



Correlación entre desarrollo del pimpollo floral y el estadio de uninucleado a binucleado en *Capsicum chinense* "ají mochero"

Correlation between floral bud development and the uninucleate to binucleate stage in *Capsicum chinense* "ají mochero"

Martín Giovanni Saavedra-Saldaña¹; Segundo Eloy López-Medina^{1*}; José Mostacero-León¹;
Juan Carlos Rodríguez-Soto¹; Armando Efraín Gil-Rivero¹; Anthony J. De La Cruz-Castillo¹;
Roger Veneros-Terrones¹

¹ Departamento de Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas, Grupo de Investigación Augusto Weberbauer. Universidad Nacional de Trujillo. Ciudad Universitaria, Av. Juan Pablo Segundo S/N, Trujillo, Perú.

* Autor corresponsal: slopezm@unitru.edu.pe (S. E. López-Medina).

ID ORCID de los autores:

M. G. Saavedra-Saldaña: <https://orcid.org/0000-0002-0370-2425>

J. Mostacero-León: <https://orcid.org/0000-0003-2556-3013>

A. E. Gil-Rivero: <https://orcid.org/0000-0002-4521-5588>

R. Veneros-Terrones: <https://orcid.org/0000-0002-9666-528X>

S. E. López-Medina: <https://orcid.org/0000-0001-7719-8607>

J. C. Rodríguez-Soto: <https://orcid.org/0000-0002-8166-8859>

A. J. De La Cruz-Castillo: <https://orcid.org/0000-0002-5409-6146>

RESUMEN

Capsicum chinense es una especie de ají originario de Perú, considerado un símbolo culinario en la región de La Libertad, por sus características culinarias, como su aroma distintivo, alto picor, frutos uniformes, atractivo color y una resistencia significativa a plagas, además de requerir pocos cuidados durante su cultivo. Ante la necesidad de realizar investigaciones que favorezcan con el mejoramiento de especies cultivables, se planteó como objetivo de investigación determinar la correlación entre desarrollo del pimpollo floral y el estadio de uninucleado a binucleado en *Capsicum chinense* "ají mochero". Esta actividad se llevó a cabo mediante la tinción de anteras de 200 capullos florales de ají mochero seleccionados al azar, con la colorante orceína acética. Los resultados revelaron que los pimpollos florales de *Capsicum chinense* "ají mochero" que están relacionados con la fase de microsporas uninucleadas tienen longitudes que oscilan entre 3,744 y 3,976 milímetros, con diámetros de 2,644 a 2,828 milímetros. De manera similar, los pimpollos florales asociados con la fase de microsporas binucleadas se encuentran en el rango de longitud de 4,674 a 4,917 milímetros y diámetros de 2,923 a 3,001 milímetros. Se concluye que existe una correlación positiva entre el desarrollo del pimpollo floral y el estadio a binucleado de *C. chinense* "ají mochero", por tanto, los pimpollos que poseen corola ligeramente más pequeña que el cáliz, son ideales para iniciar un proceso de androgénesis, el cual contribuiría con el mejoramiento genético de *C. chinense* al obtenerse líneas puras.

Palabras clave: Moche; ají; pimpollo; flor; mejoramiento genético.

ABSTRACT

Capsicum chinense, is a species of chili native to Peru, considered a culinary symbol in the La Libertad region, for its culinary characteristics, such as its distinctive aroma, high heat, uniform fruits, attractive color and significant resistance to pests, in addition to require little care during cultivation. Given the need to carry out research that favors the improvement of cultivable species, the research objective was to determine the correlation between the development of the floral bud and the stage from uninucleate to binucleate in *Capsicum chinense* "ají mochero". This activity was carried out by staining the anthers of 200 randomly selected ají mochero floral buds with the acetic orcein dye. The results revealed that the floral buds of *Capsicum chinense* "ají mochero" that are related to the uninucleate microspore phase have lengths ranging between 3.744 and 3.976 millimeters, with diameters of 2.644 to 2.828 millimeters. Similarly, the floral buds associated with the binucleate microspore phase are found in the length range of 4.674 to 4.917 millimeters and diameters of 2.923 to 3.001 millimeters. It is concluded that There is a positive correlation between the development of the floral bud and the binucleate stage of *C. chinense* "ají mochero", therefore, buds that have a corolla slightly smaller than the calyx are ideal for initiating an androgenesis process, which would contribute to the genetic improvement of *C. chinense* by obtaining pure lines.

Keywords: Moche; chili pepper; sapling; flower; genetic improvement.

Recibido: 22-01-2024.

Aceptado: 24-06-2024.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum*, de la familia Solanaceae agrupa a los ajíes, chiles y pimientos; este género tuvo origen en la zona de Alto Perú, territorio actualmente comprendido entre Perú y Bolivia (Baenas et al., 2019; López et al., 2020; Liu et al., 2024; Nazneen et al., 2023). Este género consta de un aproximado de 38 especies diferentes, de las cuales sólo 5 han sido domesticadas por el ser humano, siendo estos: *C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L. y *C. pubescens*. Su fruto es de interés para el humano en la alimentación por su contenido de capsaicinoides, flavonoides, antioxidantes, vitamina A, C y E. Por otro lado, también se utiliza como insecticida y para el tratamiento de enfermedades como: diabetes, enfermedades gastrointestinales, herpes, parasitosis, etc (Abadi et al., 2021; Espichán et al., 2022; Hunaiza et al., 2024; Mi et al., 2023; Natthawuddhi et al., 2024; Washburn et al., 2024).

Capsicum chinense "ají mochero", tuvo su origen en el valle de Moche, mediante un proceso de selección artificial, la cual a lo largo de los años se ha mantenido con una mínima variabilidad. El ají mochero se caracteriza por ser una planta perenne de porte pequeño de aproximadamente unos 50 cm de altura, poco ramificada. Sus flores son blancas y pequeñas dispuestas en grupos de aproximadamente 3 a 5 flores por inserción. Los frutos son de color amarillo intenso, con aroma cítrico y alto grado de pungencia. Como resultado del proceso de selección, el ají mochero ha adquirido ciertas características de importancia, las cuales son: la aromaticidad, el alto grado de picor, la uniformidad de los frutos, el color atractivo del fruto y alta resistencia a plagas. Cabe resaltar que la gastronomía peruana, tiene como una de sus características resaltantes el amplio uso tanto de ajíes como pimientos con la finalidad de mejorar las propiedades organolépticas de los platillos (Berlowitz et al., 2022; Espinoza, 2017; Kumar et al., 2024; Liu et al., 2023; Rezende et al., 2019; Salvador et al., 2023; Shi et al., 2023).

La biotecnología vegetal, busca la conservación y el mejoramiento genético de especies. Una de estas técnicas es la androgénesis, la cual busca obtener individuos haploides, para la conformación de nuevas líneas homocigotas mejoradas. Para ello es necesario correlacionar el tamaño del pimpollo

floral y el estadio uninucleado a binucleado de la microspora, para la producción de individuos haploides que faciliten su estudio a nivel genético (Bayati et al., 2022; García, 2020; Knipe, 2024).

Hernández (2019) en su investigación estudió la correlación existente entre los pimpollos florales de *Capsicum pubescens* "rocoto" ecotipo Serrano y el estado de desarrollo de la microspora para fines de cultivo *in vitro* androgénico, tomó como muestras pimpollos de entre 2,3 y 6,7 mm de longitud y obteniendo como resultado que alrededor del 81,3% de los pimpollos florales estudiados que contenían microsporas uninucleadas contaban un tamaño de alrededor de 4.89 mm. Por otro lado, Bayati et al. (2022), en su trabajo detalla el uso de pimpollos florales de *Capsicum annuum* L. de 3,5 a 4,0 mm o pimpollos florales con corola del mismo tamaño o ligeramente mayor al cáliz; estas características fueron relacionadas con el estado uninuclear y binuclear temprano de la microspora. Así mismo, Nguyen (2021), en su trabajo de investigación acerca del cultivo de anteras de *Capsicum annuum* L. analiza tres tipos de pimpollos florales con el objetivo de detallar las fases de la microspora presente en las anteras. El primer grupo de pimpollos analizados contó con las siguientes características: pétalos de 1,5 mm de longitud, anteras de 2,2 mm de longitud y presencia de microsporas haploides contenidas en la antera. El segundo grupo de pimpollos analizados contó con las siguientes características: pétalos de 2,0 mm de longitud, anteras de 2,5 mm de longitud y presencia de 80% de microsporas haploides y 20% de microsporas dihaploides contenidas en la antera. El tercer grupo de pimpollos analizados contó con las siguientes características: pétalos de 3,0 mm de longitud, anteras de 3.0 mm de longitud y anteras con presencia de granos de polen (Doğangüzel et al., 2021; Marcelo et al., 2022; Rezende et al., 2019). Ante la necesidad de mayor conocimiento que favorezcan el proceso de mejoramiento genético de ají mochero, se propuso como objetivo de investigación determinar la correlación entre desarrollo del pimpollo floral y el estadio de uninucleado a binucleado en *Capsicum chinense* "ají mochero".

MATERIAL Y MÉTODOS

La fase experimental se desarrolló en condiciones de invernadero en el área experimental del Jardín Botánico "Manuel Alejandro Fernández Honores" de la Universidad Nacional de Trujillo. Donde se propagó *Capsicum chinense* "ají mochero" en pequeñas bolsitas de almacigo.

Preparación de la solución Carnoy

Como primer paso, se procedió a preparar la solución Carnoy en condiciones de laboratorio al mezclar etanol y ácido acético en proporciones 3:1 en una probeta (Herrera, 1995). Esta solución fue

empleada debido a sus propiedades de detener toda división celular en el pimpollo floral recolectado y facilitar su conservación en condiciones de refrigeración.

Recolección de pimpollos florales

Se recolectaron los pimpollos florales desde su formación hasta el momento de la dehiscencia en 5 tubos de plástico con tapa rosca de acuerdo a su fase de desarrollo: a) pimpollo con cáliz completamente cerrado, b) pimpollo con cáliz ligeramente abierto y corola apenas observable, c)

pimpollo con corola ligeramente pronunciada, d) pimpollo con corola y cáliz de tamaño semejante y e) pimpollo con corola más grande que el cáliz. Cada tubo de plástico contenía un mínimo de 60 pimpollos florales recolectados los cuales fueron suspendidos en la solución de Carnoy con el fin de permitir la conservación del material en condiciones de refrigeración hasta su análisis.

Medición de pimpollos florales

Se seleccionaron al azar 40 pimpollos florales de cada fase de desarrollo correspondiente, éstos fueron colocados uno a uno sobre un papel milimetrado en la platina de un estereoscopio MOTIC SMZ168 con el objetivo de medir tanto la longitud como el diámetro de los pimpollos florales; al finalizar la medición se procedió a tabular los datos obtenidos y reservar los pimpollos sobre láminas portaobjetos rotuladas.

Extracción y análisis de las anteras

Usando dos jeringas de tuberculina se extrajeron 2 anteras de cada pimpollo floral y se depositaron en el centro de una misma lámina portaobjeto; empleando un gotero de plástico se procedió a poner una gota de orceína acética 2% sobre las anteras y se dejó reposar 5 minutos, una vez transcurrido el tiempo se procedió a realizar flameados leves de la lámina portaobjetos por la parte inferior. Seguidamente, se procedió a colocar la laminilla cubreobjetos sobre las anteras para realizar la técnica Squash con el fin de liberar el contenido de la antera (Marcela et al., 2010; Talledo y Escobar, 1995). Finalmente, con la ayuda de un microscopio Olympus Trinocular BX41 con cámara DP72, realizándose observaciones e identificación de los estadios de la microspora 10x, 40x y 100x (objetivo de inmersión en aceite de cedro). Los resultados obtenidos de cada pimpollo floral fueron tabulados con sus correspondientes en

longitud y diámetro.

Registro fotográfico

Con ayuda de una cámara de 48 MP se procedió a tomar fotografías de cada uno de los campos microscópicos observados durante el análisis de las anteras, rotulándolos con el tipo de pimpollo floral de procedencia.

Procesamiento y análisis estadístico

Los datos recolectados durante la medición de pimpollos florales y análisis de la antera fueron procesados y tabulados usando el programa MS Excel. Para fines prácticos, los registros de microsporas vacuoladas o también llamadas microsporas uninucleadas tardías fueron tomados como parte del grupo de microsporas uninucleadas.

Con RStudio versión 4.3.1. se determinó el promedio con estimación interválica al 95% de confianza de la longitud y diámetro de pimpollos florales de ají mochero que presentan la fase de microspora uninucleada y binucleada. La prueba de U de Mann Whitney se usó para la realizar la comparación no paramétrica e identificar diferencias significativas en razón a las longitudes y diámetros de los pimpollos florales de *Capsicum chinense* que presentan la fase de microspora uninucleada y binucleada; los resultados fueron representados mediante el diagrama de cajas y bigotes obtenidos con el software RStudio versión 4.3.1.

Se utilizó la prueba multinomial para identificar de manera estadística la óptima fase de desarrollo del pimpollo floral de *Capsicum chinense* que permitiría iniciar un proceso de androgénesis en base a la cantidad total de observaciones registradas de microsporas uninucleadas y binucleadas. Por otro lado, se empleó la prueba de Spearman para correlacionar el desarrollo y el estadio pimpollo floral de *C. chinense* "ají mochero"

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las observaciones microscópicas realizadas a un aumento de 400X en los squash realizados a las anteras de los 200 diferentes pimpollos florales seleccionados de *Capsicum chinense* "ají mochero"; se lograron identificar un total de 15 vistas correspondientes al estadio de célula madre, 10 vistas correspondientes al estadio de díada, 41 vistas correspondientes al estadio de tétrada, 35

vistas correspondientes al estadio de microspora uninucleada, 15 vistas correspondientes al estadio de microspora vacuolada, 21 vistas correspondientes al estadio de microspora binucleada, 42 vistas correspondientes al estadio de polen inmaduro y 21 vistas correspondientes al estadio de polen maduro (Figura 1 y Tabla 1).

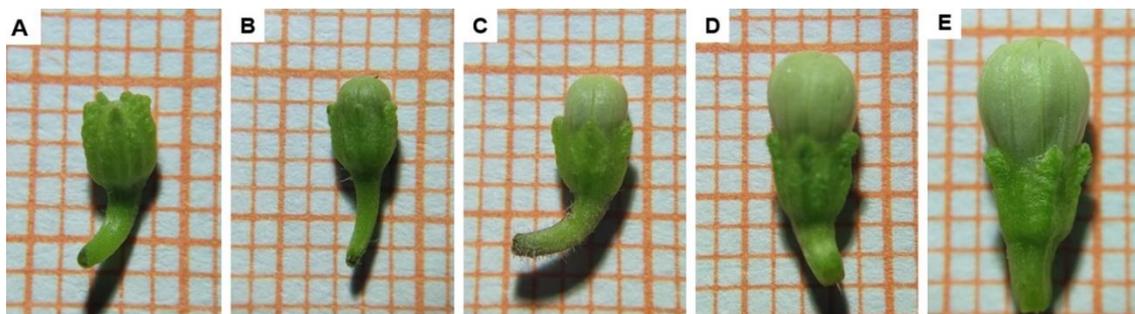


Figura 1. Fases de crecimiento del pimpollo floral de *C. chinense* "ají mochero".

Nota: **A)** pimpollo con cáliz completamente cerrado, **B)** pimpollo con cáliz abierto y corola ligeramente pronunciada, **C)** pimpollo con corola ligeramente más pequeña que el cáliz, **D)** pimpollo con corola y cáliz de tamaño semejante y **E)** pimpollo con corola más grande que el cáliz.

En relación a los resultados obtenidos en la Tabla 1 y la Figura 2, se puede observar que la aparición de la microspora uninucleada y binucleada se presentó en la fase de desarrollo de los pimpollos florales de *Capsicum chinense* "ají mochero" B: Pimpollo con cáliz abierto y corola ligeramente pronunciada cuyo porcentaje de representación fue de 37,5% (15 unidades) de microspora uninucleada, además también en la fase C: Pimpollo con corola ligeramente más pequeña que el cáliz, el porcentaje ascendió al 87,5% (35 unidades) de

microspora uninucleada y del 10,0% (4 unidades) de microspora binucleada, así también en la fase D: Pimpollo con corola y cáliz de tamaño semejante, con el 42,5% (17 unidades) de microspora binucleada, de modo tal que podemos afirmar que la fase de desarrollo de los pimpollos florales de *Capsicum chinense* "ají mochero" donde se registró el mayor porcentaje acumulado de microspora uninucleada y binucleada fue en la fase C: Pimpollo con corola ligeramente más pequeña que el cáliz (Parra et al., 2013).

Tabla 1

Estadíos de la microspora registrados en las cinco fases de crecimiento del pimpollo floral de *C. chinense* "ají mochero"

	A	B	C	D	E	Total
Célula Madre	15	0	0	0	0	15
Diada	9	1	0	0	0	10
Tétrada	16	24	1	0	0	41
Microspora Uninucleada	0	9	26	0	0	35
Microspora Vacuolada	0	6	9	0	0	15
Microspora Binucleada	0	0	4	17	0	21
Polen Inmaduro	0	0	0	23	19	42
Polen Maduro	0	0	0	0	21	21
Total	40	40	40	40	40	200

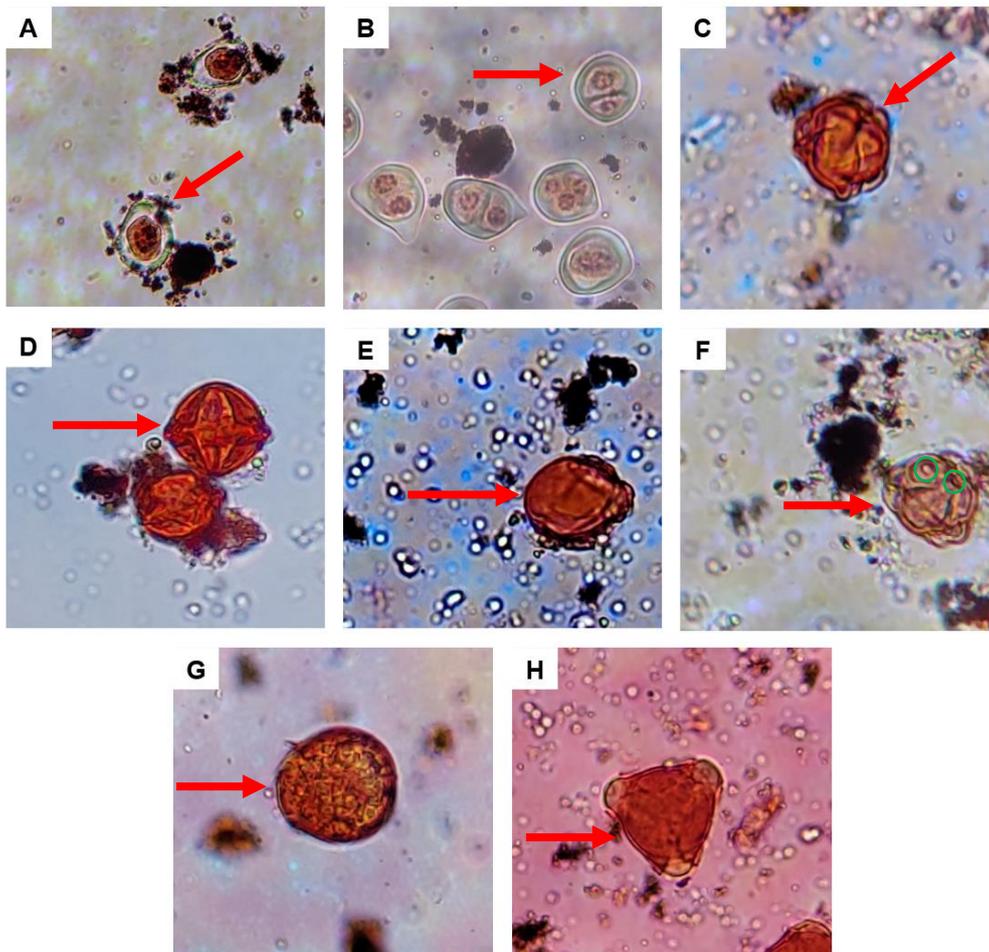


Figura 2. Estadíos de la microspora de *C. chinense* "ají mochero".

Nota: A) célula madre, B) Diada, C) Tétrada, D) Microspora uninucleada, E) Microspora vacuolada o uninucleada tardía, F) Microspora binucleada, G) Polen inmaduro) y H) Polen maduro.

Los pimpollos florales de *C. chinense* "ají mochero" que presentan la fase de microspora uninucleada, presentaron un promedio de 3,860 milímetros con estimación interválica al 95,0% de 3,744 a 3,976 milímetros, además presentó un coeficiente de variación de 10,5%, dando a conocer que la distribución de la longitud es regularmente homogénea. En tanto que, el diámetro promedio registrado fue de 2,736 milímetros con estimación interválica al 95,0% de 2,644 a 2,828 milímetros, alcanzando además un coeficiente de variación de 11,9%, por lo que, la distribución de sus diámetros es también regularmente homogénea. A diferencia de los resultados obtenidos por Gómez (2016), el cual señaló la presencia de microsporas uninucleadas en pimpollos florales de 6-7 mm de longitud y los resultados obtenidos por Hernández (2019), el cual señaló la presencia de microsporas uninucleadas en pimpollos florales longitudes alrededor de los 4,9 mm; pudiendo deberse esta variación al hecho de haber trabajado con Chile habanero una variedad distinta de *C. chinense* y *C. pubescens* "rocoto" respectivamente. Por otro lado, La longitud promedio de pimpollos florales de *C. chinense* "ají mochero" que presentan la fase de microspora binucleada, registró un valor de 4,795 milímetros con estimación interválica al 95,0% de 4,674 a 4,917 milímetros, además el valor de su coeficiente de variación igual a 5,6%, lo que indica que la distribución de sus valores es muy homogénea, por otro lado, el diámetro promedio alcanzado fue de 2,962 milímetros con estimación interválica al 95,0% de 2,923 a 3,001 milímetros, registrando además un coeficiente de variación igual a 2,9%, es decir la distribución de sus datos,

es también muy homogénea. Diferenciándose de los resultados obtenidos en *C. annum* "pimentón" por Mangal & Srivasatava (2019), los cuales vincularon la presencia de la microspora binucleada al intervalo de longitudes de 7 a 8 milímetros del pimpollo floral (Figura 3).

Tabla 2

Prueba de U de Mann Whitney para la comparación de la longitud y diámetro de pimpollos florales de *C. chinense* "ají mochero", de la fase microspora uninucleada con binucleada

Variable	Fase microspora	Promedio	p-valor*
Longitud	Uninucleada	3,860	0,000
	Binucleada	4,795	
Diámetro	Uninucleada	2,736	0,003
	Binucleada	2,962	

Nota: *p-valor de significancia de la prueba de U de Mann Whitney.

Teniendo en consideración los p-valores de significancia obtenidos de la prueba de U de Mann Whitney (Tabla 2 y Figura 4 y 5), se pudo demostrar estadísticamente la existencia de una diferencia significativa en razón a las longitudes y diámetros de los pimpollos florales de *Capsicum chinense* que exhiben la presencia de la fase de microspora uninucleada y binucleada; puesto que, se presentó un valor menor que 0,05 ($p < 0,05$), tanto en la comparación de la variable longitud ($p = 0,000 < 0,05$), como en la comparación de la variable diámetro ($p = 0,003 < 0,05$) de pimpollos florales de *Capsicum chinense* "ají mochero", entre las fases microspora uninucleada como binucleada.

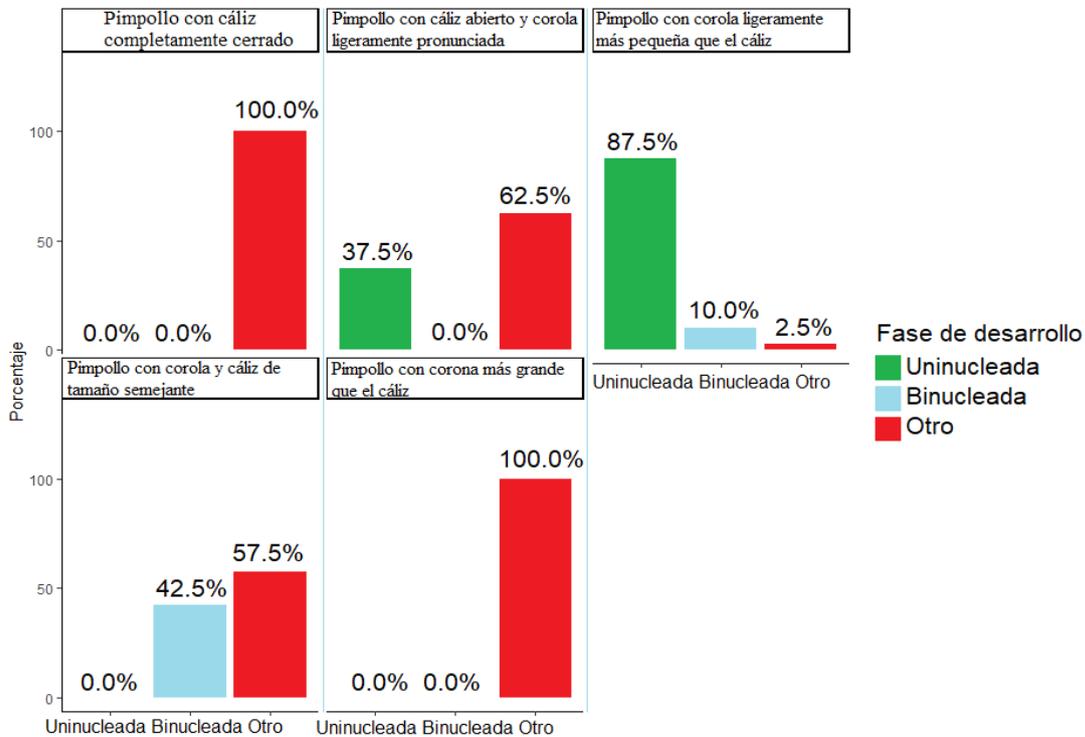


Figura 3. Barras agrupadas de distribución porcentual de la aparición de los pimpollos florales de *C. chinense* "ají mochero". que muestran correlación con las fases de crecimiento de la microspora uninucleada, binucleada y otra fase de crecimiento.

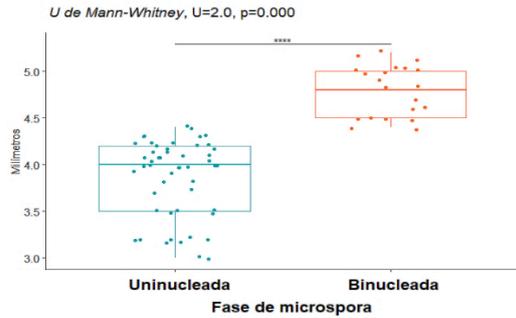


Figura 4. Diagrama de Cajas y bigotes (Boxplot) con prueba de U de Mann Whitney para la comparación de la longitud de pimpollos florales de *C. chinense* "ají mochero", de la fase microspora uninucleada con binucleada.

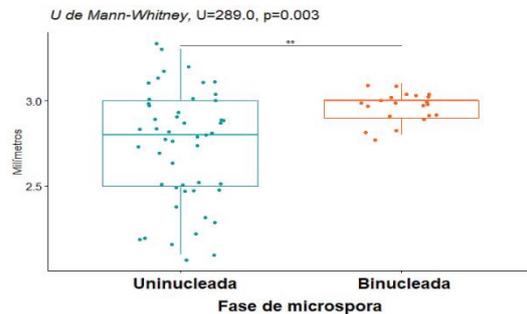


Figura 5. Diagrama de Cajas y bigotes (Boxplot) con prueba de U de Mann Whitney para la comparación del diámetro de pimpollos florales de *C. chinense* "ají mochero", de la fase microspora uninucleada con binucleada.

El p-valor de significancia de la prueba Multinomial visibilizada en la Tabla 3, alcanzó un valor menor que 0,05 ($p = 0,000 < 0,05$), por lo que existe diferencia significativa en la cantidad total de pimpollos florales de *C. chinense* "ají mochero" con fases microspora uninucleada como binucleada en al menos dos fases de desarrollo analizadas, además la prueba post hoc de comparaciones de pares de fases de desarrollo, permitió identificar que la fase desarrollo pimpollo con corola ligeramente más pequeña que el cáliz presentó una cantidad total de pimpollos florales de *C. chinense* "ají mochero" con fases microspora uninucleada como binucleada, significativamente mayor. Por otro lado considerando los resultados de la Tabla 4, encontramos que el p-valor de significancia de la prueba de correlación de Spearman, resultó ser menor que 0,01 ($p < 0,01$), es decir, se evidenció una correlación significativa y directa al 1% de significancia, tanto en la evaluación de la correlación entre la variable fase de desarrollo del pimpollo floral de *Capsicum chinense* "ají mochero" y la variable longitud ($p = 0,000 < 0,01$, $r_s = 0,933$), así también entre la fase de desarrollo del pimpollo floral de *Capsicum chinense* "ají mochero" con la variable diámetro ($p = 0,000 < 0,01$, $r_s = 0,887$) y entre las variables longitud y el diámetro del pimpollo floral de *Capsicum chinense* "ají mochero" ($p = 0,000 < 0,01$, $r_s = 0,928$). por lo que podemos afirmar que la fase de desarrollo del pimpollo floral de *C. chinense* "ají mochero" óptima fue la fase pimpollo con corola ligeramente más pequeña que el cáliz (Sánchez et al., 2020).

Tabla 3

Prueba Multinomial para la identificación de la óptima fase de desarrollo del pimpollo floral de *Capsicum chinense* "ají mochero"

p-valor*	Fase de desarrollo	Total**	Subgrupo homogéneo
0,000	Pimpollo con cáliz completamente cerrado	0	a
	Pimpollo con cáliz abierto y corola ligeramente pronunciada	15	b
	Pimpollo con corola ligeramente más pequeña que el cáliz	39	c
	Pimpollo con corola y cáliz de tamaño semejante	17	b
	Pimpollo con corona más grande que el cáliz	0	a

Nota: Resultados obtenidos con el software RStudio versión 4.3.1.

*p-valor de significancia de la prueba Multinomial

** Representa la cantidad total de pimpollos florales de *C. chinense* "ají mochero", con las fases de desarrollo de la microspora uninucleada y binucleada.

Tabla 4

Prueba de Correlación de Spearman de la fase de desarrollo del pimpollo floral de *Capsicum chinense* "ají mochero" con las variables Longitud (mm) y Diámetro (mm)

Variable	Variable	p-valor*	r_s **
Fase de desarrollo	Longitud (mm)	0.000	0.933
	Diámetro (mm)	0.000	0.887
Longitud (mm)	Diámetro (mm)	0.000	0.928

Nota: Resultados obtenidos con el software RStudio versión 4.3.1.

* p-valor de significancia de la prueba de correlación de Spearman.

** Coeficiente de correlación de Spearman.

CONCLUSIONES

Se concluye que existe una correlación positiva entre el desarrollo del pimpollo floral y el estadio a binucleado de *C. chinense* "ají mochero", por tanto, los pimpollos que poseen corola ligeramente más pequeña que el cáliz, son ideales para iniciar un

proceso de androgénesis en un menor tiempo, el cual contribuiría con el mejoramiento genético de *C. chinense* al obtenerse líneas puras doble haploides.

AGRADECIMIENTOS

Al Jardín Botánico “Manuel Alejandro Fernández Honores” de la Universidad Nacional de Trujillo; por el apoyo logístico y de ambientes brindados, posibilitando de esta manera la realización de la presente investigación. De la misma manera al

Laboratorio Biotecnología de la Universidad Nacional de Trujillo por brindarnos las facilidades para llevar a cabo el trabajo en laboratorio y posterior análisis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abadi, B., Azizi, T., & Reza, M. (2021). Farmers' Behavioral Intention to Cultivate Medicinal and Aromatic Plants in Farmlands: Solutions for the Conservation of Rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, 75, 141-151. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2020.12.007>
- Baenas, N., Belović, M., Ilic, N., Moreno, D., & García, C. (2019). Industrial use of pepper (*Capsicum annuum* L.) derived products: Technological benefits and biological advantages. *Food Chemistry*, 274, 872-885. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.047>
- Bayati, A., Shariatpanahi, M., Mostafavi, & K., Miri S. (2022). Evaluation of general and specific combining ability for doubled haploid lines in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Research Square*, 1-10. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1249472>
- Berlowitz, L., O'Shaughnessy, D., Heinrich, M., Wolf, U., Maake, C., & Martin, C. (2022). Indigenous Peruvian-Amazonian dietary practices as a method for using psychoactives. *Journal of Ethnopharmacology*, 286. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114910>
- Doğangüzel, E., Altındağ, F., Yiğit, M., Ellialtıoğlu, S., & Çömlekçioğlu, N. (2021). In vitro androgenesis in pepper (*Capsicum annuum* L.) and the affecting factors on success: II. Carbohydrate source and antioxidants. *Biotech Studies*, 30(2), 92-97. <https://doi.org/10.38042/biotechstudies.1000341>
- Espichán, F., Rojas, R., Quispe, F., Cabanac, G., & Marti, G. (2022). Metabolomic characterization of 5 native Peruvian chili peppers (*Capsicum* spp.) as a tool for species discrimination. *Food Chemistry*, 386, 132704, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132704>
- Espinoza, D. (2017). Caracterización morfológica de ajíes de la costa del Perú. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- García, J. (2020). Androgénesis y producción de doble haploides en pimiento. Tesis de posgrado. Universidad de Almería.
- Gómez, L. (2016). Establecimiento de un protocolo para la inducción de la androgénesis en *Capsicum chinense* Jacq. Tesis de posgrado. Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- Hernández, A. (2019). Embriogénesis somática a partir del cultivo in vitro de anteras en rocoto (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.). Tesis de grado. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- Herrera, J. (1995). Desarrollo Morfológico de la antera y el grano de polen de *Coffea arabica* L. var. Colombia. *Cenicafé*, 46(1), 21-31.
- Hunaiza, F., Gul, A., Jadoon, L., Abbas, S., Ahmed, T., Amir, R., Munir, F., & Mujtaba, M. (2024). Alkaloid rich hydroponic chili for AgNPs synthesis against multidrug resistant *Staphylococcus aureus* infected burn wounds. *Process Biochemistry*, 141, 170-178. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2024.03.014>
- Knipe, C. (2024). *Ethnic meat products: North America*. Editor(s): Encyclopedia of Meat Sciences.
- Kumar, M., Shukla, B., Devendran, R., Milner, H., Koirala, S., & Kumar, V. (2024). *Capsicum*-infecting plant viruses: emergence, evolution and management. *Pepper Virome*, 2024, 373-394. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15576-5.00007-1>
- Liu, Z., Cai, S., Zhang, S., Xiao, Y., Devahastin, S., Guo, C., Wang, Y., Wang, T., & Yi, J. (2023). A systematic review on fermented chili pepper products: Sensorial quality, health benefits, fermentation microbiomes, and metabolic pathways. *Trends in Food Science & Technology*, 141, 104189. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104189>
- Liu, D., Chen, J., Li, X., Zhou, Y., Shi, L., Liu, Y., Song, J., Zheng, Y., & Wang, M. (2024). Revealing the microbial contributions in chili paste fermentation by inoculating in situ microbiome. *LWT*, 191, 115632. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115632>
- López, S., López, A., Gil, A., Mostacero, J., De La Cruz, A., & Villena, L. (2020). Morfometría de frutos y semillas del “ají mochoero” *Capsicum chinense* Jacq. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), e1598. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1598
- Mangal, M., & Srivasatava, A. (2019). Exploitation of morphological features of bud and anther development for prediction of stages of microsporogenesis and microgametogenesis in pepper. *Indian Journal of Experimental Biology*, 57, 368-371. <http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/47163>
- Marcelo, M., Celestino, D., & Velasco, E. (2022). Manual de manejo agronómico de *Capsicum*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/2021/1/Marcelo-et-al_2022_Manejo_Capsicum.pdf
- Mi, S., Li, T., Sang, Y., Wang, X., & Duan, Y. (2023). Effect of cold shock precooling on the physicochemical, physiological properties and volatile profiles of chili peppers during postharvest storage. *LWT*, 187, 115300. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115300>
- Natthawuddhi, D., Saranchanok, W., Nasuha, B., Woradech, N., Chayathatto, M., & Fuggate, P. (2024). The influence of pretreatments on the quality characteristics and in vitro biological activity of freeze-dried Thai Tom-Yum ingredients. *Journal of Stored Products Research*, 105, 102241. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2023.102241>
- Nazneen, F., Rafii, M., Izera, S., Izan, S., Ramlee, Hosen, M., Rezaul, K., Ferdous, M., Halidu, J., & Sahmsiah, S. (2023). Growth and yield performances, pathogenicity, heat tolerance, antioxidant activity, and pungency level of anthracnose resistant and heat tolerant inbred lines and their F1 hybrids of chili (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Horticulturae*, 309, 111606. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111606>
- Nguyen, D. (2021). Direct embryogenesis from anther culture of hot chilli *Capsicum annuum* L. *Ho Chi Minh City Open University Journal of Science*, 11(1), 3-10. <https://doi.org/10.46223/HCMCOUJS.tech.en.11.1.560.2021>
- Parra, V., González, B., & Seguí, S. J. M. (2013). Morphological markers to correlate bud and anther development with microsporogenesis and micro gametogenesis in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 35, 627-633. <https://doi.org/10.1007/s11738-012-1104-x>
- Rezende, E., De Ávila, L., Sulpice, R., Araújo, W., Nunes, A., Peres, L., & Zsögön, A. (2019). Capsaicinoids: Pungency beyond *Capsicum*. *Trends in Plant Science*, 24(2), 109-120. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.001>
- Sánchez, M., Morillo, Y., & Morillo, A. (2020). Androgenic studies in the production of haploids and doubled haploids in *Capsicum* spp. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(1), 9047-9056. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n1.76044>
- Salvador, R., Campigli, L., Martínez, C., Dala, B., & Silva, M. (2023). From ancient crop to modern superfood: Exploring the history, diversity, characteristics, technological applications, and culinary uses of Peruvian fava beans. *Food Research International*, 173(2), 113394. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113394>
- Shi, Q., Tang, H., Mei, Y., Chen, J., Wang, X., Liu, B., Cai, Y., Zhao, N., Yang, M., & Li, H. (2023). Effects of endogenous capsaicin stress and fermentation time on the microbial succession and flavor compounds of chili paste (a Chinese fermented chili pepper). *Food Research International*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112763>
- Washburn, E., Nesbitt, J., Burger, R., Tomasto, Oelze, V., & Fehren, L. (2024). Maize and dietary change in early Peruvian civilization: Isotopic evidence from the Late Preceramic Period/Initial Period site of La Galgada, Peru. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 31, 102309. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102309>