

<https://orcid.org/0000-0003-2378-3338>

<https://orcid.org/0000-0003-0078-7221>

<https://orcid.org/0000-0001-5631-8577>

DESARROLLO DE VARIEDADES DE CAMOTE MORADO BAJO LA ÓPTICA DE PLASTICIDAD FENOTÍPICA

DEVELOPMENT OF PURPLE SWEET POTATO VARIETIES UNDER THE PERSPECTIVE OF PHENOTYPIC PLASTICITY

David Martínez-Moreno¹, Jenaro Reyes-Matamoros², Agustina Rosa Andrés-Hernández¹ y Sombra Patricia Rivas-Arancibia¹

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Biológicas. Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio, Edificio 112-A, Col. San Manuel, C. P. 72570, Puebla, Pue., México

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto de Ciencias. Av.14 sur 6301, Col. San Manuel, C. P. 72570, Puebla, Pue., México. Correo electrónico: jenaro.reyes@correo.buap.mx

Resumen

El objetivo de este estudio es registrar los caracteres morfológicos de seis variedades de camote morado de distinta procedencia bajo la óptica de la plasticidad fenotípica en la comunidad de San Félix Hidalgo, Atlixco, Puebla, México. Los resultados indican que la asignación de recursos en las estructuras vegetativas, reproductivas y del tubérculo de las variedades de camote morado de Chilapa, Guerrero; Huaquechula, Puebla; Santa Isabel, Cholula, Puebla; y Tlacuilotepec, Puebla cultivadas durante 10 años en la comunidad de San Félix Hidalgo, Atlixco, Puebla muestra mayores valores que la variedad de Atlixco, lo que indica su mayor plasticidad. Estas variedades son candidatas para ser seleccionadas en la producción de camote morado para la región de Atlixco.

Palabras clave: Adaptación, Conservación *in situ*, Fenotipo, Variación

Abstract

The aim of this study is to record the morphological traits of six varieties of purple sweet potato from various origins from the perspective of phenotypic plasticity in the community of San Félix Hidalgo, Atlixco, Puebla, Mexico. The results show that the allocation of resources in the vegetative, reproductive and tuber structures of the purple sweet potato varieties from Chilapa, Guerrero; Huaquechula, Puebla; Santa Isabel, Cholula, Puebla; and Tlacuilotepec, Puebla grown for 10 years in the community of San Félix Hidalgo, Atlixco, Puebla has higher values than the Atlixco variety, which reveals higher levels of plasticity. These varieties are good prospects for the production of purple sweet potato in the region of Atlixco.

Keywords: Adaptation, *In-situ* conservation, Phenotype, Variation

1. Introducción

En la actualidad, el interés por los sistemas de producción agrícola tradicionales ha crecido al reconocer desde hace unas décadas el valor que representa la tecnología autóctona, desarrollada durante siglos y basada en prácticas empíricas y experiencias acumuladas. Para comprender de mejor manera los sistemas agrícolas tradicionales es necesario tener un conocimiento más amplio de los eventos estructurales y funcionales de las plantas, empleando para ello los registros fenológicos y fenométricos que conjuguen el crecimiento, la reproducción y la plasticidad fenotípica de las plantas bajo las mismas condiciones ambientales (Basurto *et al.*, 1996). De esta manera, cabe mencionar que muchos de los cambios fenotípicos responden a cambios inducidos por el ambiente (Bradshaw, 1965; Schlichting, 1986). Así, la plasticidad fenotípica puede ser adaptativa si permite que las plantas produzcan fenotipos diferentes y funcionalmente apropiados en distintos ambientes. Los cambios se esperan en la magnitud y la dirección de la plasticidad fenotípica cuando las poblaciones se exponen a diferentes hábitats creados por el ser humano o se someten a diferentes presiones por el mismo (Schmidt y Levin, 1985).

En este sentido, el origen y la historia (Linares *et al.*, 2008; Díaz, 2009) del camote (*Ipomoea batatas*) han sido estudiados desde los puntos de vista etnobotánico (Linares *et al.*, 2008; Díaz, 2009), taxonómico (Rzedowski *et al.*, 2001; Cázares, 2011), de la caracterización taxonómica a través de descriptores morfológicos e isoenzimáticos (Agustín *et al.*, 2000), de las prácticas agrícolas y plagas (Reyes y Notz, 1992; Linares *et al.*, 2008; Basurto *et al.*, 2012), de la poscosecha (Cázares, 2011), de la caracterización química (Cázares, 2011), de los procesos de transformación (Cázares, 2011; Basurto *et al.*, 2012), de la ingeniería genética (Lotrakul *et al.*, 2003; Rossel *et al.*, 2008) y la industria, de la asignación de recursos (Martínez *et al.*, 2018), y de la fenología y la asignación varietal de recursos (Martínez *et al.*, 2018a). Como se observa, esta especie y sus variedades no han sido estudiadas desde la óptica de la plasticidad fenotípica para entender el comportamiento del desarrollo y la adaptación de variedades de camote para un mejor aprovechamiento del recurso. Por esta razón, el objetivo del estudio es registrar los caracteres morfológicos de seis variedades de camote morado de distinta procedencia bajo la óptica de la plasticidad fenotípica en la comunidad de San Félix Hidalgo, Atlixco, Puebla, México.

2. Materiales y métodos

El estudio se realizó en la comunidad de San Félix Hidalgo, Atlixco, Puebla, México. La parcela experimental tuvo una extensión aproximada de media hectárea y se localiza en las coordenadas 18° 54' 19" Norte y 98° 24' 14" Oeste, a una altitud de 1844 msnm (INEGI, 2014). Las labores agrícolas iniciaron con el aseo del terreno (barbecho), dejando la hierba para su integración al suelo; posteriormente, se hizo un rastreo, dejando la tierra libre de terrones y, por último, se surcó el terreno. Se realizaron 74 surcos, los cuales tuvieron una longitud de 34.2 m en promedio con una separación de 65 cm. En cada surco se sembraron en promedio 100 guías con una separación de 35 cm. La semilla de camote se obtuvo de una cosecha anterior. La siembra de cada una de las seis variedades de camote morado se realizó del 8 al 9 de junio de 2018, las cuales correspondían a Huaquechula, Puebla; San Félix Hidalgo, Atlixco, Puebla; Santa María, Tlacuilotepec, Puebla; Maravatio Del Encinal, Salvatierra, Guanajuato; San Martín Tlamapa, Santa Isabel Cholula, Puebla; y Acatlán, Chilapa, Guerrero. Al momento de la siembra se aplicó el insecticida Chlorban al 5% G (granulado) con dosis de 15-25 kg·ha⁻¹.

¹ (5% en peso equivale a 50 g de i.a./kg) para combatir la plaga de la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.). Se hicieron dos aseos al cultivo, el primero usando un arado de madera a los 21 días después de la siembra (dds) y el segundo a los 47 dds con una oz de metal. El abono se aplicó durante la primera escarda a los 21 dds aplicando 200 kg de urea por hectárea. A los 101 dds, se registró una granizada que retrasó el llenado de camote confirmado en la cuarta cosecha. Para la medición de las variables, se realizaron cosechas destructivas a los 26, 63, 84 y 113 dds, con un surco por colecta en cada cosecha. Se midió cada órgano de la planta (raíz, tallo, hojas, inflorescencias, botones y flores, en el eje principal, las ramas primarias y el tubérculo). Además, se realizó una cosecha a los 180 dds para obtener el porcentaje de peso seco (g) de las estructuras vegetativas, reproductivas y del tubérculo. El análisis de los resultados se hizo mediante un análisis de varianza con una significancia de $p \leq 0.05$ utilizando el programa STAD2, y todas las mediciones se llevaron a cabo con cinco réplicas ($n = 5$).

3. Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestra el número de estructuras de camote mediante cinco cosechas destructivas. Los resultados indican que el número de hojas en el eje principal, el número de hojas primarias, el número de ramas secundarias y el número de hojas de ramas secundarias no presentan diferencias significativas. En cambio, el número de hojas en ramas primarias presentaron diferencias significativas a los 84 y 113 dds. Las plantas de la variedad Chilapa mostraron un mayor incremento en la última cosecha, mientras que las variedades Salvatierra y Santa Isabel Cholula presentaron el menor valor. Ruiz de Galarreta *et al.* (2016) mencionan que las variedades locales presentan un fondo genético común y una variación genética, que les confiere estabilidad frente a cambios ambientales. Sin embargo, los datos registrados no coinciden con la propuesta de estos autores debido a que las variedades de camote no presentan variación genética, ya que la reproducción de las plantas ocurrió por esqueje vegetativo, pero es probable que la plasticidad ayude a las plantas de las variedades Salvatierra y Santa Isabel Cholula a sobrevivir a los cambios ambientales, lo cual implicaría una variación fenotípica (Reyes y Martínez, 2001).

Cuadro 1. Número de estructuras de camote morado cultivado en la comunidad de San Félix Hidalgo, Atlixco, Puebla. En el arreglo vertical se presentan los datos de las comunidades de Huaquechula, Puebla; Atlixco, Puebla; Tlacuilotepec, Puebla; Salvatierra, Guanajuato; Santa Isabel Cholula, Puebla; y Chilapa, Guerrero, respectivamente.

Número de estructuras	Días después de la siembra			
	26	63	84	113
Hojas en el eje principal	11.8 ± 3.56 a	15.8 ± 6.05 a	36.4 ± 6.65 a	18.6 ± 1.94 a
	11.2 ± 2.28 a	12.2 ± 2.28 a	23.6 ± 5.94 b c	12.4 ± 5.41 a
	11.0 ± 1.0 a	15.2 ± 4.43 a	25.4 ± 0.89 b c	16.2 ± 3.89 a
	13.6 ± 1.14 a	15.2 ± 3.96 a	20.0 ± 1.58 c	11.0 ± 6.36 a
	11.2 ± 1.92 a	10.6 ± 1.51 a	36.0 ± 2.73 a	16.6 ± 7.26 a
	10.0 ± 2.73 a	15.8 ± 1.48 a	27.2 ± 4.08 b	18.8 ± 4.20 a
Inflorescencias en el eje principal			0 ± 0 c	0 ± 0 b
			19.6 ± 4.33 a	2.0 ± 1.07 b
			9.6 ± 0.89 b	11.2 ± 2.28 a
			0 ± 0 c	0 ± 0 b
			11.4 ± 1.14 b	8.2 ± 6.41 a
Ramas primarias			0 ± 0 c	0 ± 0 b
			5.0 ± 1.0 b	5.0 ± 0.70 b
			4.0 ± 0.89 b	4.8 ± 1.09 b
			3.0 ± 0.83 c	4.8 ± 1.30 b
			2.0 ± 1.0 d	5.6 ± 1.51 b
Hojas en ramas primarias			6.0 ± 0.44 a	5.2 ± 1.78 b
			6.0 ± 0.54 a	7.6 ± 1.67 a
			11.0 ± 4.66 a	17.0 ± 3.08 a
			17.0 ± 8.08 a	7.8 ± 3.03 b
			12.0 ± 1.09 a	9.8 ± 2.04 b
			9.0 ± 5.49 a	16.6 ± 3.28 a
Inflorescencias de ramas primarias			10.0 ± 0.70 a	9.0 ± 2.34 b
			10.0 ± 1.14 a	10.0 ± 1.14 b
				4.6 ± 0.54 a
				1.4 ± 1.04 b
				0 ± 0 c
Camote				0 ± 0 c
				0 ± 0 c
				2.6 ± 0.54 a
				3.0 ± 0.70 a
				2.6 ± 0.54 a

El número de inflorescencias en el eje principal y las ramas primarias de la variedad de Atlixco (variedad local) registró la mayor cantidad, presentando diferencias significativas con respecto a las demás variedades de camote. Puede que estos resultados se deban a que el órgano que se utiliza para la siembra no es una semilla, sino un esqueje vegetativo, llamado guía, y las yemas de esa guía dan origen a órganos vegetativos y no a reproductivos, mientras que las variedades de Huaquechula, Tlacuilotepec, Santa

Isabel Cholula y Chilapa no presentaron inflorescencias en el eje principal ni en las ramas primarias. Posiblemente este patrón responda a ambientes creados por el ser humano para un mejor funcionamiento fisiológico de las plantas y la energía se esté asignando al órgano de interés antropogénico, lo cual sería conveniente comprobar. Asimismo, estas diferencias pudieron deberse a la fuerte granizada al inicio del cultivo con pérdidas de las plantas biomasa, lo que resultó en un incremento de estructuras vegetativas, como lo encontrado por Martínez *et al.* (1999) en plantas de amaranto, ya que al someter las plantas a distintos cortes, éstas presentaron un incremento de esas estructuras. En lo referente al número de camotes en la última cosecha, se observa que las variedades de Huaquechula y Tlacuilotepec presentaron diferencias significativas con respecto a las otras variedades, superando con ello a la variedad local, resultando ser más plásticas. Esto coincide con lo mencionado por Rendón y Núñez-Farfán (2001), quienes plantean que si los genotipos locales son superados por genotipos extraños, estos últimos son más plásticos.

En el Cuadro 2 se observa el porcentaje de peso seco (g) de camote asignado a las estructuras vegetativas, reproductivas y del tubérculo. Se muestra que el mayor porcentaje de recursos a estructuras vegetativas fue asignado por la variedad de Salvatierra y el menor por la variedad de Chilapa. En cuanto a las estructuras reproductivas, la mayor cantidad de asignación de recursos fue para la variedad de Salvatierra y las variedades de Santa Isabel Cholula y Chilapa no presentaron dichas estructuras. En referencia a la asignación de recursos al tubérculo, se registró que las variedades de Chilapa, Huaquechula y Santa Isabel Cholula presentaron valores superiores a 40%, mientras que la variedad de Salvatierra obtuvo sólo 17%.

Cuadro 2. Porcentaje de peso seco (g) de camote morado cultivado en la comunidad de San Félix Hidalgo, Atlixco, Puebla.

Variedades de camote	Estructuras de la planta de camote, %		
	Vegetativas	Reproductivas	Del tubérculo
Huaquechula, Puebla	51.69	2.6	45.71
Atlixco, Puebla	63.42	3.18	33.4
Tlacuilotepec, Puebla	58.58	2.6	36.22
Salvatierra, Guanajuato	74.34	8.65	17.01
Santa Isabel Cholula, Puebla	57.43	0.0	42.57
Chilapa, Guerrero	50.61	0.0	49.39

Los datos del porcentaje obtenidos en estructuras vegetativas, reproductivas y del tubérculo muestran que después de diez años de reproducir estas variedades, todas superan a la variedad local en cuanto al órgano de interés antropogénico, excepto la variedad de Salvatierra, lo cual muestra que organismos individuales pueden alterar su desarrollo, dependiendo de las condiciones ambientales y del manejo para adaptarse fisiológicamente. Así, las variedades introducidas que superan a las variedades locales son consideradas más plásticas (Rendón y Núñez-Farfán, 2001), generando la posibilidad de seleccionar variedades con plasticidad adaptativa, lo que puede contribuir específicamente a la colonización de éstas en nuevos agroecosistemas sin necesidad de someterlas a la selección local (Sultan, 2000; Sultan y Spencer, 2002). En este caso, las variedades de Chilapa, Huaquechula, Santa Isabel Cholula y Tlacuilotepec son candidatas para ser seleccionadas en la producción de camote con respecto a la variedad de Atlixco.

Por último, el cambio climático está alterando la disponibilidad de recursos y las condiciones óptimas para el rendimiento de las plantas (cultivadas y silvestres), pero una manera en que las plantas responderán será a través de cambios en el fenotipo inducidos por el ambiente (Nicotra *et al.*, 2010). Posiblemente estos cambios ya se están presentando en las variedades de camote que se están reproduciendo *in situ* en la comunidad de San Félix Hidalgo en Atlixco, Puebla.

4. Conclusiones

La asignación de recursos en las estructuras vegetativas, reproductivas y del tubérculo de las variedades de camote morado de Chilapa, Guerrero; Huaquechula, Puebla; Santa Isabel, Cholula, Puebla; y Tlacuilotepec, Puebla cultivadas durante 10 años en la comunidad de San Félix Hidalgo, Atlixco, Puebla muestra mayores valores que la variedad de Atlixco, lo que indica su mayor plasticidad. Estas variedades son candidatas para ser seleccionadas en la producción de camote morado para la región de Atlixco debido al escenario del cambio climático que está alterando la disponibilidad de recursos y a que las plantas responden mediante cambios fenotípicos causados por el ambiente.

Referencias

- Agustín, E.; García, A. y Rocha, B. H. G. (2000). Caracterización de variedades de batata dulce (*Ipomoea batatas* L.) a través de descriptores morfológicos e isoenzimáticos. *Ciencia Rural*, 30(1): 49-53.
- Andrade, R. D.; Torres, R.; Montes, J. E.; Pérez, A. O.; Acuña, A. C. y Narváez, J. G. (2009). Obtención de aguardiente a partir de batata (*Ipomoea batatas*). *Temas Agrarios*, 14(1): 39-45.
- Basurto, F.; Martínez, D.; Castellanos, A. y Martínez, A. M. A. (1996). Ciclo agrícola y fenología de *Phaseolus coccineus* L. en sistemas de agricultura tradicional en la Sierra Norte de Puebla, México. *Etnoecológica*, Vol. III (4-5): 71-81.
- Basurto, F.; Martínez, D.; Rodríguez, T.; Evangelista, V.; Mendoza, M. y Valdez, G. (2012). El camote de Puebla o camote de Santa Clara: Cadena de producción a consumo. Ed. Instituto de Biología, UNAM, México. p. 33.
- Bradshaw, A. D. (1965). Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. En: Caspari, E. W. y Thoday, J. M. (Eds.). *Advances in Genetics*. Academic Press, New York, pp. 115-155.
- Cázares, C. J. G. (2011). Compendio de raíces y tubérculos tropicales. Ed. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Centro, Tabasco. p. 151.
- Díaz, P. M. D. (2009). *Ipomoea*: Un género con tradición. *ContactoS*, 73: 36-44.
- INEGI. 2014. Anuario estadístico y geográfico de Puebla. Puebla. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Linares, E.; Bye, R.; Rosa-Ramírez, D. y Pereda-Ramírez, R. (2008). El camote. CONABIO. *Biodiversitas*, 81: 11-15.
- Lotrakul, P., Valverde, A. R. y Clark, A. C. (2003). Properties of a begomovirus isolated from sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) infected with sweet potato leaf curl virus. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(2): 128-136.
- Martínez, M. D.; Núñez-Farfán, J.; Terrazas, T.; Ruiz, P. L. del M.; Trinidad-Santos, A.; Trejo, L. C. y Larque-Saavedra, A. (1999). Plastic responses to clipping in two species of *Amaranthus* from the Sierra Norte de Puebla, Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46: 225-234.
- Martínez, M. D.; Reyes, M. J.; Andrés, H. A. R. y Rivas, A. S. P. (2018). Presencia y ausencia de flor en la asignación de recursos en camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*, 9(20): 97-110.
- Martínez, M. D.; Reyes, M. J.; Basurto, P. F. y Andrés, H. A. R. (2018a). Asignación de recursos en camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) en Atlixco, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 5(4): 8-18.
- Nicotra, A. B.; Atkin, O. K.; Bonser, S. P.; Davidson, A. M.; Finnegan, E. J.; Mathesius, U.; Poot, P.; Purugganan, M. D.; Richards, C. L.; Valladares, F. y van Kleunen, M. (2010). Plant Phenotypic plasticity in climate change. *Trends in Plant Science*, 15(12): 684-692.

- Rendón, B. y Núñez-Farfán, J. (2001). Population differentiation and phenotypic plasticity of wild and agrestal population of the annual *Anoda cristata* (Malvaceae) growing in two contrasting habitats. *Plant Ecology*, 156: 205-213.
- Reyes, J. M. y Martínez, M. D. (2001). La plasticidad de las plantas. *Elementos*, 41(8): 39-43.
- Reyes, M. y Notz, A. (1992). Biology of the sweet potato weevil *Cylas formicarius elegantulus* Summers (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions [En español]. *Boletín de Entomología Venezolana*, 7(1): 69-76.
- Rossel, G.; Espinoza, C.; Javier, M. y Tay D. (2008). Guías para la regeneración de germoplasma: camote. En: Dulloo, M. E.; Thormann, I.; Jorge, M. A. y Hanson, J. (Eds). Crop specific regeneration guidelines [CD-ROM]. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy. p. 9.
- Ruiz de Galarreta, J. I.; Prohens, J. y Tierno, R. (2016). Las variedades locales en la mejora genética de plantas. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Sociedad Española de Genética. p. 465.
- Rzedowski, G. C. de J. y colaboradores. (2001). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), p. 1406.
- Schlichting, C. D. (1986). The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 17: 667-693.
- Schmidt, K. P. y Levin, D. A. (1985). The comparative demography of reciprocally sown populations of *Phlox drummondii* Hook. I. Survivorships, fecundities, and finite rates of increase. *Evolution*, 39: 396-404.
- Sultan, E. S. y Spencer H. G. (2002). Metapopulation structure favors plasticity over local adaptation. *The American Naturalist*, 160(2): 271-283.
- Sultan, S. E. (2000). Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. *Trends in Plant Science*, 5: 537-542.