

## Estudio preliminar para generar cruzas entre siete progenitores de papa

### Preliminar study to generate crosses among seven potato progenitors

Claudia Saavedra-Guevara\*, Delfina de Jesús Pérez-López\*\*, Andrés González-Huerta\*\*, J. Ramón Pascual Franco-Martínez\*\*✉

Saavedra-Guevara, C., Pérez-López, D. J., González-Huerta, A., & Franco-Martínez, J. R. P. (2024). Estudio preliminar para generar cruzas entre siete progenitores de papa. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 32(93), e4753, <https://doi.org/10.33064/iycuaa2024934753>

#### RESUMEN

Los planes de cruzamiento son un prerequisite para caracterizar variedades de papa que son utilizadas en programas de mejoramiento genético, producción de semilla; así como para generar, validar, aplicar y transferir tecnología. El objetivo principal del presente estudio fue realizar todos los cruzamientos entre siete progenitores, pero sólo 26 cruzas se realizaron y 12 de éstas produjeron fruto. Los mejores progenitores masculinos fueron Caesar, Fianna y Orquesta. La mejor craza fue Atlantic x Cesar, seguida de Fianna x Cesar (147 y 135 semillas por fruto, respectivamente).

**Palabras clave:** *Solanum tuberosum* L.; floración; sistemas de apareamiento.

#### ABSTRACT

Mating systems are a prerequisite to characterize potato varieties that are used in breeding programs, seed production programs; as well as to generate, validate, apply and transfer technology. The main objective of the present study was to perform all the possible crossings among seven progenitors, but only 26 crosses were performed of which 12 produced fruit. The best male progenitors were Caesar, Fianna and Orquesta. The best cross was Atlantic x Caesar, followed by Fianna x Caesar (147 and 135 seeds per fruit, respectively).

**Key words:** *Solanum tuberosum* L.; flowering; mating systems.

Recibido: 4 de octubre de 2023 Aceptado: 2 de septiembre de 2024 Publicado: 30 de septiembre de 2024

\*Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Carretera Toluca-Ixtlahuaca km 15.5, campus universitario "El Cerrillo", El Cerrillo Piedras Blancas, C. P. 50295, Toluca, Edo. de México, México. Correo electrónico: csaavedrag001@alumno.uaemex.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5519-6125>

\*\*Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca de Lerdo, Estado de México, México. AP. 435. Correo electrónico: djperezl@uaemex.mx; agonzalezh@uaemex.mx; jrfrancom@uaemex ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1621-5690>; <https://orcid.org/0000-0001-6055-7597>; <https://orcid.org/0009-0002-2139-6203>

✉ Autora para correspondencia

## INTRODUCCIÓN

La elección de progenitores sobresalientes en papa (*Solanum tuberosum* L.) es importante para aplicar un diseño de apareamiento apropiado que permita obtener cruza directas, autofecundaciones y retrocruzas. Sin embargo, esta actividad es difícil y laboriosa debido a la herencia tetrasómica y a la naturaleza heterocigótica que presenta esta especie (Gopal, 2015), ya que los efectos de dominancia y epistasia contribuyen considerablemente en su comportamiento; también se sabe poco de la estructura genética de diversos cultivares de papa, así como de sus progenies.

El apareamiento entre progenitores tetraploides comerciales (4x x 4x) ha resultado ser la más apropiada y la más utilizada (Golmirzale & Mendoza, 1985; Mendoza, 1983), ya que genera homogeneidad y estabilidad genética (Bethke & Jansky, 2021). El valor del progenitor y de sus descendientes se puede estimar mediante la prueba de la progenie, línea x probador u otro método de cruzamiento (Gopal, Kumar, & Luthra, 2008; Plaisted, Sandford, Federer, & Kehr, 1962) como el diseño II de Carolina del Norte.

La flor de la papa tiene una inflorescencia cimosa con flores hermafroditas, colores diversos y cinco estambres (Montaldo, 1994), pero en la polinización y durante la fecundación se presentan limitantes en la sincronización de la floración, en la posición de la inflorescencia (Almekinders & Wiersema, 1991), y en número de tallos por planta (Almekinders, 1991), así como ausencia de floración y en estructura de los órganos reproductores, si son fuertes o débiles, y si producen polen viable o no; todas estas características dependen del cultivar, de la longitud del día y de la temperatura (Gopal, 1994), entre otros.

El uso de esquejes florales (Otazu & Amoros, 1991) ha resultado ser la técnica más eficiente para tener éxito en los cruzamientos y obtener mayor cantidad de frutos; la especie tiene un gineceo multiovular de 1000 a 2000 óvulos, de los cuales de 30 a 40% son fertilizados y producen semilla (Upadhyaya, Thakur, & Kadian, 1985).

La liberación de una variedad comercial requiere de 10 a 13 años, y la obtención de las cruza es la etapa inicial para lograr progenies sobresalientes. En el contexto anterior, el objetivo principal del presente trabajo fue realizar todos los cruzamientos a partir de siete progenitores tetraploides (4X x 4X) de papa, como un estudio preliminar para su caracterización agronómica y genética en condiciones de campo e invernadero.

### Hipótesis

- Es posible obtener todos los cruzamientos con siete progenitores de papa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se hizo en 2022 en el invernadero núm. 1 de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, con sede en el campus universitario "El Cerrillo", ubicado en el Cerrillo Piedras Blancas, Municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México, México. Se sembraron los progenitores Agatha, Atlantic, Caesar, Fianna, Mondial, Orquesta y Paula en macetas de 20 cm de diámetro, el 4 de mayo y el 16

de junio. En cada fecha se utilizaron 20 tubérculos por variedad. El sustrato se hizo con base en agrolita y tierra negra; los tubérculos fueron desinfectados con una solución de Captan 20 g x 20 l<sup>-1</sup> de agua durante 10 minutos. La fórmula de fertilización por hectárea fue 189 N-200P-254K, y se utilizaron como fuentes a la urea (46 N), al NH<sub>4</sub>SO<sub>4</sub> (sulfato de amonio) y al KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (fosfato monopotásico).

Se aplicó un diseño de apareamiento completo utilizando los siete progenitores (p), por lo que p<sup>2</sup> sería igual a 49 cruza posibles. Para coleccionar el polen se usó un vibrador eléctrico, se eligió al progenitor femenino en estado de botón floral, se emasculó, e inmediatamente se polinizó. La cosecha de los frutos se realizó 45 días después de la polinización manual. Las variables registradas fueron: inflorescencias por planta (NIP), flores por inflorescencia (NFI), inicio de floración (FIF), color de flor (CF), cantidad de polen (CP), polinizaciones realizadas (NPR), frutos por cruza (NF), peso promedio del fruto (PPF), diámetro promedio del fruto (DPF) y semillas por fruto (NSF).

Los datos fueron concentrados en tablas con base en totales, medias aritméticas, desviaciones estándar, y coeficientes de variación. Para NF, NPF y NSF se hizo un análisis de varianza (no mostrado) y una comparación de medias entre cruza aplicando la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) de Fisher (p= 0.05). Las salidas se generaron con el paquete estadístico InfoStat, versión 2017. Se eligió un modelo de efectos fijos para un ensayo desbalanceado.

RESULTADOS

Características de la floración

Agatha no produjo flores, pero las seis variedades restantes sí. El número de inflorescencias por planta varió entre dos y cinco, con promedio de 3.5; Orquesta tuvo cinco inflorescencias por planta. En flores por inflorescencia Caesar (10), Fianna (8) y Paula (8) presentaron el mayor número (tablas 1 y 2).

Tabla 1  
*Características de la floración de siete progenitores de papa en 2022*

| Progenitor | TP | NIP | NFI | FIF      | CF       | CP        | CV         |
|------------|----|-----|-----|----------|----------|-----------|------------|
| Agatha     | 20 | SF  | SF  | SF       | SF       | SF        | SF         |
| Atlantic   | 40 | 2   | 5   | 22/07/02 | Bco-lila | Sin polen | Tardío     |
| Caesar     | 40 | 2   | 10  | 20/06/22 | Blanca   | Abundante | Intermedio |
| Fianna     | 40 | 2   | 8   | 21/06/22 | Blanca   | Abundante | Intermedio |
| Mondial    | 40 | 3   | 3   | 16/06/22 | Morada   | Medio     | Intermedio |
| Orquesta   | 30 | 5   | 4   | 20/06/22 | Lila     | Abundante | Intermedio |
| Paula      | 40 | 2   | 8   | 22/07/22 | Blanca   | Escaso    | Tardío     |

Nota: TP= total de plantas observadas; NIP= Número de inflorescencias por planta; NFI= Número de flores por inflorescencia; FIF= Fecha de inicio de floración; CF= color de la flor; CP= cantidad polen; CV= ciclo vegetativo, en variedades precoces la floración ocurre 30 días después de la siembra, en variedades intermedias entre los 35 y 45 días y en las tardías entre 50 y 60 días (Molina et al., 2004).

Elaboración propia.

Cruzamientos efectivos

Se realizaron 26 de las 49 cruzas posibles, y de las 348 polinizaciones realizadas solamente 48 (13.79%) produjeron frutos (tabla 2). No se obtuvieron todos los cruzamientos porque Agatha no floreció y Paula, aunque floreció, no presentó sincronía en la floración y también produjo poco polen. Los progenitores masculinos efectivos fueron Caesar y Fianna y los femeninos Orquesta y Mondial (tabla 3). En la tabla 4 se muestran frutos cosechados; así como promedio aritmético, desviación estándar y coeficiente de variación para frutos por craza, diámetro promedio del fruto, peso promedio del fruto y semillas por fruto.

Tabla 2  
Total de polinizaciones realizadas en 2022

| <div>♀ \ ♂</div> | Agatha | Atlantic | Caesar | Fianna | Mondial | Orquesta | Paula |
|------------------|--------|----------|--------|--------|---------|----------|-------|
| Agatha           | SF     | SF       | SF     | SF     | SF      | SF       | SF    |
| Atlantic         | SF     | SP       | 9      | 5      | 2       | 3        | 3     |
| Caesar           | SF     | SP       | 33     | 45     | 23      | 31       | 16    |
| Fianna           | SF     | SP       | 10     | 24     | 11      | 20       | 0     |
| Mondial          | SF     | SP       | 6      | 4      | 5       | 6        | 0     |
| Orquesta         | SF     | SP       | 14     | 23     | 15      | 17       | 5     |
| Paula            | SF     | SP       | 5      | 7      | 0       | 0        | 6     |

Nota: SF= sin flores; SP= sin polen; Total de cruzamientos= 26  
Elaboración propia.

Tabla 3  
Total de frutos de cada craza

| <div>♀ \ ♂</div> | Agatha | Atlantic | Caesar | Fianna | Mondial | Orquesta | Paula |
|------------------|--------|----------|--------|--------|---------|----------|-------|
| Agatha           | *      | *        | *      | *      | *       | *        | *     |
| Atlantic         | *      | *        | 5      | *      | *       | *        | *     |
| Caesar           | *      | *        | 7      | 5      | *       | *        | *     |
| Fianna           | *      | *        | 2      | 4      | *       | *        | *     |
| Mondial          | *      | *        | *      | 2      | 2       | 2        | *     |
| Orquesta         | *      | *        | 3      | 6      | 5       | 6        | *     |
| Paula            | *      | *        | *      | *      | *       | *        | *     |

Tabla 4  
Información de las cruzas cosechadas

| Cruza                   | N<br>F |           | PPF (g) | DPF (mm) | NSF   |
|-------------------------|--------|-----------|---------|----------|-------|
| 1) Atlantic x Caesar    | 5      | $\bar{x}$ | 6.7     | 24.2     | 147.0 |
|                         |        | sd        | 1.2     | 1.7      | 29.5  |
|                         |        | cv        | 18.2    | 6.9      | 20.0  |
| 2) Caesar x Caesar      | 7      | $\bar{x}$ | 2.8     | 16.7     | 74.1  |
|                         |        | sd        | 0.9     | 2.1      | 33.3  |
|                         |        | cv        | 34.1    | 12.4     | 44.1  |
| 3) Caesar x Fianna      | 5      | $\bar{x}$ | 2.9     | 17.2     | 88.2  |
|                         |        | sd        | 1.4     | 3.4      | 54.5  |
|                         |        | cv        | 48.3    | 19.7     | 61.1  |
| 4) Fianna x Caesar      | 2      | $\bar{x}$ | 5.9     | 23.7     | 135.0 |
|                         |        | sd        | 1.2     | 1.5      | 53.7  |
|                         |        | cv        | 20.2    | 6.5      | 39.8  |
| 5) Fianna x Fianna      | 4      | $\bar{x}$ | 4.3     | 18.4     | 123.2 |
|                         |        | sd        | 3.2     | 8.7      | 131.2 |
|                         |        | cv        | 74.3    | 47.3     | 106.4 |
| 6) Mondial x Fianna     | 2      | $\bar{x}$ | 0.5     | 11.0     | 13.5  |
|                         |        | sd        | 0.6     | 0.6      | 0.7   |
|                         |        | cv        | 120.3   | 5.7      | 5.2   |
| 7) Mondial x Mondial    | 2      | $\bar{x}$ | 1.3     | 13.0     | 115.5 |
|                         |        | sd        | 0.7     | 1.6      | 23.3  |
|                         |        | cv        | 57.6    | 12.4     | 20.2  |
| 8) Mondial x Orquesta   | 2      | $\bar{x}$ | 1.0     | 11.2     | 86.0  |
|                         |        | sd        | 0.2     | 0.5      | 19.8  |
|                         |        | cv        | 24.3    | 4.4      | 23.0  |
| 9) Orquesta x Caesar    | 3      | $\bar{x}$ | 1.2     | 11.9     | 105.0 |
|                         |        | sd        | 0.7     | 3.1      | 83.2  |
|                         |        | cv        | 58.4    | 25.1     | 79.2  |
| 10) Orquesta x Fianna   | 6      | $\bar{x}$ | 1.1     | 11.4     | 35.0  |
|                         |        | sd        | 0.7     | 2.2      | 37.8  |
|                         |        | cv        | 66.5    | 19.7     | 105.2 |
| 11) Orquesta x Mondial  | 5      | $\bar{x}$ | 0.7     | 10.7     | 107.2 |
|                         |        | sd        | 0.3     | 1.9      | 49.8  |
|                         |        | cv        | 38.2    | 18.4     | 46.5  |
| 12) Orquesta x Orquesta | 6      | $\bar{x}$ | 0.6     | 9.7      | 77.3  |
|                         |        | sd        | 0.3     | 1.8      | 47.1  |
|                         |        | cv        | 55.8    | 18.5     | 60.1  |

Nota: NF= número de frutos; PPF= peso promedio de frutos; DFP= diámetro promedio de frutos; NSF= número de semillas por fruto;  $\bar{x}$  = media aritmética; sd= desviación estándar; cv= coeficiente de variación.

Elaboración propia.

En la tabla 5 se presenta la comparación de medias entre cruzas aplicando la prueba DMS de Fisher a PPF, DPF y NSF. Los mayores PPF se observan en Atlantic x Caesar, Fianna x Caesar y Fianna x Fianna; aun cuando estas fueron iguales estadísticamente (6.1, 5.9 y 5.8 g, respectivamente). Esta misma tendencia se observó también en DPF (valores de 23.50, 22.35 y 22.63 mm, respectivamente) y NSF (157.0, 134.54 y 164.33, en ese mismo orden).

Tabla 5  
Comparación de medias de peso promedio del fruto (PPF), diámetro promedio del fruto (DPF), número de semillas por fruto (NSF) en 12 cruza de papa

| Cruza                   | PPF     | DPF      | NSF         |
|-------------------------|---------|----------|-------------|
| 1) Atlantic x Caesar    | 6.10 a  | 23.50 a  | 157.00 ab   |
| 2) Caesar x Caesar      | 2.87 bc | 17.67 c  | 73.33 bcd   |
| 3) Caesar x Fianna      | 3.57 b  | 18.60 bc | 77.33 abcd  |
| 4) Fianna x Caesar      | 5.90 a  | 22.35 ab | 130.54 abc  |
| 5) Fianna x Fianna      | 5.80 a  | 22.63 ab | 164.33 a    |
| 6) Mondial x Fianna     | 0.45 d  | 10.80 d  | 9.04 d      |
| 7) Mondial x Mondial    | 1.30 cd | 12.80 d  | 111.04 abcd |
| 8) Mondial x Orquesta   | 0.97 cd | 11.00 d  | 81.54 abcd  |
| 9) Orquesta x Caesar    | 1.20 cd | 11.87 d  | 105.00 abcd |
| 10) Orquesta x Fianna   | 1.59 cd | 12.20 d  | 49.00 cd    |
| 11) Orquesta x Mundial  | 0.72 d  | 10.10 d  | 85.67 abcd  |
| 12) Orquesta x Orquesta | 0.62 d  | 9.90 d   | 51.67 cd    |

Nota: Medias con la misma letra no son diferentes significativamente DMS ( $P=0.05$ ).



Figura 1. Progenie de uno de los cruzamientos entre Atlantic x Caesar realizada el 27 de julio de 2022. Elaboración propia.

## DISCUSIÓN

La efectividad de los cruzamientos a partir de un diseño de apareamiento completo es compleja, ya que intervienen factores genéticos, ambientales y de interacción entre ambas; como cultivar, longitud del día y temperatura (Gopal, 1994). Obtener las 49 cruzas a partir de siete progenitores ( $p$ ) de papa ( $p^2=7^2$ ), fue complicado debido a problemas de sincronización en la floración; en teoría habría 21 cruzas directas [ $P(P-1)/2$ ], siete autofecundaciones y 21 cruzas recíprocas [ $P(P-1)/2$ ]. En el contexto real sólo se realizaron el 53% de las cruzas totales que correspondieron a 26 cruzas, pero sólo 12 de éstas produjeron frutos (Atlantic x Caesar [figura 1], Caesar x Fianna, Mondial x Orquesta, Fianna x Caesar, Mondial x Fianna, Orquesta x Caesar, Orquesta x Fianna, Orquesta x Mondial; así como cuatro autofecundaciones) (tablas 3 y 4).

La ausencia de floración en Agatha fue una limitante para tener éxito en todos los cruzamientos; la Nederlands Instituut voor Afzetverbodring van Potaardappelen–Netherlands Potato Consultative Foundation (NIVAP, 2007) menciona la escasa producción de flores en esta variedad. Por otro lado, Atlantic no produjo polen; esto contradice lo reportado por Pérez et al. (2003), quienes mencionaron que esta variedad sí produce polen, aunque poco. La abundancia de polen y flores en Caesar, Fianna y Orquesta facilitó el mayor número de polinizaciones; lo que permitió una fecundación exitosa y mayor prendimiento de frutos; también influyó el número de inflorescencias por planta.

Los apareamientos pueden ser difíciles de lograr dada la esterilidad e incompatibilidad entre progenitores (Bonierbale, Amoros, Salas, & De Jong, 2020; Hanneman, 1999; Tai, 1976), como es el caso de la variedad Paula que floreció y presentó polen, pero no presentó efectividad en los cruzamientos. La esterilidad masculina se menciona que puede estar controlada por un gen dominante, por genes recesivos o genes de interacción citoplasmática (Grun & Aubertin, 1966; Howard, 1970). Por su parte, Gopal (1994) mencionó que la mayor causa de esterilidad es la prematura abscisión de botones florales; así como la duración de la floración de 1 a 10 semanas; ambas presentan una correlación positiva y altamente significativa ( $r=0.90$ ) con amarre de frutos.

El mecanismo de incompatibilidad en papas detiene el crecimiento del tubo polínico en la porción superior del estilo, impidiendo la fertilización de los óvulos; esto lo presentan las variedades tetraploides (Hanneman, 1999). Se obtuvieron cuatro autofecundaciones, a pesar de que el cultivo presenta depresión endogámica (Gopal, 2015; Mendoza & Haynes, 1974). El promedio de frutos por planta de las mejores cruzas fue de 5 a 7, estos resultados contrastan con los obtenidos por Upadhya et al. (1985), quienes mencionaron que entre 30 y 40% de los óvulos son fertilizados y producen semilla. El diámetro de fruto varió de 9.77 a 24.26; el número de semillas por fruto concuerda en parte con lo establecido por Anisimov, Simakov, Zhevora y Zebrin (2021) y Aksoy et al. (2021), que afirman que los frutos pueden contener de 150 a 300 semillas.

## CONCLUSIONES

Utilizar un diseño de apareamiento completo para obtener todas las combinaciones es difícil, en parte por la ausencia y sincronización de la floración, por el grado de incompatibilidad que exista entre los progenitores, por los factores ambientales de intensidad de la luz y la temperatura y por el número de progenitores que se utilicen. Los mejores progenitores femeninos fueron Orquesta, Mondial y Caesar y el mejor progenitor masculino fue Fianna; que produjeron cruza con mayor número de frutos y diámetro. Estos resultados preliminares sugieren seleccionar progenitores con mayor cantidad de polen viable y una mayor sincronización en floración.

## REFERENCIAS

- Aksoy, E., Demirel, U., Bakhsh, A., Zia, M. A. B., Naeem, M., Saeed, F., ... Çalışkan, M. E. (2021). Recent advances in Potato (*Solanum tuberosum* L.) Breeding. En J. M. Al-Khayri, S. Mohan J., & D. V. Johnsin (Eds.), *Advances in plant breeding strategies: vegetable crops* (Volume 8: Bulbs, Roots and Tubers, pp. 409-488). Springer Nature Switzerland AG.
- Almekinders, C. J. M. (1991). Flowering and true seed production in potato (*Solanum tuberosum* L.) 2. Effects of stem density and pruning of lateral stems. *Potato Research*, 34, 379-388. <https://doi.org/10.1007/BF02360574>
- Almekinders, C. J. M., & Wiersema, S. G. (1991). Flowering and true seed production in potato (*Solanum tuberosum* L.) I. Effects of inflorescence position, nitrogen treatment and harvest date of berries. *Potato Research*, 34, 365-377. <https://doi.org/10.1007/BF02360573>
- Anisimov, B. V., Simakov, E. A., Zhevora, S. V., & Zebrin, S. N. (2021). Production of first and subsequent field generations/classes of original, elite, and reproduction potato seed: Potato breeding using true (botanic) seeds. En S. V. Zhevora, & B. V. Anisimov (Eds.), *Potato seed production* (pp. 49-60). Springer Nature.
- Bethke, P. C., & Jansky, S. H. (2021). Genetic and Environmental Factors Contributing to Reproductive Success and Failure in Potato. *American Journal of Potato Research*, 98, 24-41. <https://doi.org/10.1007/s12230-020-09810-3>
- Bonierbale, M. W., Amoros, W. R., Salas, E., & De Jong, W. (2020). Potato breeding. En H. Campos, & O. Ortiz (Eds.), *The potato crop* (pp. 163-217). Springer.
- Golmirzaie, A. M., & Mendoza, H. A. (1985). Identification of parental lines for development of TPS population. En *American Potato Journal* (Vol. 62, No. 8, pp. 427-428). UNIV MAINE 114 DEERING HALL, ORONO, ME 04469: POTATO ASSN AMER.
- Gopal, J. (1994). Flowering behavior, male sterility and berry setting in tetraploid *Solanum tuberosum* germplasm. *Euphytica*, 72, 133-142. <https://doi.org/10.1007/BF00023782>
- Gopal, J. (2015). Challenges and way-forward in selection of superior parents, crosses and clones in potato breeding. *Potato Research*, 58, 165-188. <https://doi.org/10.1007/s11540-015-9292-6>
- Gopal, J., Kumar, V., & Luthra, S. K. (2008). Top-cross vs. poly-cross as alternative to test-cross for estimating the general combining ability in potato. *Plant Breeding*, 127(5), 441-445. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2008.01491.x>
- Grun, P., & Aubertin, M. (1966). The inheritance and expression incompatibility in *Solanum*. *Heredity*, 21, 131-138. <https://doi.org/10.1038/hdy.1966.7>



- Hanneman, R. E., Jr. (1999). The reproductive biology of the potato and its implication for breeding. *Potato Research*, 42, 283-312. <https://doi.org/10.1007/BF02357859>
- Howard, H. W. (1970). *Genetics of the Potato Solanum tuberosum L.* (125 pp.). Logos Press.
- Mendoza, H. A. (1983). Selection of uniform progenies to use TPS in commercial potato production. En *Report 16 of Planning Conference on Present and Future Strategies for Potato Breeding and Improvement* (pp. 87-97). International Potato Center (CIP).
- Mendoza, H. A., & Haynes, F. L. (1974). Genetic basis of heterosis in the autotetraploid potato. *Theoretical and Applied Genetics*, 45(1), 21-25. <https://doi.org/10.1007/BF00281169>
- Molina, J. de D., Santos, B. M., & Aguilar, B. L. (2004). *Guía MIP en el cultivo de la papa* (7 pp.). Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria.
- Montaldo, A. (1994). *Cultivo y mejoramiento de la papa* (628 pp.). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Nederlands Instituut voor Afzetverbodring van Potaardappelen–Netherlands Potato Consultative Foundation (NIVAP). (2007). *Netherlands catalogue of potato varieties* (287 pp.). Autor.
- Otazu, V., & Amoros, W. (1991). Potato Berry blackening and premature drop due to boron deficiency. *American Potato Journal*, 68, 849-856.
- Pérez, L. D. J., Rivera, P. A., Sahagún, C. J., González, H. A., Landeros, F. V., Serrato, C. R., ... Ortiz, A. M. (2003). *Ciencias Agrícolas Informa. Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEM*, 14, 23-28.
- Plaisted, R. L., Sanford, L., Federer, W. T., & Kehr, A. E. (1962). Specific and general combining ability for yield in potatoes. *American Potato Journal*, 39, 185-197. <https://doi.org/10.1007/BF02871402>
- Tai, G. C. C. (1976). Estimation of general and specific combining abilities in potato. *Canadian Journal of Genetic Cytology*, 18(3), 463- 470. <http://dx.doi.org/10.1139/g76-056>
- Upadhy, M. D., Thakur, K. C., & Kadian, M. S. (1985). Influence of genotype and Environment on true potato seed (TPS) quality parameters. *American Potato Journal*, 62, 446.



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Usted es libre de Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.