

## **“Cultivo de nueve variedades silvestres de *Solanum lycopersicum* en invernadero”**

---

Alumna: Gabriela Itzel Sánchez Cruz  
Asesor interno: Iván Pável Moreno Espíndola   
Asesor externo: Cristian Alejandro Reyna Ramírez 

## Introducción

El jitomate (*Solanum lycopersicum L.*), es la principal hortaliza comercializada a nivel mundial, perteneciendo al grupo de mayor comercialización en todo el mundo y destacando de manera especial por la diversidad de usos y escalas de consumo tanto local como agroindustrial. Su demanda está continuamente en aumento y con ella su cultivo, producción y comercio (Ruiz *et al.*, 2012). *Solanum lycopersicum L.* es un fruto generalmente de colores que van del amarillo a diferentes tonalidades de rojo y negro, esto debido a la presencia de licopeno y caroteno en dicha hortaliza, caracterizada también por su sabor ácido. Normalmente se cultiva en zonas templadas y cálidas, pero el uso de coberturas ayuda a su producción en diversos países, siendo de 20° a 24°C la temperatura óptima para su producción (SAGARPA, 2017). El tomate resulta ser muy versátil como alimentos, desde su uso para ensaladas o salsas, hasta su consumo crudo. Es una fuente rica en fibra, vitaminas, pero sin duda se reconoce por contener un nutriente antioxidante denominado como licopeno, así como antioxidantes p-coumaricos y ácidos clorogénicos (Cabieses y Lozano, 2009).

De acuerdo con información de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), la superficie cosechada de tomate a nivel mundial creció a una tasa promedio anual de 1.4 por ciento entre 2007 y 2017, para ubicarse en 4.8 millones de hectáreas. En ese período, los rendimientos crecieron a una tasa promedio anual de 1.5 por ciento, al ubicarse en 37.6 toneladas por hectárea en 2017. En 2017, la producción mundial de tomate se ubicó en un máximo histórico de 182.3 millones de toneladas (FIRA, 2019).

México es el principal exportador de este cultivo, ya que cada año se producen más de 3 millones 800 mil toneladas en una superficie de 49 mil 400 hectáreas. Dentro del país tiene una gran importancia económica además que es parte de la gastronomía mexicana contando con una amplia variedad distinguida en tamaños y colores, podemos encontrar redondo (bola), tipo saladette, pera, cereza o cherry, y en colores desde rojo hasta negro (SADER, 2020). Para enero de 2019 el territorio presentó una producción acumulada de jitomate para el ciclo primavera-verano (PV) un millón 902 mil 276 toneladas, y con una superficie total cosechada de 23 mil 284 hectáreas (SIAP, 2020).

Existe gran discusión sobre el origen de la hortaliza, se dice que es de origen andino, ya que ha sido encontrada en tumbas antiguas en el Perú, donde se considera que fue parte importante en la dieta de ese país hace casi 9 mil años. Sin embargo, la domesticación de lo que era este fruto de pequeño fue llevada a cabo en México, dando paso a las variedades actuales de gran tamaño (Cabieses y Lozano, 2009).

Aunque existen diversas variedades de jitomate silvestre en México, actualmente el comercio mundial sólo reconoce a *Lycopersicum esculentum L.* como predominante en la industria alimentaria, propiciando a que las demás variedades, en especial las silvestres, sean cada vez más desplazadas por la comercial antes mencionada. En este documento se presentan datos de 15 variedades silvestres colectadas en México, las cuales fueron cultivadas bajo condiciones de invernadero en el Proyecto Académico Las Ánimas Tulyehualco, alcaldía Xochimilco, Ciudad de México, con el fin de describir sus características morfológicas, así como también discutir su potencial para un posible uso para producción y consumo en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México.

## Objetivo general

- Caracterizar, mediante el uso de descriptores morfológicos, diferentes variedades de jitomate nativo colectadas en comunidades de los estados de Oaxaca y Puebla.

## Objetivos específicos

- Evaluar la adaptación de nueve variedades silvestres de jitomate a condiciones de invernadero en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México.
- Elaborar una breve revisión bibliográfica respecto a las variedades silvestres de jitomate y su aprovechamiento agronómico.
- Diseñar y desarrollar un sistema de riego automatizado para el cultivo de jitomate.

## Marco Teórico

### Producción de jitomate

El jitomate o tomate rojo, es actualmente la hortaliza más producida a nivel mundial, siendo China, en 2017, el mayor productor, Estados Unidos el principal importador y México el principal exportador con 25.11% del valor de las exportaciones mundiales en este mismo año (SAGARPA, 2017). Nuestro país se encuentra en el 9° puesto como productor mundial, a nivel nacional las cifras de esta hortaliza llegaron a 45 mil 300 hectáreas sembradas de este cultivo en 2020, dando como resultado en una producción de 3 millones 371 mil toneladas, aumentando 9.5% a las cifras de años anteriores, siendo los municipios de Culiacán y Navolato en Sinaloa los mayores aportadores de esta hortaliza generando el 74.6% del valor de la producción del estado (FIRA, 2019).

### Origen

El jitomate *Solanum lycopersicum L.*, es una solanácea de gran importancia económica a nivel mundial. Los nombres provienen del náhuatl *tomatl* que se entiende como objeto gordo, ya que viene del verbo *tomaua* que es engordar o parecer gordo. Mientras que jitomate, deriva de *xitomatl*, que puede tener diferentes interpretaciones, una de ellas proviene de la raíz *xiuitl*, hierba, o también el prefijo *xip* o *xi* que puede tener el mismo significado. Cronistas españoles no hicieron distinción entre *tomatl* y *xitomatl*, por lo que es difícil identificar sobre cuál se refieren, complicando la documentación de esta hortaliza. El jitomate cuenta con su versión cultivada *L. esculentum* y siete variedades silvestres, fue distribuida de manera natural por medio de aves. En México, Puebla y Veracruz son los estados con mayor diversidad genética de este cultivo, por lo que se cree que es el centro de su domesticación (Long, 1995).

Un centro de origen es una región caracterizada por la evidencia de formas endémicas con alto grado de variabilidad fenotípica (Vavilov, 1951). En el mundo existen ocho regiones consideradas como centros de origen, China, India, Sudeste Asiático, Asia menor, Mediterráneo, Etiopía, Centroamérica y Sur de México y por último los Andes, Paraguay y Brasil (Rondinel, 2014).

Aunque se tenga conciencia de los centros de origen, también se ha mencionado anteriormente que la diversidad de los cultivos difiere de estos centros, de hecho, los centros

de diversidad pueden encontrarse lejos del centro de origen, esto debido a que, incluso si se cultiva de manera extensiva, la variedad puede cambiar a medida que se desplaza fuera de su zona de origen, ocasionando que el cultivo que conozcamos sea diferente al que fue en su centro de origen. Esto puede ayudar en un futuro a identificar el centro de domesticación, pudiendo dar seguimiento a los patrones de distribución y variación de los diversos cultivos (Harlan, 1971). Con lo anterior, podemos definir a un centro de domesticación como una zona en la cual se relacionan tanto la diversidad biológica como la cultural, por lo cual, existe una diferenciación genética y fenotípica de las poblaciones silvestres y aquellas bajo selección artificial, dando paso a la domesticación. Un centro de diversidad puede ser: un área donde los progenitores silvestres presentan una amplia diversidad genética o fenotípica (centro de diversidad del progenitor silvestre), o un área o áreas donde generalmente la diversificación es ligada al manejo por parte de los humanos y las diferentes prácticas que realicen, generando diversidad en plantas domesticadas gracias a la selección artificial (centro de diversidad del domesticado) (CONABIO, 2020).

México es considerado centro de domesticación y diversificación de aproximadamente 15.4 % de todas las especies usadas con fines alimenticios en el mundo, siendo el maíz, el frijol, el chile y el jitomate algunos de los cultivos más representativos del país, como puede apreciarse en la figura 1. Esto conlleva a que sea considerado como un reservorio genético activo, gracias a que en territorios de comunidades campesinas e indígenas se sigue cultivando germoplasma nativo (Boege, 2009). La gran diversidad de especies endémicas de plantas cultivadas es también mencionada por Vavilov en una de sus expediciones, su potencial específico primario, así como sus parientes silvestres más cercanos resultan ligados a un territorio limitado de Centroamérica; en cuanto a México, se hace referencia primordialmente al sur del país. Aquí se describe al tomate (*Lycopersicon cerasiforme* Dun.) como planta ruderal y cultivada. También menciona que, en Centroamérica y México, a diferencia de otras regiones, en la transición de las formas silvestres a las cultivadas, se observa la existencia de los eslabones silvestres correspondientes a sus variedades cultivadas (Vavilov, 2005).



**Figura 1.** Centros de origen de la domesticación y diversificación genética de plantas cultivadas (centros Vavilov). Tomado de Boege, 2009.

Existen diferentes teorías sobre el origen del jitomate, Tournefort los consideró bajo el nombre *Lycopersicon*, siendo así el nombre que figuró en diferentes registros, sino hasta que se confirmó su relación con el género de las Solaneceas gracias a su parecido genético con la papa (Spooner, 2005), concordando con la clasificación de Linnaeus, *Solanum lycopersicum* de 1753. Fue llevado a España, aproximadamente en 1523 y se utilizó como planta ornamental en Italia, y en 1526 en este mismo país, el gastrónomo Constanzo Felice menciona sobre su consumo por algunas personas, llamándolo “pomodoro” y destacando que podía ser consumido frito o crudo. En Francia, lo consideraban peligroso por su cercanía botánica con la mandrágora y belladona (Cabieses y Lozano, 2009).

### Parientes silvestres y su importancia

Los parientes silvestres del jitomate son nativos de Sudamérica, a lo largo de la costa de los Andes hasta pasar por Ecuador, Perú, el norte de Chile y en las Islas Galápagos. Siendo considerado al jitomate cherry (*S. Lycopersicum* var. *Cerasiforme*) como su ancestro más probable, el cual también se encuentra distribuido en México, considerado su centro de domesticación. (Peralta y Spooner, 2007). Se ha demostrado que la conservación de especies silvestres es primordial ya que puede servir para preservar características que pueden ser utilizadas en la alimentación de las familias rurales (Benavides *et al.*, 2011),

### Generalidades del cultivo y morfología

El jitomate, o tomate, es una planta herbácea de tallo grueso (de 2 - 4 cm), que genera tallos secundarios, estos están a su vez compuestos de corteza, cilindro vascular y tejido medular, también cuenta con pelos glandulares, la planta por sí sola no puede sostenerse, por lo cual es necesario el uso de tutores para su producción (SIAP, 2021). La hoja es pinnada y compuesta, de igual manera que el tallo presenta pelos, se encuentra en diversas posiciones, presenta alrededor de 7 a 9 folíolos (López, 2017), puede presentar diferentes formas, enana, tipo de hoja de papa, estándar, peruvianum, pimpinellifolium, hisutum (IPGRI, 1996).

Es una planta perenne, pero puede ser cultivada anualmente, puede tener crecimiento determinado e indeterminado: determinado de tipo arbustivo, pequeño y producción precoz, inflorescencias en el extremo del ápice; indeterminado, alcanzando 2 m o más de altura, crecimiento vegetativo continuo y con inflorescencias laterales (Mondoñedo, et al., 2008).

Pueden clasificarse conforme su ciclo de vida como precoz, intermedia o tardía de acuerdo con el tiempo que transcurre entre el trasplante o plantación hasta la primera cosecha. Y según su dinámica de polinización. La polinización ocurre principalmente por medio del viento y cuando la temperatura ronda entre los 15° a 32°C. Las flores suelen caer alrededor de los 5 días después de ser polinizadas, en ocasiones pueden caer sin producir fruto como consecuencia a poca luz, cuando la planta no crece en buenas condiciones o cuando la flor no fue polinizada (Lesur, 2006).

La flor cuenta con sépalos, pétalos y estambres que se insertan en la base de los ovarios, los cuales tienen dos o más segmentos. Poseen 5 o 6 estambres que se alternan con los pétalos formando los órganos reproductivos. El cáliz y la corola se conforman de 5 o más sépalos y 5 pétalos amarillos dispuestos en forma helicoidal. Las flores se agrupan en inflorescencias conocidas como de tipo racimo, la primera flor se llega a formar normalmente en la yema

apical, las demás se forman en posición lateral y por debajo de la primera, rodeando el eje principal (pedicelo) (Baudoin, 2017).

Después de la polinización se desarrolla el fruto, el cual es una baya que puede tener forma subesférica globosa o alargada, bilocular o plurilocular. El fruto está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. En la variedad comercial el fruto maduro presenta un color verde, cuando está es su etapa madura presenta un color rojo. Aunque existen diferentes variedades que al llegar a su punto de madurez obtienen colores como amarillo, rosado, morado, naranja, negro o verde (López, 2017).

El jitomate fue un cultivo tradicional en la época de las chinampas en el valle de México, previamente sembrada en almácigos. Ya que las plantas tendían a enfermarse con el contacto del suelo demasiado húmedo de la chinampa, se cultivaba en épocas “secas” o de poca humedad (Long, 1995).

### Fisiología

La fisiología del cultivo tomate a cielo abierto puede diferenciarse o dividirse en cuatro etapas de desarrollo o etapas fenológicas. La primera etapa, también conocida como etapa de desarrollo vegetativo, inicia con la germinación y emergencia de la plántula hasta la aparición del primer racimo floral, esto ocurre normalmente al presentar cerca de 5 a 10 hojas y la planta ha alcanzado una altura sobre los 40 cm. En la segunda etapa se presenta un aumento simultáneo entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, se van formando los frutos tras la aparición previa de nuevas hojas y racimos florales. Después de esto se inicia la etapa de reproducción, donde comienzan a desarrollarse los primeros frutos, alcanzan su madurez y, posteriormente, su cosecha, pero la planta sigue generando nuevas hojas y racimos. En la última etapa se detiene de forma natural o inducida el crecimiento de la planta y se mantiene el desarrollo de los frutos ya formados (del Rincón, 1995).

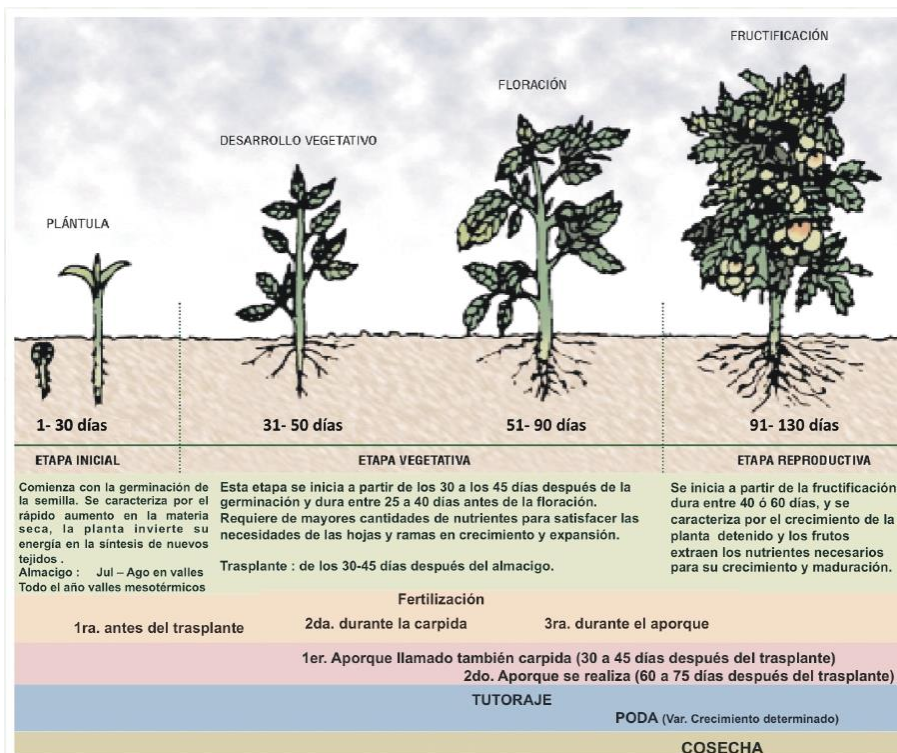


Figura 1. Fenología de la producción del tomate. Tomado de Baudoin, A. (2017).

### Importancia de los metabolitos secundarios en el jitomate

Se han realizado diferentes artículos que han estudiado los compuestos fitoquímicos relacionados con la salud, el jitomate es considerado como una planta nutraceutica por los metabolitos secundarios que presentan como los polifenoles, carotenoides, tocoferoles y flavonoides presentes tanto en variedades comerciales como en parientes silvestres. Los polifenoles permiten que la planta se defienda contra situaciones de estrés, hídrico o luminoso, por ejemplo, algunos de estos también son fundamentales para las funciones fisiológicas vegetales. En el humano, estos compuestos son reconocidos por sus propiedades antioxidantes, así como vasodilatadoras, vasoprotectoras, antiinflamatorias o antiapoptóticas. Entre los principales grupos de polifenoles podemos encontrar a los ácidos fenólicos, estilbenos, lignanos, alcoholes fenólicos y flavonoides. Las clases y subclases estos compuestos se definen en función del número de anillos fenólicos que poseen y de los elementos estructurales que presentan dichos anillos. Los flavonoides, del latín “flavus” que significa “amarillo”, son la subclase de polifenoles más abundante dentro del reino vegetal (Quiñones, Miguel y Aleixandre, 2012).

Los carotenoides son un grupo de pigmentos los cuales producen colores que van desde el amarillo hasta el rojo intenso, su estructura consiste en ocho unidades de isopreno unidas, y estos son de suma importancia ya que son esenciales para la fotosíntesis de las plantas. Se dividen en dos grupos: carotenos y xantofilas. Los carotenos son hidrocarburos, entre los cuales destacan los  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\gamma$ -carotenos y el licopeno; las xantofilas, que pueden presentarse como ácidos, aldehídos o alcoholes, entre los cuales se encuentran la fucoxantina, la luteína y la violaxantina. Se encuentran en frutas y verduras como el jitomate y la zanahoria, aunque estos presentan una mayor cantidad de carotenos que de xantofilas, pero también pueden

encontrarse en animales, como el flamenco y el salmón, sin embargo, su presencia se debe a la ingesta, ya que no pueden ser sintetizados como lo hacen las plantas. En el caso particular del jitomate, el responsable de su color rojo característico es el licopeno. La cantidad de carotenoides varía conforme a la madurez de los vegetales o frutas y con la pérdida de clorofila en estos, y en algunos casos, pueden presentarse en mayor cantidad en la cáscara que en la parte interna (Badui, 2016).

El consumo de esta hortaliza resulta beneficioso gracias al alto contenido de estos compuestos, los cuales son de importancia médica ya que poseen propiedades antioxidantes que contrarrestan los efectos de los radicales libres, con lo cual pueden contribuir a mejorar nuestras defensas contra el estrés oxidativo, principalmente se reconocen por tener acciones antiinflamatorias y quimioterapéuticas, ayudando contra enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y algunos tipos de cáncer (Cruz, González, y Sánchez, 2013).

### Conservación

México es reconocido como un país megadiverso, pero esta diversidad está en constante pérdida ocasionando la extinción de diferentes especies debido a la modificación o destrucción de los ecosistemas por actividades antropogénicas (Bellón *et al.*, 2009).

Los recursos fitogenéticos se pueden conservar en sus hábitats naturales (*in situ*), en condiciones diferentes a las de su hábitat natural (*ex situ*), o combinando los métodos *in situ* y *ex situ*, de manera complementaria. La selección de estos métodos depende de las necesidades, las posibilidades y la especie objetivo. Sin embargo, la primera no asegura la segunda (SNICS, 2020).

#### Conservación *in situ*

La conservación *in situ* se realiza en áreas en las cuales los organismos de interés existen naturalmente. Este concepto de conservación incluye a ecosistemas y a todos los recursos fitogenéticos que en ellos existen. La conservación *in situ* es importante para la conservación de variedades locales o criollas, en el caso de especies cultivadas, y de la conservación de especies silvestres. Se considera que este concepto es equivalente al de conservación dinámica, ya que la evolución de las especies vegetales sigue continuamente en desarrollo (Barretta y Rivas, 2001).

#### Conservación *ex situ*

La conservación *ex situ* se refiere a la conservación de organismos de interés en condiciones diferentes a la de su hábitat natural, para su uso actual o futuro, por lo que busca conservar a especies y su variabilidad, la cual surge en el proceso de domesticación, fuera de su centro de origen. Puede ser utilizada para la conservación de especies silvestres hasta especies cultivadas, y como se mencionó anteriormente, no es posible conservar a todas las especies bajo este método, por lo cual resulta complementaria de la conservación *in situ*, esto gracias a que se pueden proteger los genotipos más no las relaciones entre su entorno (Jaramillo y Baena, 2000).



Entre los métodos de conservación *ex situ* están, la criopreservación: consiste en el almacenamiento de semillas, polen o tejidos congelados en nitrógeno líquido para su almacenamiento a largo plazo, así como los bancos de semillas: semillas almacenadas bajo ciertas condiciones para garantizar su preservación, este método se utiliza normalmente para semillas de cultivos ortodoxos o silvestres (Sill et al., s.f.).

### Producción bajo sistemas de agricultura protegida

La agricultura protegida es un sistema de producción que utiliza diversas estructuras con el fin de proteger los cultivos, con ello se puede minimizar el riesgo de pérdida monetaria por daños o pérdida del cultivo. Entre los tipos de riesgo que se pueden prevenir se encuentran los climatológicos, de limitaciones de recursos productivos (agua o de superficie) o los bióticos (animales o insectos). Además de esto, se habla de que el uso de estructuras genera múltiples ventajas para los productores, ya que permite la producción de cultivos fuera de su ciclo natural y en menor tiempo, existe un mejor manejo de plagas y enfermedades, y ya que ofrece un sistema de producción intensivo resulta de mejores rendimientos en menor espacio (SIAP, 2022).

La producción del jitomate en México durante el periodo entre 2006 y 2016 aumentó a una tasa promedio anual de 4.8%. Y entre los años de 2012 y 2016 se registró de igual manera un aumento en cuanto a la superficie cultivada bajo condiciones de agricultura protegida (malla sombra e invernaderos), siendo un 26% de la superficie total de la producción de tomate, siendo Sinaloa, Baja California y San Luis Potosí los estados donde se concentra esta tecnología, dando como resultado en un 58% de la producción nacional de diferentes cultivos bajo estas mismas condiciones. Debido a esto, se observó una disminución de 3.9% del volumen producido a cielo abierto en los primeros años mencionados, mientras que el porcentaje de cultivos con condiciones de agricultura protegida aumentó un 31.1%, pasando de 135 533 toneladas en 2006 a 733 178 toneladas en 2010 y posteriormente a 2,034 millones en 2016 (FIRA, 2017).

En este tipo de producción se implementan sistemas de riego, que a su vez ayudan a reducir el tiempo empleado a diferencia del riego manual, existen diferentes tipos: riego rodado, por goteo, por aspersión, entre otros. Hablando específicamente del riego por goteo, este se aplica en zonas específicas por lo cual permite una alta eficiencia en el uso del agua. Como su nombre lo dice, el emisor, externo o incorporado a la manguera de riego, es un “gotero” de caudal y puede ser colocado conforme a la separación entre planta y planta, finalmente este aplica el agua en forma de gotas que se van infiltrando a medida que caen. Gracias a que se tiene un mejor control sobre el riego se reduce la cantidad de desperdicios de los escurrimientos al subsuelo generando una mejor aplicación de fertilizantes, así como un nivel constante y adecuado de humedad en el sustrato (SIAP, 2022).

### Automatización

Existe una creciente preocupación por que la producción de bienes o servicios sea más eficiente, con ello se han buscado desarrollar diferentes herramientas para optimizar este sector. En el sector agrícola por otra parte, a mediados de los 60's, despierta un interés de parte de los investigadores y se considera como una parte fundamental en la cadena

productiva, lo que conlleva a que se busque la optimización de operaciones o recursos como en la reducción de mano de obra, innovación en equipos (Ramírez *et al.*, 2008).

Actualmente, con el avance tecnológico, es posible incorporar tecnología al campo, lo cual nos permite distribuir de forma eficiente los recursos, incrementar la calidad de los productos y transformar la agricultura en un sector más rentable. En este contexto, el riego automatizado es un sistema que se elabora para la distribución eficiente y controlada de agua en un cultivo bajo ciertos parámetros previamente definidos, lo cual permite repartirla tomando en cuenta la ubicación, cantidad, frecuencia y horario según las necesidades del cultivo. Se considera como una de las alternativas más cómodas y productivas ya que permite ahorrar tiempo y agua, además garantiza que condiciones óptimas para las plantas (Cortes y Vargas, 2021).

Para la implementación de un sistema automatizado se requiere el uso de sensores, estos son dispositivos que producen señales con un valor o propiedad específica que se desea medir, las cuales pueden ser parámetros que están involucrados en el desarrollo del cultivo, como lo es la temperatura, humedad, radiación solar, precipitaciones, etc. Estas medidas son registradas para posteriormente ser analizadas y manejadas por personal a través de un controlador u ordenador, así el usuario pueda visualizar y modificar los parámetros según los requerimientos (Vela, 2016).

Dentro de los tipos de sensores para el control del riego podemos mencionar a los sensores de temperatura y humedad, y a los sensores de humedad en el suelo. Existen diferentes sensores capaces de medir la temperatura y la humedad, entre los más reconocidos están el DHT11 y el DHT22, que tienen un valor de salida de tipo digital, por lo que pueden utilizarse inmediatamente (Ardiansah *et al.*, 2020).

Por otro lado, entre las técnicas automatizadas de medición de la humedad del suelo se encuentran la dispersión de neutrones, la atenuación de rayos gamma, la conductividad eléctrica del suelo, la tensiometría, la higrometría y la constante dieléctrica del suelo. Los sensores de humedad en el suelo normalmente generan datos de tipo analógico, entre estos podemos mencionar a la Reflectometría en el Dominio del Tiempo (TDR) y los sensores capacitivos. Los sensores TDR pueden ser, a su vez, de tipo enterrable o conector. Tienen las mismas especificaciones de área de influencia y precisión, solo que los primeros, como su nombre lo indica, son enterrados a una profundidad de 20 cm midiendo el contenido de humedad del suelo a través de una relación con la velocidad de una onda electromagnética que pasa a lo largo de las guías de onda, determinada por la medición del tiempo de recorrido; mientras que los de tipo conector consisten en dos guías de onda de 6 mm de diámetro que se insertan desde la superficie del suelo (Walker, Willgoose y Kalma, 2004). La capacitancia es definida como la cantidad de carga que un material puede almacenar bajo un determinado potencial eléctrico aplicado. Comúnmente, los capacitores se visualizan como configuraciones de placas paralelas, entonces, los sensores capacitivos de humedad del suelo explotan el contraste dieléctrico entre el agua y el suelo (Hrisko, 2020).

## **Materiales y Método**

La mayor parte de las semillas de las variedades de jitomate estudiadas, fueron donadas por el jardín Etnobotánico de Oaxaca. Las semillas fueron colectadas en diversas regiones de

Oaxaca en 2017. Una variedad fue colectada en Cuetzalan, Puebla, por personal académico de la UAM Xochimilco en 2021.

Las semillas fueron germinadas en la UAM Xochimilco y trasplantadas a un invernadero ubicado en el Proyecto Académico Las Ánimas en el año 2022. Una vez superada la etapa de trasplante, fueron seleccionados de ejemplares de nueve variedades para su descripción durante el ciclo otoño-invierno del 2022.

Las variedades fueron establecidas dentro del invernadero en bolsas de 5 litros, con tezontle, bajo riego por goteo y fertilizadas con solución Steiner. Cada variedad fue separada mediante secciones de agrobond, evitando la polinización cruzada ente variedades y para permitir mejor accesibilidad y manejo de las plantas (Fig 2).

Cherry Cuetzalan	Riñón Cuetzalan
Riñón Oaxaca	
Cherry Oaxaca	
Heirloom	
Enanito	Cherry Cuetzalan
Tomate Sauce	
Cherry Venado	
Venado	
Criollo Puebla	
Pajarito	Chacalito

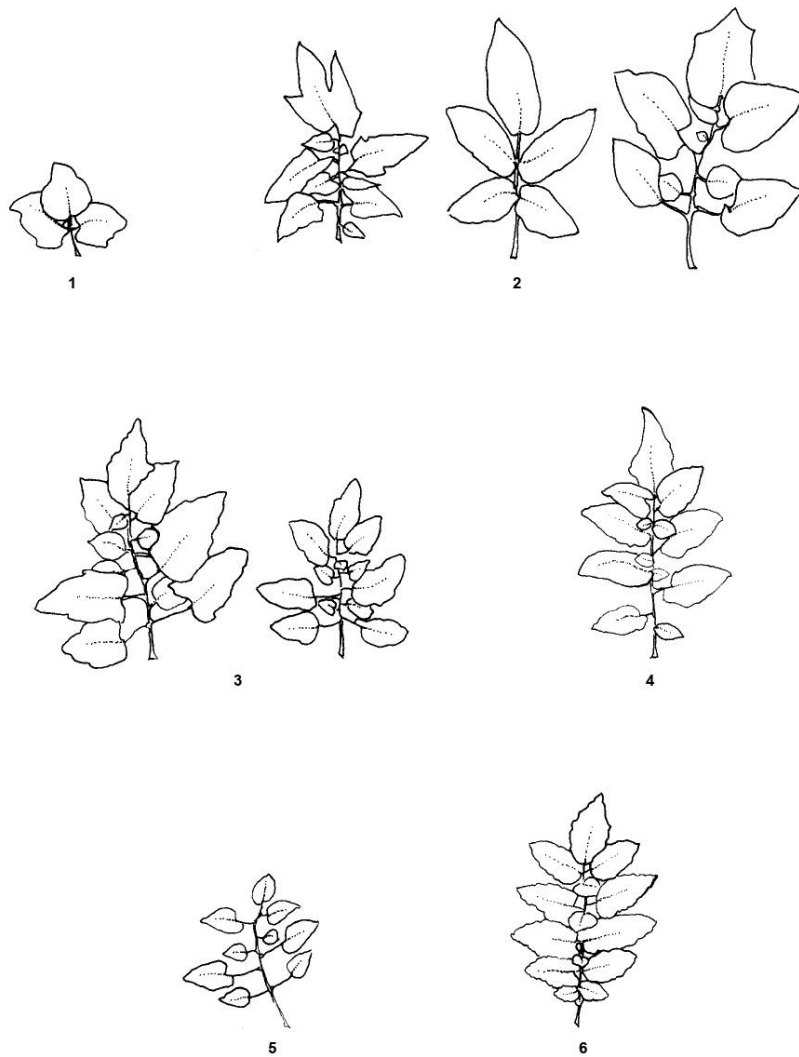
Entrada

**Figura 2.** Distribución de las variedades dentro del invernadero.

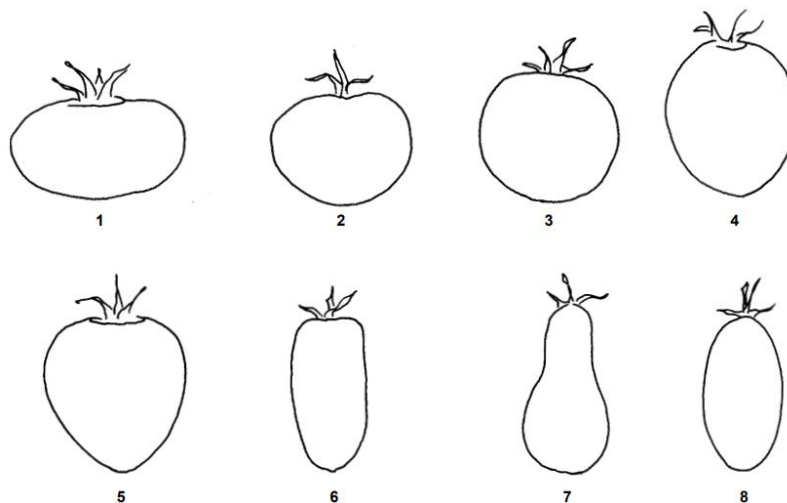
Para la caracterización morfológica se diseñó un instrumento (**Anexo 1**). donde se registraron los datos de dos plantas por variedad de manera semanal durante 6 semanas, esto para poder llevar las anotaciones necesarias de los descriptores previamente elegidos. Para la toma de datos se seleccionaron alrededor de 2 plantas por variedad de manera aleatoria y 20 frutos para su medición y toma de peso.

Los descriptores utilizados fueron: Variedad, Grosor tallo (mm), Altura de la planta (m), Densidad del follaje, Tipo de hoja, Arquitectura de la planta, Antocianina en tallo, Inflorescencia Sí/No, N° de inflorescencias/planta, N° flores/ inflorescencia, N° de racimos, Fruto Sí/No, Color exterior del fruto maduro, Forma del fruto, Tamaño del fruto sobre la línea ecuatorial (mm), Peso del fruto (g), Plantas muertas, Plagas. Para ciertos rubros se

utilizó una escala mostrada en Descriptores para el Tomate (*Lycopersicon* spp.), (IPGRI, 1996) donde para la densidad de follaje se colocaba si era 3 escasa, 5 intermedia o 7 densa; para el tipo de hoja se colocaba una numeración del 1 al 6 de acuerdo con la imagen del manual (Imagen 1.); para el color exterior del fruto maduro se tomaba en cuenta si era: 1 Verde, 2 Amarillo, 3 Naranja, 4 Rosado, 5 Rojo o 6 Otro; finalmente para forma del fruto de igual manera se utilizó una ilustración del manual (Figura 3.)



**Figura 3.** Tipo de hoja, tomado de “Descriptores para el Tomate (*Lycopersicon* spp.), (IPGRI, 1996)”.



**Figura 4.** Forma del fruto, tomado de “Descriptores para el Tomate (*Lycopersicon* spp.), (IPGRI, 1996)”.

Posterior a las mediciones de las plantas se recolectaron frutos para su posterior análisis bromatológico, esto para conocer su composición química, determina su atracción, valor nutritivo como alimento, tratando de tener al menos 20 frutos por cada variedad. La cosecha se realizó el día 4 de noviembre de 2022, y dichas muestras se mantuvieron en refrigeración a 4 °C durante 17 días. Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de Bromatología, de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco, del 21 de noviembre al 2 de diciembre del 2022. Dentro de las variables que se consideraron está el pH, Acidez titulable, ° Brix, porcentaje de humedad y Análisis Químico Proximal (AQP).

### Arduino UNO

Para el desarrollo del prototipo de sistema de riego automatizado se utilizó una placa de microcontrolador de Arduino UNO, la cual fue conectada a un sensor de humedad de suelo capacitivo v1.2, que arroja como valor análogo mínimo 0 y como máximo 1024, este a su vez fue conectado por medio de una protoboard a una microbomba para fuente. Para usar este sensor con la tarjeta de Arduino es necesario conectarlo a una de las entradas analógicas (A0) conectaremos las GND y la alimentación del sensor desde el Arduino (3.3V). Para el desarrollo del código se utilizó el software del mismo desarrollador, los datos se pueden visualizar en tiempo real gracias a que el software cuenta con un monitor serial, el cual nos permite recibir información de los sensores a través del puerto serial que se encuentra en la placa de Arduino UNO. Mediante este monitor serial se verificó que tanto el sensor como la bomba funcionaran correctamente.

### **Resultados**

Posterior a la toma de datos se realizó una tabla (**Tabla 1.**) para apreciar las características relevantes de los frutos y plantas de las diferentes variedades en el invernadero, donde se tomaron en cuenta el color, tamaño, peso, tamaño de la planta, así como el grosor del tallo. Las observaciones se llevaron a cabo por 6 semanas, los valores que se observan en la tabla es un promedio de 100 datos, aproximadamente, por variedad,

## Variedades de jitomate

Variedad	Color del fruto	Tamaño (mm)	Peso (g)	Forma del fruto	Altura de la planta (m)	Grosor del tallo (mm)
<i>Riñón Cuetzalan</i>	Rojo	± 1.9	± 0.6	Redondeado	± 2.9	± 2.5
<i>Cherry Cuetzalan</i>	Rojo	± 1.7	± 2.6	Redondeado	± 39.9	± 2.3
<i>Chacalito</i>	Rojo	± 7.1	± 17.5	Cilíndrico	± 0.6	± 1.4
<i>Pajarito</i>	Rojo	± 2.1	± 6.1	Redondeado	± 1.0	± 2.1
<i>Pajarito Riñón</i>	Rojo	± 8.1	± 8.1	Achatado	± 1.9	± 2.8
<i>Criollo Puebla</i>	Rojo	± 4.2	± 2.0	Redondeado	± 0.7	± 1.8
<i>Venado</i>	Rojo	± 4.2	± 2.0	Ligeramente achatado	± 0.7	± 1.8
<i>Cherry Venado</i>	Rosa	± 5.1	± 2.8	Ligeramente achatado	± 1.6	± 5.1
<i>Tomato Sauce</i>	Rojo	± 6.0	± 2.4	Ligeramente Achatado	± 1.2	± 5.1
<i>Enanito</i>	Rojo	± 11.0	± 0.8	Redondeado	± 0.8	± 3.0
<i>Heirloom</i>	Rojo/Rosa	± 2.6	± 9.5	Achatado	± 0.5	± 3.8
<i>Cherry Oaxaca</i>	Rojo/Rosa	± 10.0	± 24.9	Redondeado	± 1.9	± 5.0
<i>Riñón Oaxaca</i>	Rojo/Rosa	± 8.0	± 6.8	Achatado	± 0.6	± 3.3

Tabla 1. Promedio de datos correspondientes a descriptores de 13 variedades silvestres de jitomate.

### Análisis bromatológico

Para el análisis bromatológico se tomaron en cuenta 5 variedades: Chacalito, Venado Oaxaca, Pajarito Oaxaca, Riñón Oaxaca y Enanito; estas fueron comparadas con dos variedades comerciales “Cherry” y “Saladette”. Como puede observarse en la tabla, los valores de pH de las variedades nativas resultaron ser más bajos o ácidos que los obtenidos en las variedades comerciales, los cuales fueron de 4.4. En cuanto a ° Brix, los valores de la variedad tipo

saladette se encuentran en 4.5% y el valor idóneo se encuentra entre 4.5 y 5.5%, siendo la variedad venado y enanito las únicas que se encuentran en este rango. Respecto a la humedad, el valor idóneo para todas las variedades debe de ser superior al 90%, todas las variedades analizadas cumplen este valor, a excepción de la variedad Riñón Oaxaca.

Variedad	pH	Acidez titulable (%)	°Brix (%)	Humedad (%)
Chacalito	3.94a	0.65b	7.20c	92.77a
Venado Oaxaca	3.95a	0.57bc	4.80d	93.50a
Pajarito Oaxaca	3.93a	0.52c	7.70b	90.43ab
Riñón Oaxaca	3.89a	0.58bc	9.70a	88.22b
Enanito Oaxaca	3.83a	0.88a	4.50e	91.47ab

Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

**Tabla 2.** Pruebas químicas de cinco variedades de jitomate.

En cuanto al análisis químico proximal, los valores de comparación fueron: proteína: Saladette 1.01%, Cherry 1.87%; grasa: Saledette y Cherry 0.18%; fibra: Saladette y Cherry 0.65%; cenizas: Cherry 0.59%

Variedad	Proteína (%)	Grasa cruda (%)	Fibra cruda (%)	Cenizas (%)
Chacalito	1.05 <sub>b</sub>	0.09 <sub>c</sub>	0.67 <sub>b</sub>	0.71 <sub>a</sub>
Venado Oaxaca	1.03 <sub>b</sub>	0.13 <sub>c</sub>	0.70 <sub>b</sub>	0.70 <sub>a</sub>
Pajarito Oaxaca	1.67 <sub>a</sub>	0.56 <sub>a</sub>	1.51 <sub>a</sub>	1.04 <sub>a</sub>
Riñón Oaxaca	1.19 <sub>ab</sub>	0.36 <sub>b</sub>	0.94 <sub>b</sub>	0.85 <sub>a</sub>
Enanito Oaxaca	1.61 <sub>a</sub>	0.33 <sub>b</sub>	1.08 <sub>ab</sub>	1.02 <sub>a</sub>

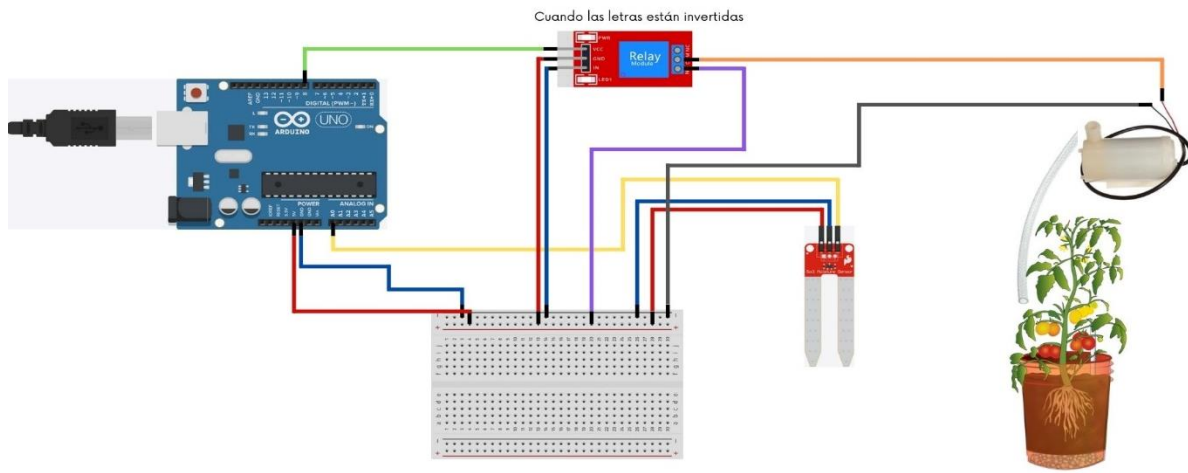
Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

**Tabla 3.** Análisis químico proximal de cinco variedades de jitomate.

En cuanto a las variables de pH, °Brix y AT, los resultados de estos análisis fueron más altos respecto a los valores establecidos para las variedades comerciales, dado que son más ácidos. Por otra parte, se obtuvieron mejores resultados nutricionales, tales como proteína, fibra, grasa y cenizas en las variedades “Pajarito” y “Enanito Oaxaca”, en comparación con las variedades comerciales “Cherry” y “Saladette”. Las variedades “Pajarito” y “Enanito Oaxaca” tienen valor culinario y nutracéutico. Así mismo, tienen potencial para realizar mejoramiento genético en futuros organismos genéticamente modificados e híbridos. Sin embargo, es importante realizar bancos de germoplasma para preservar las variedades nativas, así como fomentar su producción y consumo.

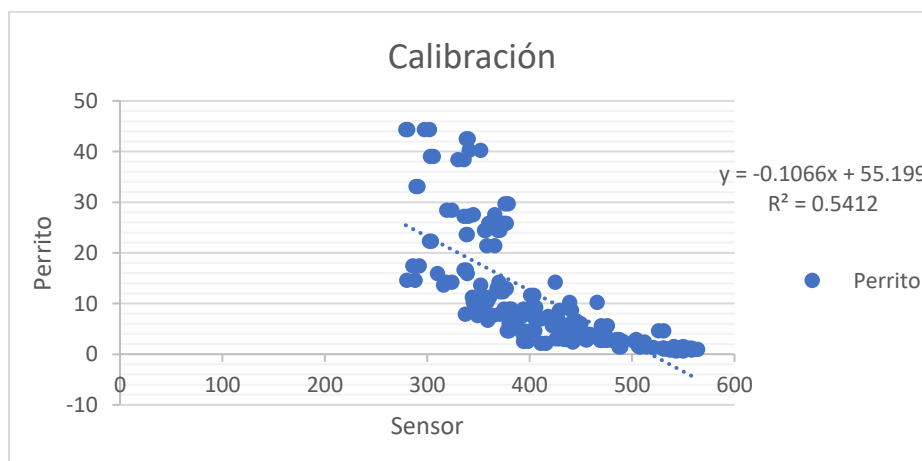
## Diseño de hardware Arduino UNO

Se llevaron a cabo diferentes pruebas en cuanto al acomodo de los componentes en la protoboard y en la bomba de agua, así como de la fuente de poder. Finalmente se pudo llegar al diseño óptimo del prototipo, esto tomando en cuenta el correcto funcionamiento del sensor v1.2 y la bomba.



**Imagen** °. Diagrama de prototipo de automatización de sistema de riego. Elaboración propia.

Dado que los valores arrojados por el sensor son de tipo análogo fue necesario calibrarlo con otro sensor del mismo tipo, el sensor sirvió como referencia para llevar los valores análogos del sensor v1.2 a porcentajes. Para la calibración del sensor se utilizaron 6 muestras de suelo con sus respectivas repeticiones, estas fueron bolsas de plástico y fueron rotuladas según la cantidad de agua que se agregó, lo cual fue: 0ml, 50ml, 100ml, 150ml, 200ml y 250ml. Posterior a esto se realizaron mediciones cada tercer día durante tres semanas, con los datos obtenidos se realizó una gráfica en Excel, se trazó la línea de tendencia y se obtuvo la ecuación de esta como se muestra en el **Gráfico 1**.



**Gráfico 1.** Calibración de sensor v1.2 con sensor WatchDog (perrito).

En el código pueden observarse las variables a tomar en cuenta, como es la humedad y el lugar en el que se encuentra en la placa Arduino, en este caso en particular, el sensor se



encuentra en el pin análogo 0 y la bomba en el pin 8. También se definieron las condiciones a cumplir, en este caso es que, si la humedad se encuentra en un rango del valor análogo de 500 a 1024, que son los valores máximos de humedad, la bomba no se encenderá, de lo contrario, la bomba comenzará a funcionar. El mensaje que se podrá observar en el monitor serial será el porcentaje de humedad, así como su valor análogo, y el tiempo en que se hará la lectura de humedad por parte del sensor será cada 5 segundos.

---

```
int bomba = 8;
int humedad = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(bomba, OUTPUT); // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  humedad = analogRead(A0);
  float moisture_percentage;
  int sensor_analog;
  sensor_analog = analogRead(A0);
  Serial.print(sensor_analog);
  moisture_percentage = ((-0.1066*sensor_analog)+55.199);
  Serial.print("Moisture Percentage = ");
  Serial.print(moisture_percentage);
  Serial.print("%\n\n");

  if (humedad >= 500 && humedad <= 1024) {
    digitalWrite(bomba, LOW);
  }
  else {
    digitalWrite(bomba, HIGH);
  }
  Serial.println(humedad);
  delay(5000);
}
```

---

### Variedades estudiadas

La descripción que se realiza a continuación se realizó con base en lo observado en apartado 7 del manual de Descriptores para el Tomate (*Lycopersicon* spp.), (IPGRI, 1996), asociando las observaciones para la posible identificación botánica de las variedades.

## Riñón Cuetzalan

En cuanto a la variedad de riñón Cuetzalan cuenta con un tipo de crecimiento indeterminado, con promedio de longitud por planta de 2.50 m, se consideró que la densidad de follaje fue intermedio, con un tipo de hoja estándar (3), compuesta, ya que presenta más de 3 folíolos es pinnada imparipinnada. El tipo de inflorescencia presenta una corola abierta de color amarillo dialisépala. El fruto presentó una forma redondeada con un color rojizo estando maduro, el peso promedio fue de 2.59 g con un tamaño promedio de 15.46 mm.



## Cherry Cuetzalan

Cuenta con un tipo de crecimiento indeterminado con una longitud por planta de 1,10 m, se consideró que la densidad de follaje fue densa. El tipo de hoja que se puede distinguir es de tipo papa (2). El tipo de inflorescencia es con una corola abierta de color amarillo dialisépala. El fruto presentó una forma predominante redondeada en un color rojo estando maduro, el peso medio fue de 2.53 con un tamaño promedio de 15.67 mm.



## Chacalito

En cuanto a la variedad de riñón Cuetzalan cuenta con un tipo de crecimiento con una longitud por planta de 1,3 m, se consideró que la densidad de follaje fue densa. El tipo de hoja que se puede distinguir es de tipo peruvianum. El tipo de inflorescencia es con una corola abierta de color amarillo dialisépala. El fruto presentó una forma predominante cilíndrica en un color rojo estando maduro, el peso medio fue de 35.20 g con un tamaño promedio de 31.16 mm.



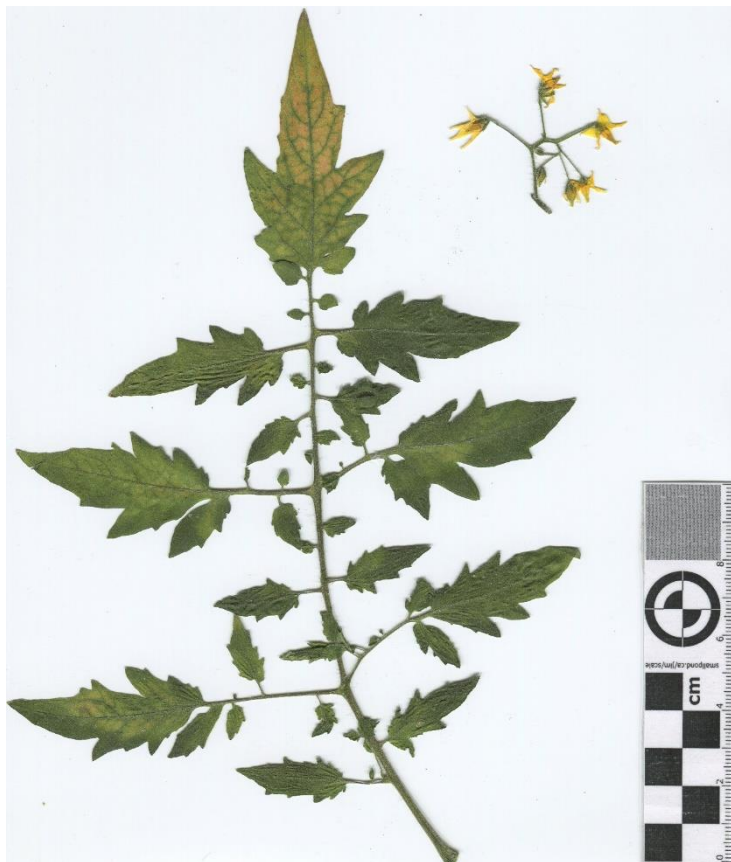
## Pajarito

En la variedad se determinó que cuenta con un tipo de crecimiento indeterminado con una longitud por planta de 1.35 m, se consideró que la densidad de follaje fue intermedia. El tipo de hoja que se puede distinguir es de tipo peruvianum. El tipo de inflorescencia es con una corola abierta de color amarillo dialisépala. El fruto presentó una forma predominante redondeada en un color rojo estando maduro, el peso medio fue de 5.68 g con un tamaño promedio de 15.77 mm.



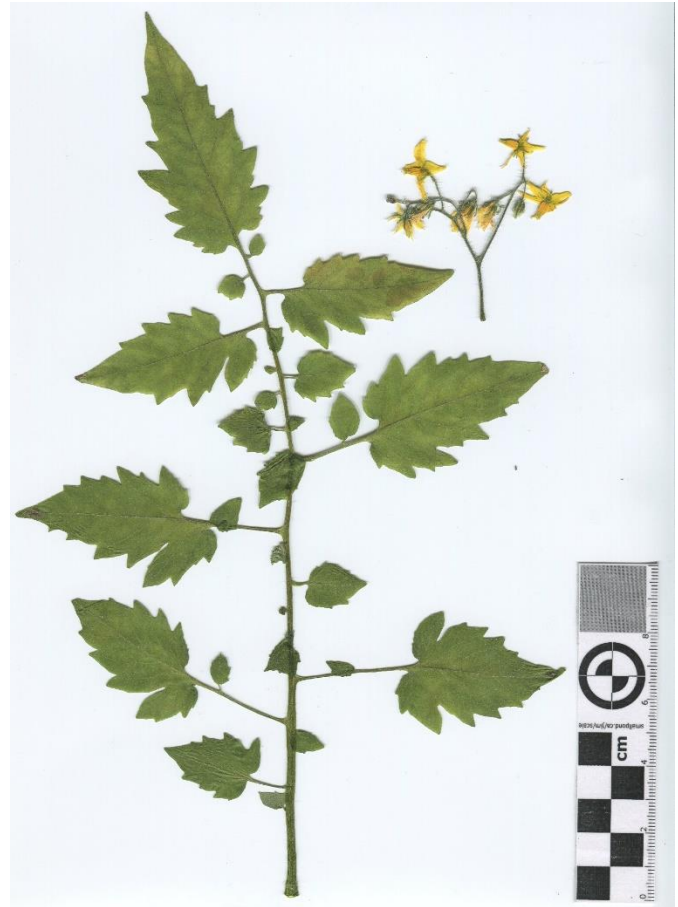
### Pajarito Riñón

En cuanto a la variedad de riñón pajarito cuenta con un tipo de crecimiento indeterminado con una longitud por planta de 1.61 m, se consideró que la densidad de follaje fue intermedio. El tipo de hoja que se puede distinguir es de tipo papa. El tipo de inflorescencia es con una corola abierta de color amarillo dialisépala. El fruto presentó una forma predominante achatada en un color rojo estando maduro, el peso medio fue de 20.14 con un tamaño promedio de 35.80 mm.



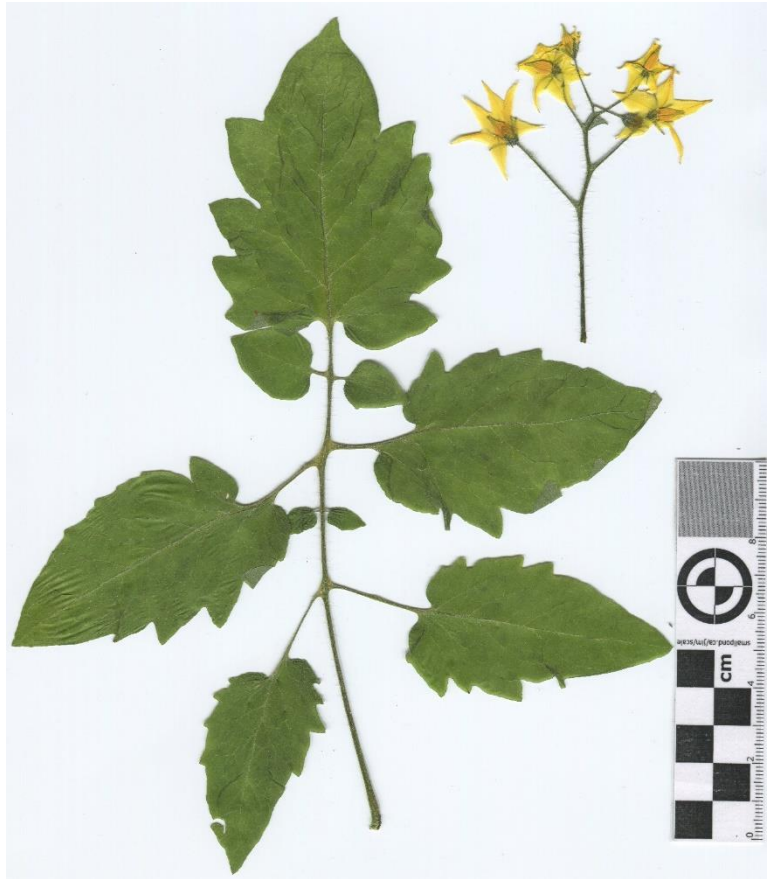
## Criollo Puebla

En cuanto a la variedad criolla de Puebla cuenta con un tipo de crecimiento indeterminado con una longitud por planta de 1.40 m, se consideró que la densidad de follaje fue intermedio. El tipo de hoja que se puede distinguir es de tipo peruvianum. El tipo de inflorescencia es con una corola abierta de color amarillo dialisépala. El fruto presentó una forma predominante redondeada en un color rojo estando maduro, el peso medio fue de 10.12 g con un tamaño promedio de 24.31 mm.



## Venado

La variedad venado cuenta con un tipo de crecimiento indeterminado con una longitud por planta de 1.75 m, se consideró que la densidad de follaje fue escasa (3). El tipo de hoja que se puede distinguir es de tipo papa. El tipo de inflorescencia es con una corola abierta de color amarillo. El fruto presentó una forma predominante ligeramente achatada en un color rojo estando maduro, el peso medio fue de 5.31 g con un tamaño promedio de 21.44 mm.





## Cherry Venado

Para la variedad de Cherry venado se identificó un tipo de crecimiento indeterminado con una longitud por planta de 1.67 m, se consideró que la densidad de follaje fue densa. El tipo de hoja que se puede distinguir de tipo estándar. El tipo de inflorescencia es con una corola abierta de color amarillo dialisépala. El fruto presentó una forma predominante ligeramente achatada en un color rosa estando maduro, el peso medio fue de 6.37 g con un tamaño promedio de 25.66 mm.



## Tomate Sauce

En la variedad sauce se observa un tipo de crecimiento indeterminado con una longitud por planta de 1.36 m, se consideró que la densidad de follaje fue densa. El tipo de hoja que se puede distinguir es de tipo papa. El tipo de inflorescencia es con una corola abierta de color amarillo dialisépala. El fruto presentó una forma predominante ligeramente achatado en un color rojo estando maduro, el peso medio fue de 7.54 g con un tamaño promedio de 26.03 mm.



## Enanito

Enanito cuenta con un tipo de crecimiento indeterminado con una longitud por planta de 1.54 m, se consideró que la densidad de follaje fue intermedia (5). El tipo de hoja que se puede distinguir es de tipo papa. El tipo de inflorescencia es con una corola cerrada de color amarillo dialisépala. El fruto presentó una forma predominante redondeada en un color rojo estando maduro, el peso medio fue de 9.87 g con un tamaño promedio de 17.50 mm.



## Heirloom

La variedad Heirloom cuenta con un tipo de crecimiento indeterminado con una longitud por planta de 1.70 m, se consideró que la densidad de follaje fue escasa. El tipo de hoja que se puede distinguir es de tipo enana. El tipo de inflorescencia es con una corola abierta de color amarillo dialisépala. El fruto presentó una forma predominante achatada en un color rojo/rosa estando maduro, el peso medio fue de 120 g con un tamaño promedio de 42.86 mm.



## Cherry Oaxaca

En cuanto a la variedad de Cherry Oaxaca cuenta con un tipo de crecimiento indeterminado con una longitud por planta de 1.15 m, se consideró que la densidad de follaje fue intermedia. El tipo de hoja que se puede distinguir es de tipo *hirsutum*. El tipo de inflorescencia es con una corola cerrada de color amarillo dialisépala. El fruto presentó una forma predominante redondeada en un color rojo/rosa estando maduro, el peso medio fue de 10.79 g con un tamaño promedio de 25.96 mm.



## Riñón Oaxaca

La variedad cuenta con un tipo de crecimiento indeterminado con una longitud por planta de 1.62 m, se consideró que la densidad de follaje fue intermedia. El tipo de hoja que se puede distinguir es de tipo papa. El tipo de inflorescencia es con una corola abierta de color amarillo dialisépala. El fruto presentó una forma predominante achatada en un color rojo/rosa estando maduro, el peso medio fue de 2.14 g con un tamaño promedio de 15.46 mm.



## **Discusión**

La diversidad genética de las variedades estudiadas en este trabajo representa una fuente de variación importante que puede usarse en el mejoramiento de las actuales variedades, ya que se encontraron resultados alentadores en cuanto a características atractivas para productores como tamaño de planta y fruto, el peso de estos y en las pruebas químicas. Es importante reiterar que estos resultados son la base para el desarrollo de un seguimiento continuo para una caracterización completa de estas variedades, así como generar la iniciativa por parte de productores de la zona de su adopción en las parcelas. Esto es demostrado en otros trabajos, como Marín et al., (2016) que evaluó la variación genética de 55 colectas y a través de su caracterización morfológica y molecular, se estableció una base para la conservación eficiente de las colectas. También como Flores et al., (2017) con donde se evaluaron 46 accesiones silvestres en invernadero con el objetivo de estudiar y describir la diversidad genética de especies silvestres emparentadas con el tomate cultivado.

Por otro lado, siguiendo con el proyecto de automatización. Pese a los buenos resultados obtenidos para el desarrollo del prototipo, un paso de tener en cuenta es la calibración de los sensores y como es que estos funcionaran en serie o gran escala. Debido a la variedad existente de modelos comerciales, puede presentar un reto la homogenización de los valores que se muestran en ellos, tal como lo muestra Songara y Patel (2022). Otro factor por considerar son las diferentes necesidades de agua de cada cultivo, ya que en el código se otorgan valores mínimos y máximos dependiendo de las necesidades, esto se podría solucionar conociendo el punto de marchites permanente del cultivo en el cual se va a implementar el sistema de riego, esto tendría una mayor eficiencia del agua, que solo decirle al sistema que mantenga cierta humedad o suministre cierta cantidad de agua, que es como normalmente funcionan los sistemas actuales de riego automatizado.

Los sistemas de riego automatizado a pequeña escala ofrecen diversas ventajas a los productores agrícolas. Estos sistemas garantizan la eficiencia en el uso del agua al proporcionar la cantidad precisa necesaria para las plantas, evitando el desperdicio. Además, permiten un ahorro significativo de tiempo y mano de obra al programar el riego de manera automática y ajustarse a las condiciones climáticas cambiantes. La precisión y uniformidad en la distribución del agua mejoran la calidad y el rendimiento de los cultivos, mientras que la capacidad de monitoreo y control remoto a través de aplicaciones móviles brinda flexibilidad y conveniencia a los productores. Estos sistemas contribuyen a optimizar el crecimiento de las plantas al proporcionar un suministro constante y adecuado de agua, mejorando la absorción de nutrientes, la resistencia a enfermedades y la calidad general de los cultivos. En resumen, los sistemas de riego automatizado a pequeña escala ofrecen beneficios significativos, mejorando la eficiencia del riego, ahorrando tiempo y recursos, y permitiendo una gestión más efectiva de los recursos hídricos, lo que puede traducirse en mayores rendimientos y ahorro de costos para los productores.

## **Conclusión**

Los datos obtenidos son una muestra de la diversidad existente en las variedades silvestres, y esta es competitiva con sus variedades comerciales. Por esta razón su conservación y recuperación debería ser un trabajo que se lleve a cabo en todos los centros de domesticación,

se debe promover nuevamente la producción de especies silvestres de manera que el productor tenga el acceso libre a la semilla, ya que de esta manera es que podemos volver a darle un valor a estas especies y fomentar estrategias para ingresarlas en la cadena comercial y que no se vean en desventaja con sus variedades comerciales.

Por otro lado, consideramos que el diseño del sistema de riego mostrado podría abonar a los sistemas de riego automatizados actuales, sin embargo, se requiere seguir profundizando en una mejor calibración de los sensores con el fin de mejorar la calibración actual del sistema y su aplicación a mayor escala. Se considera que es necesario cubrir estos puntos de la investigación de esta tecnología para poder brindarle una opción a pequeños productores acerca de cómo poder dar el paso a la automatización.

La relevancia de vincular el proyecto de un sistema automatizado como el que se muestra en este trabajo es que consideramos que el diseño de este sistema de riego podría abonar a los sistemas de riego automatizados actuales, sin embargo, se requiere seguir profundizando en una mejor calibración de los sensores con el fin de mejorar la calibración actual del sistema y su aplicación a mayor escala. Se considera que es necesario cubrir estos puntos de la investigación de esta tecnología para poder brindarle una opción a pequeños productores acerca de cómo poder dar el paso a la automatización.

Fecha toma de datos: \_\_\_\_\_ N=20 plantas, a menos que no haya tantas por variedad

Lugar: \_\_\_\_\_

Colector: \_\_\_\_\_

	Variedad	Grosor tallo (mm)	Altura de la planta (cm)	Densidad del follaje	Tipo de hoja	Arquitectura de la planta	Antocian. en tallo	infl. S/No	# de infis/plant	# flores/ infis.	Número racimos	Fruto S/No	Color Ext. Del fruto maduro	Forma del fruto	Tamaño del fruto hor. (mm)	Peso del fruto (g)	Plantas muertas	Plagas
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
Observaciones:																		

**Anexo 1.** Descriptores utilizados para toma de datos de Tomate.



## Referencias

- Ardiansah, I., Bafdal, N., Suryadi, E., & Bono, A. (2020). Greenhouse monitoring and automation using Arduino: a review on precision farming and internet of things (IoT). *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 10(2), 703-709.
- Badui Dergal, S. (2016). *Química de los alimentos*. México, Pearson Educación.
- Bauchet, G., & Causse, M. (2012). Genetic diversity in tomato (*Solanum lycopersicum*) and its wild relatives. *Genetic diversity in plants*, 8, 134-162.
- Baudoin, A. (2017). Manual técnico de producción de tomate con enfoque de buenas prácticas agrícolas (No. CIDAB-SB349-B3m). Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (Bolivia). Dirección General de Producción Agropecuaria y Soberanía Alimentaria. Disponible en: <https://www.bivica.org/file/view/id/5254>
- Barretta, A., & Rivas, M. (2001). Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del cono sur. Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=GpZsXk8uVssC&oi=fnd&pg=PA65&dq=recursos+filogeneticos&ots=WJS1RbNMt0&sig=Tj8-I87-\\_WVeNmhSnNZuO0z9Mzc#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=GpZsXk8uVssC&oi=fnd&pg=PA65&dq=recursos+filogeneticos&ots=WJS1RbNMt0&sig=Tj8-I87-_WVeNmhSnNZuO0z9Mzc#v=onepage&q&f=false)
- Bellón, M. R., Barrientos-Priego, A. F., Colunga-GarcíaMarín, P., Perales, H., Reyes Agüero, J. A., Rosales-Serna, R., & Zizumbo-Villarreal, D. (2009). Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas. *Capital natural de México*, 2, 355-382.
- Benavides, A. G., Cisne, J. C., Querol, D. L., & Centeno, J. C. M. (2011). Germoplasma de tomate silvestre (*Lycopersicum* spp.) en la Reserva de Recurso Genéticos de Apacunca (RRGA), Chinandega. *La calera*, 11(17), 33-40.
- Boege, E. (2009). Centros de origen, pueblos indígenas y diversificación del maíz. *Ciencias*, 92(092)..del Rincón, A. R. (1995). Manejo del cultivo extensivo para industria. In *El Cultivo del tomate* (pp. 255-309). Mundi-Prensa.
- Cabieses, F., & Lozano, N. (2009). La historia del tomate. *Científica*, 6(2), 194-197.
- CONABIO. 2020. Centros de plantas cultivadas. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/evolucion-bajo-domesticacion/centrosPlantas>. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Cd. de México. México.
- Cortes-Cadavid, V., & Vargas-García, M. F. (2021). Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante Iot en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Maria Poussepin.
- Cruz Bojórquez, R. M., González Gallego, J., & Sánchez Collado, P. (2013). Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno. *Nutrición Hospitalaria*, 28(1), 6-15.
- FIRA. (2017). Panorama Agroalimentario.Tomate rojo Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. 25 p. Disponible en: [https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=65310#:~:text=Panorama%](https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=65310#:~:text=Panorama%20Agroalimentario)

20Agroalimentario%20%7C%20Tomate%20Rojo%202017,4&text=China%20e%20India%20de stacan%20por,y%209.1%20por%20ciento%2C%20respectivamente.

FIRA. (2019). Panorama Agroalimentario. Tomate rojo Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. 26 p. Disponible en: <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/06/Panorama-Agroalimentario-Tomate-rojo-2019.pdf>

Flores-Hernández LA, Lobato-Ortiz R, García-Zavala JJ, Molina-Galán JD, Sargerman-Jarquín DM, Velasco-Alvarado MD. Parientes silvestres del tomate como fuente de germoplasma para el mejoramiento genético de la especie. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 2017 Mar 22;40(1):83-91.

Harlan, J. R. (1971). Agricultural Origins: Centers and Noncenters: Agriculture may originate in discrete centers or evolve over vast areas without definable centers. *Science*, 174(4008), 468-474.

Hrisko, J. (2020). Capacitive soil moisture sensor theory, calibration, and testing. no, 2, 1-12.

Ipgri. (1996). Descriptores para el tomate (*Lycopersicon* spp.).

Jaramillo, S., & Baena, M. (2000). Conservación ex situ de recursos fitogenéticos. Roma: International Plant Genetic Resources Institute. Disponible en: [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/105130/1645\\_Material\\_de\\_apoyo\\_a\\_la\\_capacitaci%c3%b3n\\_en\\_conservaci%c3%b3n\\_ex\\_situ\\_de\\_recursos\\_fitogen%c3%a9ticos.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/105130/1645_Material_de_apoyo_a_la_capacitaci%c3%b3n_en_conservaci%c3%b3n_ex_situ_de_recursos_fitogen%c3%a9ticos.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Long, J. (1995). De tomates y jitomates en el siglo XVI. *Estudios de cultura náhuatl*, 25, 239-252.

López Marín, L. M. (2017). Manual técnico del cultivo del tomate: *Solanum lycopersicum*. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3143/B?sequence=1>

Lesur, L. (2006). Manual del cultivo del tomate: una guía paso a paso. Trillas. ISBN 968-24-7674-7.

Marín-Montes IM, Rodríguez-Pérez JE, Sahagún-Castellanos J, Hernández-Ibáñez L, Velasco-García ÁM. Morphological and molecular variation in 55 native tomato collections from Mexico. *Revista Chapingo. Serie horticultura*. 2016 Aug;22(2):117-32.


Martínez JR, Vicente AA, Saenz JC, Herrera RR, González CN. Un tesoro perecedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel. *Investigación y ciencia de la universidad autónoma de Aguascalientes*. 2012 Apr 30(54):57-63.

Mondoñedo, J. R., Parsons, D. B., Medina Figueroa, J., Berlijn, J. D., Orozco Luna, F., Glass Pastor, C., & Haeff, V. (2008). Manuales para la educación agropecuaria Tomates. ISBN 978-968-24-8102-4.

Peralta I. E. and D. M. Spooner (2007) History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). In: *Genetic Improvement of Solanaceous Crops, Vol. 2: Tomato*. M. K. Razdan and A. K. Mattoo (eds.). Science Publishers. Enfield, New Hampshire, USA. pp:1-24.

Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición hospitalaria*, 27(1), 76-89.

- Ramírez-Valencia, V., Cárdenas-Aguirre, D. M., & Ruiz-Herrera, S. (2018). Programación o planeación de actividades o recursos en la agricultura. Una revisión de literatura. *Revista EIA*, 15(30), 73-87.
- Rondinel, F. A. A. (2014, Julio). Servicio de sistematización de información para la elaboración de un documento sustentatorio sobre centros de origen y diversidad genética para el convenio sobre la diversidad biológica - CBD. Ministerio del ambiente. [https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/02/fparra\\_centrorigen.pdf](https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/02/fparra_centrorigen.pdf)
- Ruiz, J., Vicente, A., Montañez, C., Rodríguez, R & Aguilar N. (2012). Un tesoro perecedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel. *Investigación y Ciencia*. Disponible en: <https://www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista54/Articulo%208.pdf>
- SADER. (2020). El jitomate, hortaliza mexicana de importancia mundial. Gobierno de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-jitomate-hortaliza-mexicana-de-importancia-mundial?tab=#:~:text=El%20jitomate%20es%20uno%20de,B1%2C%20B2%2C%20y%20C>.
- SAGARPA. (2017). Planeación agrícola Nacional 2017-2030. Jitomate Mexicano. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). (2020). Informe Nacional Sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México. 319 pp.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2021). Panorama Agroalimentario 2021. Disponible en: [https://nube.siap.gob.mx/panorama\\_siap/pag/2021/Panorama-Agroalimentario-2021](https://nube.siap.gob.mx/panorama_siap/pag/2021/Panorama-Agroalimentario-2021)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Normatividad Técnica para la Generación de Estadística Básica Agropecuaria 2022. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/789519/NTGEBAP\\_2022.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/789519/NTGEBAP_2022.pdf)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Norma Técnica para la Generación de Estadística Básica Agropecuaria y Pesquera. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/opt/normativ\\_agricola/nagrop\\_full.pdf](http://infosiap.siap.gob.mx/opt/normativ_agricola/nagrop_full.pdf)
- SIAP. (2020). Boletín mensual de producción Tomate rojo (Jitomate). Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/539442/Bolet\\_n\\_avance\\_producci\\_n\\_tomate\\_r\\_ojo\\_enero\\_2020.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/539442/Bolet_n_avance_producci_n_tomate_r_ojo_enero_2020.pdf)
- Sill, F. G., Maunder, M., Dorantes, J., & Luna, V. E. Conservación de especies ex situ. *Investigación*, 53, 2. Disponible en: [http://www2.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II12\\_Conservacion%20de%20especies%20ex%20situ.pdf](http://www2.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II12_Conservacion%20de%20especies%20ex%20situ.pdf)
- Songara JC, Patel JN. Calibration and comparison of various sensors for soil moisture measurement. *Measurement*. 2022 Jun 30;197:111301.
- Vavilov, N. I. (1994). México y Centroamérica como centro básico de origen de las plantas cultivadas del Nuevo Mundo. Traducción. Gribosvskaia, E y Ortega, PR *Rev. Geog. Agríc*, 20, 15-34.

- 
- Vela Velasco, A. M. (2016). Estudio de la agricultura de precisión enfocado en la implementación de una red de sensores inalámbricos (WSN) para el monitoreo de humedad y temperatura en cultivos— caso de estudio hacienda Cabalinus ubicada en la provincia de Los Ríos (Master's thesis, PUCE).
- Walker, J. P., Willgoose, G. R., & Kalma, J. D. (2004). In situ measurement of soil moisture: a comparison of techniques. *Journal of Hydrology*, 293(1-4), 85-99.