Diámetro</i>	14.2615 ± 4.3572	0.8644 ± 0.0812	2.337	0.9151	0.8374	< 0.05
<i>Altura – Semillas</i>	47.4267 ± 2.2302	0.1005 ± 0.0164	3.522	0.7941	0.6306	< 0.05
<i>Diámetro – Semillas</i>	38.391 ± 1.9394	0.1161 ± 0.0146	3.063	0.8665	0.7507	< 0.05