

Mexican native varieties and plant health in the context of COVID-19: The case of *Solanum lycopersicum*

Variedades nativas mexicanas y fitosanidad en el contexto del COVID-19: Caso *Solanum lycopersicum*

Hipolito Cortez-Madriral*, Rineaud Nord, Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Michoacán, Justo Sierra # 28 Colonia Centro, CP 59510, Jiquilpan, Michoacán, México; Edgar Villar-Luna, CONACYT, CIIDIR Unidad Michoacán. *Corresponding author: hcortezm@ipn.mx.

Received: March 01, 2021.

Accepted: March 30, 2021.

Cortez-Madriral H, Nord R and Villar-Luna E. 2021. Mexican native varieties and plant health in the context of COVID-19: The case of *Solanum lycopersicum*. Mexican Journal of Phytopathology 39(4): 282-292. DOI: <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2021-19>

Abstract. The importance of native Mexican varieties in agricultural food production is analyzed, discussed and reflected upon, particularly regarding emergency situations such as the pandemic caused by the SARS-CoV-2 virus. The main example used is the tomato, *Solanum lycopersicum*, comparatively with commercial varieties. Evidence is provided of the higher tolerance of native varieties to pests and diseases. When grafted onto commercial varieties, they maintained their tolerance, but also increased their yield. Before and perhaps during the pandemic, native tomato varieties have been an important food source for several marginalized communities in Mexico. The analysis suggests that the agricultural food production based on native varieties may help solve problems in the

Resumen. Se analiza, discute y reflexiona sobre la importancia de las variedades nativas mexicanas en la producción agroalimentaria, particularmente en situaciones de emergencia como la pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2. Se ejemplifica con el jitomate, *Solanum lycopersicum*, comparativamente con variedades comerciales. Se muestran evidencias de mayor tolerancia de variedades nativas a plagas y enfermedades. Cuando se injertaron con variedades comerciales, mantuvieron su tolerancia; pero, además, incrementaron su rendimiento. Antes y probablemente durante la pandemia, las variedades nativas de jitomate han sido fuente importante de alimento para numerosas comunidades marginadas de México. El análisis sugiere que la producción agroalimentaria basada en variedades nativas puede subsanar problemas en la cadena de suministros de insumos agrícolas de importación reduciendo además la dependencia de agroquímicos, fertilizantes y variedades comerciales y favorecer la producción familiar de alimentos. Una menor dependencia de insumos industrializados coadyuvaría a la autosuficiencia y soberanía

supply chain of imported agricultural inputs, while also solving the dependency on agrochemicals, fertilizers and commercial varieties, and promoting family-produced foods. A lower dependence on industrialized inputs would contribute towards self-sufficiency and food sovereignty, with nutritious and innocuous foods. In times of a pandemic, the family production model in marginalized rural settings would help reduce the mobility of people and the risk of contagion, increase food security and reduce SARS-CoV-2 risk factors due to the incidence of chronic diseases, particularly metabolic diseases.

Key words: wild tomato, pest, diseases, SARS-CoV-2.

The productive agricultural paradigm

Unlike the wide diversity of varieties adapted to the environment, the modern agricultural paradigm has produced the idea of putting the environment at the service of the genotype (Sarandón, 2014). Thus, worldwide food production is based on reduced number of varieties, highly productive yet eventually vulnerable to pests, diseases and other environmental factors such as water stress or frosts. As a response, the modern agricultural production model uses high amounts of energy in the form of organo-synthetic pesticides (Altieri and Nicholls, 2010). Pest control in Mexico and in many areas of the world is characterized by being more 'calendarized' than predictive, resulting in programmed pesticide applications, regardless of the type of pest, disease or weed. In the end, it becomes a vicious circle, highly dependent on pesticide agroecosystems: the environment at the service of the genotype. Problems caused by the irrational use of pesticides have been widely

alimentaria, con alimentos nutritivos e inocuos. En tiempo de pandemia, el modelo familiar productivo en entornos rurales marginados favorecería menor movilidad de personas y riesgos de contagio, seguridad de alimentos y reducción de factores de riesgo al SARS-CoV-2 por la incidencia de enfermedades crónicas en particular las metabólicas.

Palabras clave: Jitomate silvestre, plagas, enfermedades, SARS-CoV-2.

El paradigma agrícola productivo

A diferencia de la amplia diversidad de variedades nativas adaptadas al medio, el paradigma agrícola moderno ha generado la idea de poner el ambiente al servicio del genotipo (Sarandón, 2014). Así, la producción mundial de alimentos se basa en un reducido número de variedades, altamente productivas pero eventualmente vulnerables a plagas, enfermedades y otros factores ambientales como estrés hídricos o heladas. Como respuesta, el modelo de producción agrícola moderno utiliza altas cantidades de energía en forma de plaguicidas órgano-sintéticos (Altieri y Nicholls, 2010). El control de plagas en México, y muchas partes del mundo, se caracteriza por ser más 'calendarizada' que predictiva resultando en aplicaciones programadas de plaguicidas independientemente del nivel plaga, enfermedad o maleza. Al final, opera un círculo vicioso, con alta dependencia de agroecosistemas de los plaguicidas: el ambiente al servicio del genotipo. Los problemas derivados del uso irracional de plaguicidas han sido ampliamente documentados (Devine *et al.*, 2008); pero quizá el más importante, sea el daño a la salud humana (Seefoó, 2005).

Cuando ocurren emergencias nacionales como la pandemia COVID-19 que nos afecta desde

documented (Devine *et al.*, 2008), but perhaps the most important one is the damage caused to human health (Seefoó, 2005).

When national emergencies occur, like the COVID-19 pandemic that has affected us all since 2020, the limitations of the modern agricultural model become more evident. As confirmed, the global economy has become seriously slumped, and the effect on agriculture as a primary economic activity was no exception (CEPAL, 2020; World Bank, 2020). The high dependency on agrochemicals, of which have been imported, as well as on many other inputs due to the deterioration of the supply chains, has affected food production and distribution (CEPAL, 2020). Should the pandemic be extended, with affected supply chains and the weakening of production units, the yield of monoculture varieties would be highly affected by the incidence of pests and diseases. In addition, the effect of climate change would enhance its negative impact on modern agricultural systems (Salcedo and Guzmán, 2014). Two of the most widely accepted strategies to reduce the use of pesticides in agriculture are the ecological management of pathosystems and integrated pest management with plant resistance as the main strategy (Kogan, 1990; Robinson, 1996). The main source of resistance to pests and diseases is in the ‘endemic parents of cultivated plants’ and in ‘creole varieties’ (Labate *et al.*, 2007), both hereinafter referred to as ‘native varieties.’

The aim of this text is to analyze, discuss and reflect upon the importance that native varieties of cultivated plants have on food production, and the role they play in situations such as the pandemic caused by the virus SARS-CoV-2. The example used is the tomato *Solanum lycopersicum* for three main reasons: along with maize, it is one of the crops with the most genetic manipulation; it has several plant health problems (Blancard, 2012;

2020, las limitantes del modelo agrícola moderno se hacen más evidentes. Como se ha constatado, la economía global ha sido seriamente deprimida y el efecto en la agricultura como actividad económica primaria, no fue la excepción (CEPAL, 2020; World Bank, 2020). La alta dependencia de agroquímicos, en su mayor parte importados, así como de muchos otros insumos por el deterioro de las cadenas de suministro, ha afectado la producción y distribución de alimentos (CEPAL, 2020). De prolongarse la pandemia, con cadenas de suministros afectadas y depauperación de unidades de producción, el rendimiento de variedades monocultivadas sería fuertemente afectado por incidencia de plagas y enfermedades. Adicionalmente, el efecto del cambio climático potenciará su impacto negativo en los sistemas agrícolas modernos (Salcedo y Guzmán, 2014). Dos de las estrategias más aceptadas para reducir el uso de plaguicidas en la agricultura son el manejo ecológico de patosistemas y el manejo integrado de plagas con la resistencia vegetal como estrategia fundamental (Kogan, 1990; Robinson, 1996). La principal fuente de resistencia a plagas y enfermedades se encuentra en los ‘parientes silvestres de plantas cultivadas’ y en las ‘variedades criollas’ (Labate *et al.*, 2007), denominadas ambas en lo sucesivo como ‘variedades nativas’.

El objetivo del escrito es analizar, discutir y reflexionar sobre la importancia que las variedades nativas de plantas cultivadas tienen en la producción alimentaria, y su rol en situaciones como la pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2. Se ejemplifica con el jitomate *Solanum lycopersicum* por tres razones fundamentales: Con el maíz, es uno de los cultivos con mayor manipulación genética; posee diversos problemas fitosanitaria (Blancard, 2012; King y Saunders, 1984; Pérez *et al.*, 1987); y tiene fuerte arraigo cultural en México.

King and Saunders, 1984; Pérez *et al.*, 1987); and it is deeply culturally ingrained in Mexico.

Native tomato varieties and plant health

The cultivated tomato is one of the crop with the greatest phytosanitary problems, with more than 13 pest species and diseases that include practically the entire spectrum of pathogens. Several of these are transmitted by insects (King and Saunders, 1984; Blancard, 2012). Although it is not the center of origin, it is widely agreed that the tomato was first domesticated in Mexico (Labate *et al.*, 2007), and it has a wide diversity of native varieties (Lobato-Ortiz *et al.*, 2012). These may play an important part in the healthy and sustainable production of tomato, particularly in the natural regulation of pests and diseases.

The closest endemic relative of the tomato is *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*, which is an important source of resistance to pests such as the silverleaf whitefly *Bemisia tabaci* (Hem: Aleyrodidae) and the red spider mite *Tetranychus* spp. (Acari: Tetranychidae) (Pérez *et al.*, 1987; Sánchez-Peña *et al.*, 2006). In western Mexico, this relative of the tomato is locally known as ‘tinguaraque’ (Figure 1A). Explorations in this region documented a wide diversity of morphotypes, with a reduced presence of phytophagous insects (Alvarez-Hernández, 2009). Under the conditions of the Chapala swamp, in Michoacán, Mexico, regarding a commercial variety, the tinguaraque displayed tolerance to the silverleaf whitefly *B. tabaci*, the potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Hem: Triozydae) and vegetable leaf miners *Liriomyza* spp. (Dip: Agromyzidae) (Cortez-Madrugal, 2010), as well as to the pathogens *Phytophthora* sp. and *Rhizoctonia* sp. (Arellano *et al.*, 2013).

Mexican farmers have produced a wide variety of creole varieties, adapted to local environments (Figure 1B) (Vera-Sánchez *et al.*, 2016). Thus, Nord *et al.*, (2020) recorded a lower incidence of

Variedades nativas de jitomate y fitosanidad

El jitomate cultivado presenta más de 13 especies plaga y similar número de enfermedades que incluyen prácticamente todo el espectro de patógenos. Varios de estos son transmitidos por insectos (King y Saunders, 1984; Blancard, 2012). Aunque no es centro de origen, hay consenso de que el jitomate fue domesticado en México (Labate *et al.*, 2007), el cual tiene una amplia diversidad de variedades nativas (Lobato-Ortiz *et al.*, 2012). Estas podrían tener un rol importante en la producción saludable y sustentable de jitomate, particularmente, en la regulación natural de plagas y enfermedades.

El pariente silvestre más cercano del jitomate es *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*, y es fuente importante de resistencia hacia plagas como la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hem: Aleyrodidae) y la araña roja *Tetranychus* spp. (Acari: Tetranychidae) (Pérez *et al.*, 1987; Sánchez-Peña *et al.*, 2006). En el Occidente de México, este pariente del jitomate es conocido localmente como ‘tinguaraque’ (Figura 1A). Exploraciones en esa región documentaron una amplia diversidad de morfotipos, con reducida presencia de insectos fitófagos (Alvarez-Hernández, 2009). En las condiciones de la Ciénega de Chapala, Michoacán, México, respecto a una variedad comercial, el tinguaraque registró tolerancia a mosca blanca *B. tabaci*, paratrioza *Bactericera cockerelli* (Hem: Triozydae) y minadores *Liriomyza* spp. (Dip: Agromyzidae) (Cortez-Madrugal, 2010), así como a los patógenos *Phytophthora* sp. y *Rhizoctonia* sp. (Arellano *et al.*, 2013).

Los campesinos mexicanos han generado una amplia diversidad de variedades criollas, adaptadas a ambientes locales (Figura 1B) (Vera-Sánchez *et al.*, 2016). Así, Nord *et al.*, (2020) registraron menor incidencia de plagas en variedades silvestres, criollas y comerciales, en ese orden. Lo cual confirma la relación inversa entre resistencia a plagas y el grado de manipulación genética (Rozenthal y Dirzo, 1997).



Figure 1. Native Mexican varieties of tomato (*Solanum lycopersicum*). A. Wild cherry-type, called tinguaraque. B. Kidney-type variety beside a commercial one (smooth fruit on top). Archive photos by the author.

Figura 1. Variedades nativas mexicanas de jitomate (*Solanum lycopersicum*). A. Tipo cereza silvestre llamado tinguaraque. B. Variedad tipo riñón junto a una comercial (fruto liso sobrepuesto). Fotos archivo del autor.

pests in wild, creole and commercial varieties, in that order, indicating the reverse relationship between pest resistance and the degree of genetic manipulation (Rozenhal and Dirzo, 1997).

Apart from insect-pests, damages caused by fungi and nematodes are another problem that requires solving. With the prohibition of methyl bromide as a biocide, frequently used to sanitize soils in seedbeds and fields, the native tomato varieties are an alternative (Labate *et al.*, 2007). For example, the severity of foliar fungal diseases was 20 to 40% less, respectively, that the one observed in a commercial variety (Figure 2A). The severity caused by the nematode *Meloidogyne* sp. was 5% in endemic varieties and only 3% in creole varieties (Figure 2B). The phytosanitary response of the native varieties was related to the production, generally higher than in the commercial variety.

Native varieties in production systems

In Mexico, the agricultural production of related crops between diverse plants, wild and/

Además de insectos-plaga, los daños por hongos y nematodos son otros problemas a resolver. Con la prohibición del bromuro de metilo como biocida, frecuentemente usado para sanitizar suelos de almácigos y siembra, las variedades nativas de jitomate son una alternativa (Labate *et al.*, 2007). Por ejemplo, la severidad de enfermedades fúngicas foliares en variedades criollas y silvestres fue entre 20 y 40% menos, respectivamente, que la observada en una variedad comercial (Figura 2A). La severidad causada por el nematodo *Meloidogyne* sp. fue del 5% en variedades silvestres, y solo del 3% en las criollas (Figura 2B). La respuesta fitosanitaria de las variedades nativas estuvo relacionada con la producción, generalmente superior a la variedad comercial.

Variedades nativas en sistema de producción

En México, la producción agrícola de cultivos asociados entre diversas plantas, silvestres y/o domesticadas, (*i.e.* milpa) es común en pequeños productores (Ayala *et al.*, 2019). Estos agroecosistemas

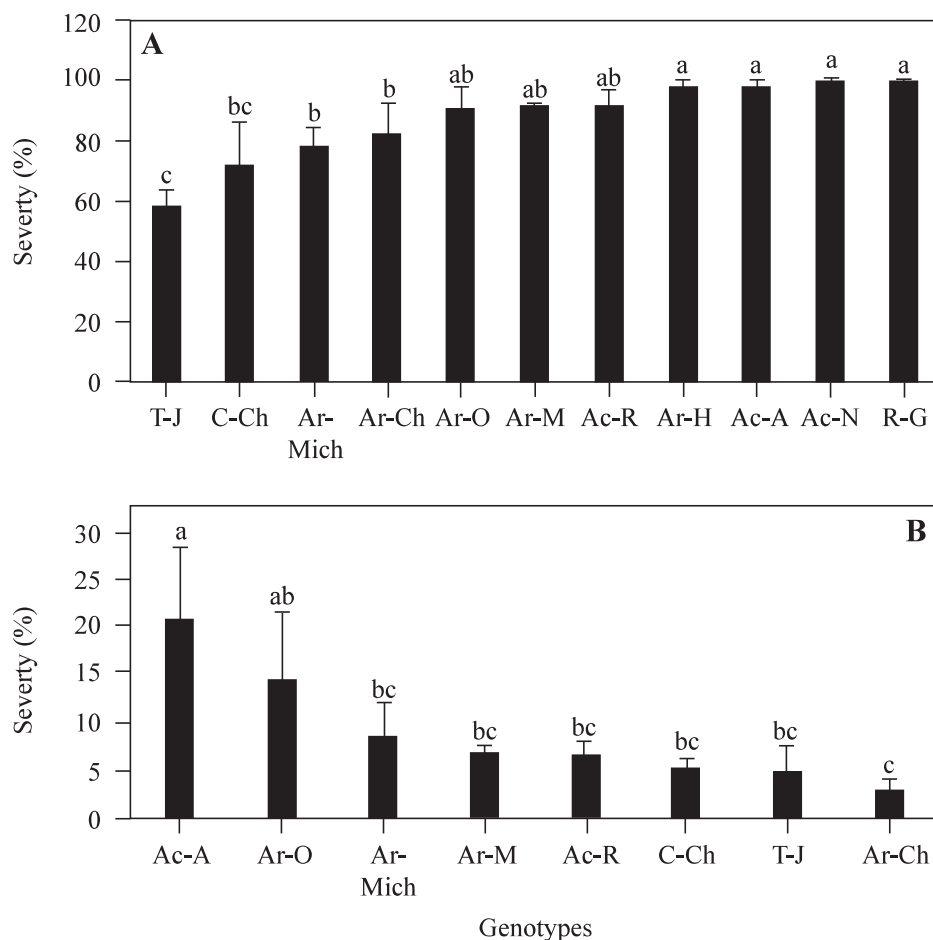


Figure 2. Severity of foliar fungal diseases (A) and those cause by the nematode *Meloidogyne* sp. (B) in native tomato varieties and one commercial variety (R-G). T-J and C-Ch are wild varieties, and the rest are creole. Bars with at least one letter in common are not statistically different (Tukey, 0.05).

Figura 2. Severidad de enfermedades fúngicas foliares (A) y del nematodo *Meloidogyne* sp. (B) en variedades nativas de jitomate y una comercial (R-G). T-J y C-Ch son variedades silvestres, el resto son criollas. Barras con al menos una letra en común no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05).

or raised, (*i.e.* *milpa*, or diversified maize field) is common among small-scale farmers (Ayala *et al.*, 2019). These agroecosystems can boost beneficial biotrophic relations, such as the biological control of pests (Altieri and Nicholls, 2010). The use of creole and endemic tomato varieties, in relation to maize and tropical milkweed (*Asclepias curassavica*), has displayed a low incidence and diversity of pests and diseases, thus the use of organo-synthetic pesticides has been avoided. Vectors of

pueden potenciar relaciones biotróficas benéficas como el control biológico de plagas (Altieri y Nicholls, 2010). El empleo de variedades criollas y silvestres de jitomate, en asociación con maíz y hierba María (*Asclepias curassavica*), ha demostrado una baja incidencia y diversidad de plagas y enfermedades, evitándose el uso de plaguicidas organosintéticos. Vectores de patógenos, como *Bactericera cockerelli*, retrasó su aparición hasta en 45 días (Figura 3), y con ello el impacto de la

pathogens, such as *Bactericera cockerelli*, delayed its appearance by up to 45 days (Figure 3), and with it, the impact of the “permanent” tomato disease caused by *Candidatus Liberibacter solanacearum*. The parasitism of nymphs by *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) was >80%, and for the first time, epidemics of entomophthorales fungi were registered in adult *B. cockerelli* (H. Cortez. 2020. Data not published).

Studies in Mexico proved the potential of native varieties as grafts for non-grafted commercial varieties in the reduction of the incidence of pests (Nord *et al.*, 2020). Grafted plants produced up to six times more than the commercial, non-grafted variety (12.38 kg vs 1.8 kg) (Figure 4). This was achieved with a reduced use of organo-synthetic inputs. This does not coincide with the suggested idea of an inverse correlation between production and resistance to pests and diseases (Rozenhal and Dirzo, 1997). It is crucial to strengthen lines of investigation that help produce knowledge on production models of low environmental impact

enfermedad “permanente” del tomate causada por *Candidatus Liberibacter solanacearum*. El parasitismo de ninfas por *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) fue >80%, y por primera vez se registraron epidemias de hongos entomofthorales en adultos de *B. cockerelli* (H. Cortez. 2020. Datos no publicados).

Estudios en México demostraron el potencial de variedades nativas como injertos de variedades comerciales en la reducción de incidencia de plagas (Nord *et al.*, 2020). Plantas injertadas produjeron hasta seis veces más que la variedad comercial sin injertar (12.38 kg vs 1.8 kg) (Figura 4). Esto se logró con bajo uso de insumos organosintéticos. Lo anterior no concuerda con la idea sugerida sobre una correlación inversa entre producción y resistencia a plagas y enfermedades (Rozenhal y Dirzo, 1997). Es necesario fortalecer líneas de investigación que permitan generar conocimiento en modelos productivos de bajo impacto ambiental que han probado su resiliencia ante modelos modernos de producción.

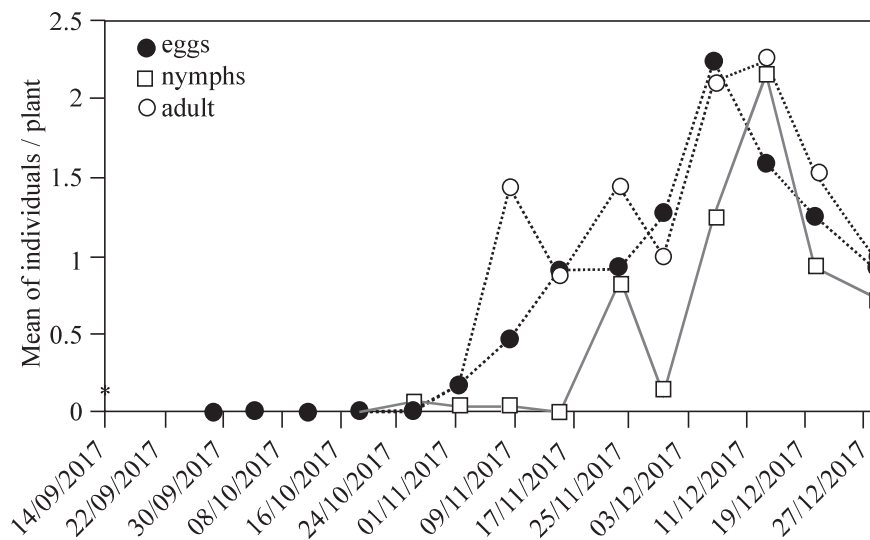


Figure 3. Incidence of *Bactericera cockerelli* on one of the most susceptible creole genotypes (Arriñonado Oaxaca) under an agroenvironmental management scheme. Jiquilpan, Mich. 2017. Tomato transplant*.

Figura 3. Incidencia de *Bactericera cockerelli* en uno de los genotipos criollos de jitomate más susceptibles (Arriñonado Oaxaca) bajo un esquema de manejo agroecológico de plagas. Jiquilpan, Mich. 2017. Trasplante de jitomate*.

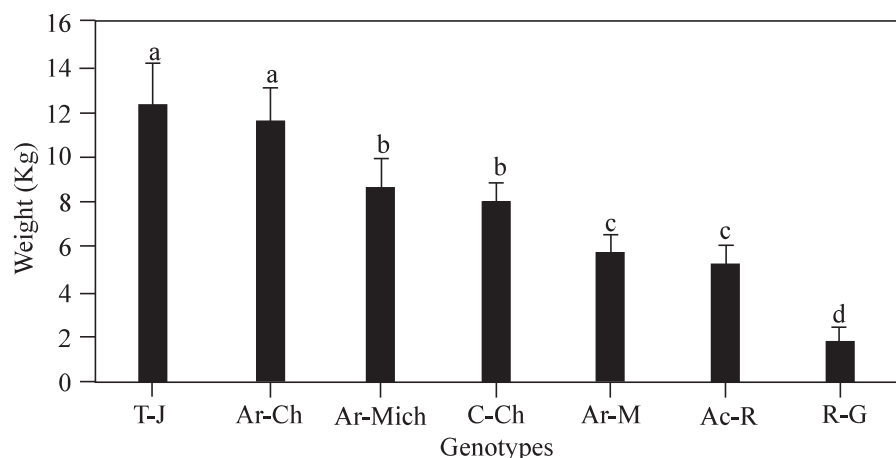


Figure 4. Mean production of a commercial tomato variety (R-G) grafted over native varieties. T-J and C-Ch are endemic, and the rest are creole varieties. Columns followed by at least one letter in common are not statistically different (Tukey, $p \leq 0.05$). Zapopan, Jal. 2017.

Figura 4. Producción media de una variedad comercial de jitomate (R-G) injertada sobre variedades nativas. T-J y C-Ch son silvestres, el resto son variedades criollas. Columnas seguidas al menos una letra en común no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). Zapopan, Jal. 2017.

that have proved their resilience against modern production methods.

Native varieties in the face of COVID-19

In global crises such as long-lasting pandemics, food production may be seriously affected. This may be due to factors that include food hoarding, unemployment, rising prices and finally, the escalation of extreme poverty (CEPAL, 2020). The high reliance on imported industrialized inputs, *e.g.*, pesticides and fertilizers, is a risk factor for extensive and modern agri-food systems in the light of pandemic phenomena. Native varieties are not only a provider of genes for the improvement of commercial crops. In Mexico, they have played an important role in the supply of foods, particularly in marginalized communities (Lobato-Ortiz *et al.*, 2012). These benefits can be extended to a wider sector of society that wishes to produce healthy foods for self-supply, as suggested by international organisms in the light of COVID-19 (CEPAL, 2020).

Variedades nativas ante el COVID-19

En crisis globales, como pudiera ser una pandemia de largo plazo, la producción de alimentos puede ser seriamente afectada. Entre otros actores, por el acaparamiento de alimentos, desempleo, escalada de precios, y finalmente el recrudecimiento de la pobreza extrema (CEPAL, 2020). La alta dependencia de insumos industrializados importados; *e.g.*, plaguicidas y fertilizantes, representan un factor de riesgo para sistemas agroalimentarios extensivos y modernos frente a fenómenos pandémicos. Las variedades nativas no son solo proveedoras de genes para el mejoramiento de cultivos comerciales. En México han tenido un rol importante en la provisión de alimentos, particularmente en comunidades marginadas (Lobato-Ortiz *et al.*, 2012). Esos beneficios pudieran extenderse a un sector más amplio de la sociedad que desee producir alimentos saludables para autoconsumo, como se ha sugerido por organismos internacionales frente al COVID-19 (CEPAL, 2020).

The benefits of native varieties in times of the pandemic are diverse. First, family production helps produce foods without chemical residues that harm human health or the environment. The mobility of the population is limited, resulting in a lower risk of contagion and viral dispersion. Secondly, the nutritional quality and safety of foods derived from native varieties could contribute to reducing the development of chronic diseases, which are considered risk factors for SARS-CoV-2, particularly of metabolic origin.

Another lesson to learn from COVID-19 is that we should reflect on the causality of the disease. The transit of viruses from animals to humans, as in the case of SARS-CoV-2, is not coincidental, and it suggests that we have broken crucial environmental balances. As a part of the restoration of this balance, a new paradigm has been proposed that integrates agriculture and biodiversity (CEPAL, 2020). Native varieties must be an important part of this biodiversity.

CONCLUSIONS

In conclusion, our proposal is that native varieties must be revalued and considered as the fundamental basis to produce food in Mexico. Not only are they a source of genes, but they can be used directly in family-based and organic farming; they can also be used as rootstock for commercial crops. The example documented with one of the most problematic crops in terms of plant health and widely consumed in the country, shows that this is possible. The benefit in the protection of crops would contribute to self-sufficiency and agri-food sovereignty. Mexico is a country with an important agri-food culture. We must begin with the empirical knowledge of traditional farmers. If we enhance our investigations with production and cultural

Los beneficios de las variedades nativas en tiempos de pandemia son diversos. Primero, la producción familiar posibilita producir alimentos sin residuos químicos dañinos a la salud y al ambiente. La movilidad de la población sería limitada lo cual redundaría en menor riesgo de contagios y dispersión del virus. Segundo, la calidad nutrimental e inocuidad de alimentos derivados de variedades nativas pueden contribuir a disminuir el desarrollo de enfermedades crónicas, las cuales con consideradas factores de riesgo para SARS-CoV-2, en particular las de origen metabólicas.

Una lección más que aprender del COVID-19, es que debemos reflexionar sobre la causalidad de la enfermedad. El tránsito de virus de animales a humanos, como es el caso del SARS-CoV-2, no es fortuito y sugiere que hemos roto equilibrios ecológicos fundamentales. Como parte de la restauración de ese equilibrio, se ha propuesto un nuevo paradigma que integre agricultura y biodiversidad (CEPAL, 2020). Las variedades nativas deben ser parte importante de esa biodiversidad.

CONCLUSIONES

En conclusión, se propone que las variedades nativas deben ser revaloradas y consideradas como base fundamental para la producción de alimentos en México. Además de fuente de genes, pueden aprovecharse de manera directa en producción familiar y orgánica; pero también, como porta-injerto de cultivos comerciales. El ejemplo documentado con uno de los cultivos con mayor problemática fitosanitaria y de amplio consumo nacional, demuestra que lo anterior es posible. El beneficio en la protección de cultivos contribuiría a la auto-suficiencia y soberanía alimentaria. México es un país con una importante cultura agroalimentaria. Se debe partir del conocimiento empírico de los

knowledge, we could develop world leadership in agricultural science with a sense of humanity and the benefit of a sustainable and resilient agri-food production.

productores tradicionales. Si potenciamos nuestras investigaciones con los saberes productivos y culturales podríamos desarrollar un liderazgo mundial en ciencias agrícolas con un sentido humanístico y beneficio de una producción agroalimentaria sustentable y resiliente.

LITERATURE CITED

- Altieri M y Nicholls C. 2010. Diseños Agroecológicos Para Incrementar la Biodiversidad de Entomofauna Benéfica en Agroecosistemas. Primera Edición. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). Medellín, Colombia. 80p. Disponible en línea: https://multiversidad.es/wordpress/wp-content/uploads/2015/11/Disenos-Agroecologicos-para-incrementar-las-poblaciones-de-insectos-beneficos_.pdf
- Álvarez-Hernández JC, Cortez-Madrigal H y García-Ruiz I. 2009. Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de jitomate (Solanaceae) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica* 28: 139-159. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682009000200007
- Ayala EMI, García LF y Román M de OE. 2019. La apropiación de los recursos naturales, silvestres y cultivados. Pp:70-102. *In: Román M. de OE (eds.). Prácticas Agropecuarias Como Estrategias de Seguridad Alimentaria.* Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca Morelos, México. 210p. <http://investigacion.uaem.mx/archivos/epub/practicas-agropecuarias-seguridad/practicas-agropecuarias-seguridad.pdf>
- Arellano RLJ, Rodríguez GE, Ron PJ, Martínez RJL, Lozoya SH, Sánchez MJJ y Lépiz IR. 2013. Evaluación de resistencia a *Phytophthora infestans* en poblaciones silvestres de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4:753-766. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000500008
- Blancard D. 2012. Tomato Diseases: Identification, Biology and Control: A Colour Handbook. Second Edition. CRC Press. London. 688p.
- CEPAL, N. 2020. Cómo evitar que la crisis del COVID-19 se transforme en una crisis alimentaria: acciones urgentes contra el hambre en América Latina y el Caribe. 33p. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45702/4/S2000393_es.pdf
- Cortez-Madrigal H. 2010. Resistencia a insectos de jitomate injertado en parientes silvestres, con énfasis en *Bactericera cockerelli* Sulc. (Hem: Psyllidae). *Bioagro* 22:11-16. <https://www.redalyc.org/pdf/857/85716706002.pdf>
- Devine GJ, Eza D, Ogusuku E y Furlong MJ. 2008. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista peruana de medicina experimental y Salud Pública* 25: 74-100. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342008000100011&script=sci_abstract
- Hawkes JG, Maxted N and Ford-Lloyd BV. 2000. *The Ex situ Conservation of Plant Genetic Resources.* Springer. Dordrecht, The Netherlands. 250p. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4136-9_4
- King ABS, Saunders JL. 1984. Las Plagas Invertebradas de Cultivos Anuales Alimenticios en América Central. Primera Edición. Administración de Desarrollo Extranjero. Londres. 182p.
- Kogan M. 1990. La resistencia de la planta en el manejo de plagas. Pp:123-172. *In: Metcalf RL y Luckman WH (Eds.). Introducción al Manejo Integrado de Plagas.* Limusa. México, D.F. 710p.
- Labate JA, Grandillo S, Fulton T, Muñoz S, Caicedo AL, Peralta I, ... Causse M. 2007. Tomato. Pp:1-125. *In: Kole C (ed.). Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants.* Vol. 5. Vegetables. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. 480p.
- Lobato-Ortiz R, Rodríguez-Guzmán E, Carrillo-Rodríguez JC, Chávez-Servía JL, Sánchez-Peña P y Aguilar-Meléndez A. 2012. Exploración, Colecta y Conservación de Recursos Genéticos de Jitomate: Avances en la Red de Jitomate. Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 54p. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Luis-Chavez-Servia/publication/260592634_Exploracion_colecta_y_conservacion_de_recursos_geneticos_de_jitomate_avances_en_la_Red_de_Jitomate/links/00b49531a5508c5da1000000/Exploracion-colecta-y-conservacion-de-recursos-geneticos-de-jitomate-avances-en-la-Red-de-Jitomate.pdf
- Nord R, Cortez-Madrigal H, Rodríguez-Guzmán E, Villar-Luna E and Gutiérrez-Cárdenas OG. 2020. Grafting Wild Tomato Genotypes and Mexican Landraces Increases Trichome Density and Resistance Against Pests. *Southwestern Entomologist* 45: 649-662. <https://doi.org/10.3958/059.045.0308>
- Pérez GM, Márquez SF, Peña LA. 1997. Mejoramiento Genético de Hortalizas. Primera Edición. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 380p.
- Pico MB, Thompson AJ, Gisbert C, Yetisir H, Bebeli PJ. 2017. Genetic resources for rootstock breeding. Pp:22-69. *In: Colla G, Perez-Alfocea F, Schwarz D (eds.). Vegetable Grafting: Principles and Practices.* CABI Publishing. UK. 278p. <https://doi.org/10.1079/9781780648972.0000>

~~~~~ Fin de la versión en Español ~~~~~

- Robinson R A. 1996. Return to resistance: breeding crops to reduce pesticide dependence. *Ag Access*. Davis, CA. 480p.
- Rosenthal JP, Dirzo R. 1997. Effects of life history, domestication and agronomic selection on plant defense against insects: Evidence from maizes and wild relatives. *Evolutionary Ecology* 11: 337-355. <https://doi.org/10.1023/A:1018420504439>
- Salcedo S, Guzmán L. 2014. *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de política*. Primera Edición. FAO. Santiago, Chile. 497p. Disponible en línea: <http://www.fao.org/uploads/media/Family%20Agriculture%20in%20Latin%20America.pdf>
- Sánchez-Peña P, Oyama K, Nuñez-Farfán J, Fornoni J, Hernandez-Verdugo S, Márquez-Guzmán J, Garzon-Tiznado JA. 2006. Sources of resistance to whitefly (*Bemisia* spp.) in wild populations of *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (Dunal) Spooner G. J. Anderson et R. K. Jansen, in Northwestern México. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53: 711-719. <https://doi.org/10.1007/s10722-004-3943-9>
- Sarandón SJ, Flores CC. 2014. *Agroecología: Bases Teóricas para el Diseño y Manejo de Agroecosistemas Sustentables*. Primera Edición. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina. 466p. <https://doi.org/10.35537/10915/37280>
- Seefoó LJJ. 2005. ¡La Calidad es Nuestra, la Intoxicación de Usted!: Atribución de la Responsabilidad en las Intoxicaciones por Plaguicidas Agrícolas. Primera Edición. El Colegio de Michoacán AC. Zamora, Michoacán, México. 348p.
- Vera-Sánchez KS, Cadena-Iniguez J, Latournerie-Moreno L, Santiaguillo-Hernández JF, Rodríguez-Contreras A, Basurto-Pena FA, Castro-Lara D, Rodríguez-Guzmán E, López-López P y Ríos-Santos E. 2016. *Conservación y Utilización Sostenible de las Hortalizas Nativas de México*. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México. 132p. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/205919/DIAGN\\_STICO\\_HORTALIZAS.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/205919/DIAGN_STICO_HORTALIZAS.pdf)
- World Bank. 2020. *Global Economic Prospects*. Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33748>