

Capítulo II

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL MEJORAMIENTO GENETICO DE TOMATE, *Lycopersicon esculentum*, Mill

*Franco Alirio Vallejo Cabrera**

OBJETIVOS DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENETICO DEL TOMATE.

Los objetivos del programa de mejoramiento dependen de los problemas que se presentan en el cultivo en las diferentes zonas de Colombia, del uso que se le va a dar al fruto (mesa o industria) y especialmente de las condiciones y recursos del agricultor, procesador y consumidor.

AUMENTO DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD, MEDIANTE LA PRODUCCION DE VARIEDADES O HIBRIDOS SUPERIORES

En la selección de tomate de mesa se prefieren los frutos multiloculares (tipo milano) o biloculares (tipo chonto), maduración estandar, formatos redondos u ovalados, lisos, carnosos, jugosos y alto grado de palatabilidad, plantas con crecimiento indeterminado y períodos de cosecha prolongados. Es conveniente pensar en la producción de variedades o híbridos de crecimiento determinado (porte bajo) con miras a eliminar el tutorado que es la práctica agronómica más onerosa.

En la selección de tomates para industria no es demasiado importante el tamaño ni el formato del fruto; pero en cambio, se prefieren frutos con maduración uniforme, color rojo intenso, pericarpio grueso, secos, poca semilla, pocas cavidades, alto contenido de sólidos solubles y pH aproximadamente igual a 4.2. Generalmente se prefieren plantas de crecimiento determinado buscando eliminar el tutorado y acortar el período de cosecha.

RESISTENCIA A INSECTOS PLAGAS, especialmente al gusano cogollero, *Scrobipalpus absoluta*, perforador del fruto, *Neoleucinodes elegantalis*, y mosca blanca.

RESISTENCIA A ENFERMEDADES, especialmente a las causadas por diferentes tipos de virus tales como TSWV, TYLV y TMV; a las causadas por hongos tales como *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani*, *Fusarium* sp. *Verticillium* sp. y *Stemphylium* sp. y las causadas por bacterias tales como *Corynebacterium michiganensis*, *Xanthomonas vesicatoria*, *Pseudomonas tomato* y *Erwinia* sp.

RESISTENCIA A NEMATODOS, especialmente a *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. acrita* y *M. arenaria*.

RESISTENCIA A FACTORES ABIOTICOS ESTRESANTES, especialmente a altas temperaturas, sequía, salinidad, acidez, suelos pobres, etc.

RESISTENCIA AL TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO.

ORIGEN DEL TOMATE

El tomate es una especie hortícola originaria de América. El centro de máxima diversidad está localizado en una estrecha área de la Costa Pacífica, desde Ecuador (0° latitud) hasta la parte norte de Chile (39° latitud sur) y entre el mar Pacífico y los Andes, en altitudes que varían entre 0 a 2000 m. Se excluye de esta área al *L. cheesmanii* que se presenta solamente en

* Ph.D. Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

las Islas Galápagos y al *L. pimpinellifolium* que está confinado en el Perú, Ecuador e Islas Galápagos.

El tomate fue llevado por los indígenas desde América del Sur hacia América Central, en forma de maleza. La domesticación del género *Lycopersicon* ocurrió en México, especialmente en Puebla y Veracruz.

De México fue llevado a España y posteriormente a Italia, en 1554, donde se utilizó como planta ornamental debido al color amarillo de sus frutos lo que justifica el nombre que le fue dado de "Pomid'oro" (manzana de oro). Los italianos

fueron los primeros en cultivar el tomate y probablemente los primeros que lo utilizaron en la alimentación humana, a mediados del siglo XVIII (Figura 1).

En el siglo XVI e inicios del siglo XVII, el tomate se cultivó en los jardines de Europa (Inglaterra, España y Francia) como ornamental y afrodisíaco. Durante un siglo o más, el tomate fue tenido como venenoso, probablemente por ser miembro de la familia de las solanáceas. El alcaloide predominante en el tomate es la tomatina que, aunque en altas concentraciones en las hojas y en los frutos verdes, se transforma en compuesto inerte en los frutos maduros.

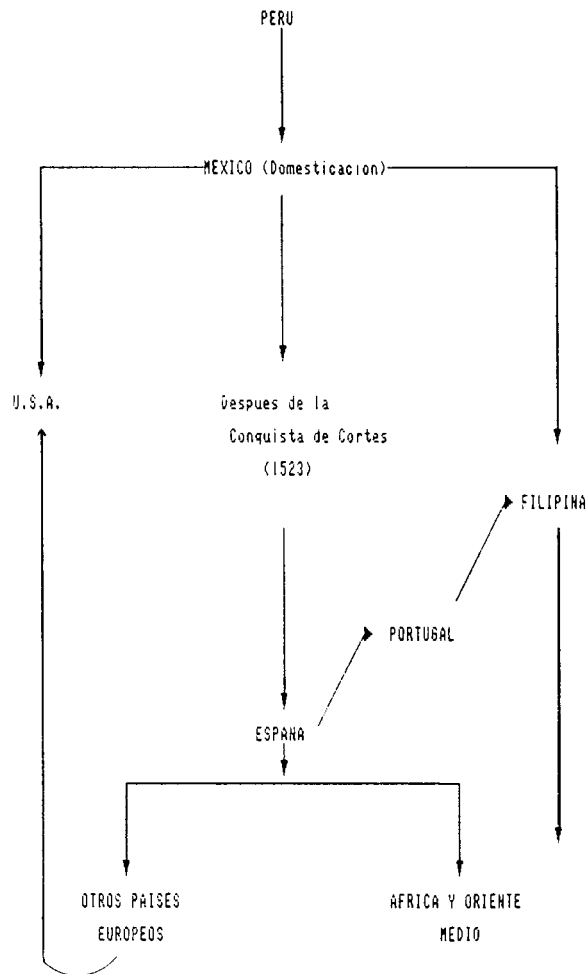


FIGURA 1. Posibles caminos de expansión del tomate a partir del siglo XVI

El tomate, después de haber llegado a Inglaterra, fue llevado a los Estados Unidos, alrededor de 1711, donde también fue cultivado como ornamental. El consumo de tomate como fuente de alimento, ocurrió aproximadamente en 1850 en los Estados Unidos y solo a partir de esa fecha comenzó a tener interés científico y agronómico. En 1900 surgió la primera variedad denominada Ponderosa, la cual se utilizó para la obtención de todas las variedades americanas actuales, juntamente con los materiales colectados en la región de origen durante las décadas de 1920 y 1930.

Por su palatabilidad, versatilidad en la alimentación humana y su valor nutritivo es una de las hortalizas más difundidas en todo el mundo. El tomate es la planta más estudiada desde el punto de vista genético (más que el maíz) siendo conocidos más de 1.000 genes.

BOTANICA

El tomate pertenece a la familia de las solanáceas, género *Lycopersicon* el cual se subdivide en dos subgéneros:

- a. **Eulycopersicon**: especies de frutos rojos, autógamas e insensibles al fotoperíodo. Las especies más importantes de este grupo son: *L. esculentum* y *L. pimpinellifolium*.
- b. **Eriopersicon** : Especies de frutos verdes, con 30-50 % de polinización cruzada natural y florecen en condiciones de días cortos: *L. peruvianum*, *L. hirsutum*, *L. glandulosum*, *L. chilense*, *L. chmielewskii*, *L. pennellii*.

La variabilidad genética del género *Lycopersicon* es bastante amplia y se puede aprovechar en la creación de cultivares superiores.

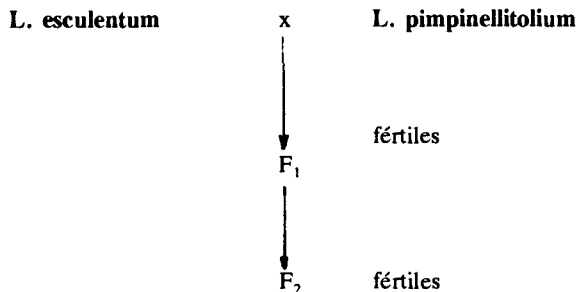
Las especies silvestres del género *Lycopersicon* están contribuyendo a la formación de variedades con resistencia a factores ambientales adversos: enfermedades, plagas, humedad, sequía, calor, frío, salinidad, etc.

La hibridación interespecífica tiene gran importancia en el mejoramiento del tomate debido a las ventajas ofrecidas por ella:

- a. Todas las especies del género *Lycopersicon* se pueden cultivar para propósitos experimentales en una amplia gama de condiciones ambientales,
- b. Una excelente fuente de germoplasma existe en las especies silvestres y en los cultivares antiguos de *L. esculentum*.
- c. Todas las especies silvestres se pueden cruzar con *L. esculentum*, pues todas poseen doce pares de cromosomas completamente homólogos.
- d. Las especies cultivadas son bien conocidas desde el punto de vista genético, sus cromosomas han sido mapeados genéticamente y citológicamente y presentan comportamiento de diploides.

Existen varios ejemplos de hibridación interespecífica donde se muestra que muchos genes fueron transferidos de especies silvestres a *L. esculentum*; ejemplo: genes de resistencia a *Fusarium*, *Verticillium Stemphyllium*, *Septoria*, TMV, nemátodos, etc.

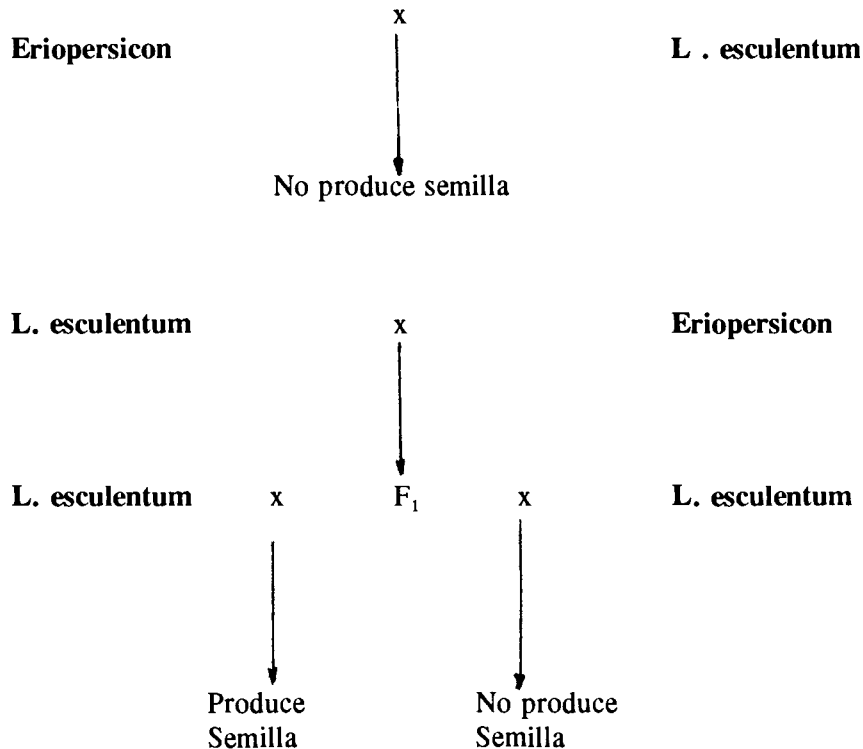
No existen problemas de incompatibilidad en los cruzamientos entre especies del grupo *Eulycopersicon* y por lo tanto se puede obtener fácilmente generaciones F_1 y F_2 fértiles:



Los mayores problemas de cruzamiento ocurren entre las especies del grupo *Eulycopersicon* con

el grupo **Eriopersicon**. En este caso ocurre el fenómeno de incompatibilidad unidireccional o incompatibilidades más complejas. Cuando es

unidireccional, ésta puede ser vencida usando **L. esculentum**. como progenitor femenino solamente.



Actualmente existe una clasificación más lógica, teniendo en cuenta el grado de dificultad de los cruzamientos:

1. Grupo **esculentum**: **L. esculentum**, **L. pim-pinellifolium**, **L. pennellii**, **L. hirsutum**, **L. chmielewskii**.

En este grupo, la hibridación interespecífica no es tan problemática y se pueden obtener F₁ y F₂ fértiles.

2. Grupo **peruvianum**: **L. peruvianum** y **L. chilense**. Es difícil la hibridación de estas especies con **L. esculentum** debido a la fuerte incompatibilidad existente; se debe utilizar cultivo de embrión para obtener éxito en los cruzamientos.

USO DEL GERMOPLASMA SILVESTRE EN EL MEJORAMIENTO DEL TOMATE

RESISTENCIA A ENFERMEDADES

La gran mayoría de los genes responsables de la resistencia a hongos, bacterias, virus y desórdenes fisiológicos, se han derivado de las especies silvestres de tomate. Resistencia satisfactoria a por lo menos 24 enfermedades se ha encontrado en las especies silvestres y en 14 de esos casos, los genes pertinentes se han incorporado a variedades superiores.

RESISTENCIA A INSECTOS PLAGAS

Es muy difícil encontrar alto nivel de resistencia a insectos en las formas cultivadas de **L. esculentum**. En cambio, en las especies silvestres se

ha encontrado fuentes de resistencia a 16 plagas, las cuales han sido clasificadas de alta resistencia, cercana a la inmunidad. Es importante destacar que *L. hirsutum* da alta resistencia a 14 insectos plagas.

En Yuto (Argentina) se encontró que *L. hirsutum* f. *glabratum* presentó resistencia a la principal plaga de tomate *Scrobipalpa absoluta* y que el híbrido F_1 presentó una resistencia intermedia. *L. hirsutum* presenta una alta capacidad de resistencia al ataque de un amplio rango de insectos predadores en su habitat natural.

A pesar de que la resistencia está presente en el germoplasma silvestre de tomate, los progresos en el mejoramiento tratando de conseguir variedades resistentes, han sido bajos.

RESISTENCIA A ALTAS TEMPERATURAS

Es común pero a la vez erróneo suponer que, como el tomate es originario de latitudes tropicales, produciría bien en altas temperatura. Los efectos adversos provenientes de la alta temperatura (superiores a 32°C) están presentes en muchas áreas. El síntoma frecuente es la pobre fructificación y deterioro de la coloración del fruto.

Para tener alta capacidad de fructificación se deben combinar muy bien los tres componentes de este carácter: viabilidad de gametos machos y hembras, alta cantidad de polen y flores no longistilas.

Se ha encontrado resistencia a altas temperaturas en la especie silvestre *L. pimpinellifolium*. El uso del gen partenocárpico pat-2 también ha sido reportado como alternativa para solucionar la baja fructificación en zonas de altas temperaturas.

RESISTENCIA A BAJAS TEMPERATURAS

Este tipo de resistencia está siendo estudiada con el fin de ampliar el cultivo a áreas más frías, disminuir el daño fisiológico del fruto en condi-

ciones de refrigeración y reducir los costos de energía en la producción de tomate en invernadero (en países templados).

El germoplasma de *L. esculentum* parece no ser promisorio para soportar temperaturas inferiores a 10°C, pero pruebas realizadas en las especies silvestres indican que algunos biotipos de *L. hirsutum*, colectados en grandes altitudes, soportan excepcionalmente el frío. Esta resistencia también está siendo estudiada en híbridos con *Solanum lycopersicoides* (tolerante al frío), que es endémico en alturas de 3.000 metros o más, en el sur-este del Perú.

RESISTENCIA A LA SALINIDAD

El tomate cultivado, *L. esculentum*, es altamente sensible a las condiciones de salinidad. La tolerancia a la salinidad se ha identificado en algunas poblaciones de *L. cheesmanii* f. *minor* que prosperan en el litoral de las Islas Galápagos, donde los niveles de salinidad son elevados.

La resistencia a la salinidad está asociada con la habilidad de las células para soportar altos niveles de sodio. Esta especie resistente tiene capacidad de acumular sodio en las hojas y en los peciolo en cantidades superiores al 20% del total de la materia seca, mientras que en *L. esculentum* el sodio es letal en concentraciones superiores al 5%.

Se ha reportado progresos en la transferencia de este carácter a *L. esculentum*; después de repetidos retrocruzamientos se han obtenido progenies que crecen y producen frutos cuando se irrigan con 70% de agua de mar.

También se ha reportado tolerancia a la salinidad en poblaciones de *L. peruvianum* y *L. pennellii*.

RESISTENCIA A LA SEQUIA

Aunque los bancos de germoplasma de tomate poseen accesiones con habilidad para soportar la sequía, poca investigación se ha realizado al respecto. El primer indicio de resistencia a

sequía se encontró en la especie *L. pennellii*, que prospera muy bien en zonas áridas. Las hojas de ésta especie poseen habilidad asombrosa para retener la humedad. Ha sido posible mantener este carácter a través de muchas generaciones de retrocruzamiento pero todavía falta mucho para producir líneas mejoradas con resistencia. También se ha encontrado esta resistencia en dos accesiones de *L. esculentum* var. *cerasiforme*.

RESISTENCIA A LA HUMEDAD EXCESIVA

La mayoría de las especies de *Lycopersicon* son nativas de regiones áridas o semiáridas; por lo tanto, no es sorprendente que el tomate cultivado no tolere excesos de humedad. Sin embargo, se ha reportado resistencia al exceso de humedad en un cultivar primitivo de Filipinas y en la introducción 1421 que es un miembro del complejo *cerasiforme* del Noroeste del Ecuador. Estas accesiones poseen raíces características que les permiten vivir en condiciones de alta humedad.

AUMENTO DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES

Mucha atención se ha dado a este componente de la calidad porque, no solamente, afecta el sabor sino también el rendimiento industrial del tomate para procesamiento. Altas cantidades de sólidos solubles se han encontrado en *L. chmielewskii*. Por retrocruzamiento y selección también ha sido posible producir líneas de frutos rojos con altas cantidades de azúcares reductores.

ACIDEZ DEL FRUTO

El sabor del tomate depende en parte de la relación azúcar/ ácido. La acidez es muy importante en la preservación de los frutos o productos enlatados. Frutos con pH superiores a 4.4, son poco deseables para procesamiento.

Una accesión de *L. pimpinellifolium* ha sido reportada con la más alta acidez tritratable, dos veces el nivel normal para citrato y tres veces para malato. Parece tener una herencia monogé-

nica para ambos caracteres lo cual favorece la introgresión de la acidez.

PEDICELO JOINTLESS

La formación de la camada de abscisión en el pedicelo del fruto es un carácter indeseable, especialmente en las variedades para cosecha mecánica porque el pedicelo permanecería unido al fruto. Dos genes j_1 ó j_2 eliminan la zona de abscisión. Estos genes fueron encontrados en *L. chmielewskii*.

MORFOLOGIA DE LA PLANTA

LA RAIZ

El sistema radical del tomate es el normal de las dicotiledóneas, con raíz pivotante, desde que no haya interrupción de su desarrollo por el transplante. En el tomate transplantado, el sistema radical se torna más ramificado y superficial y no se distingue la raíz principal. La mayor parte de las raíces se concentran entre 0.05 y 0.35 metros de profundidad.

TALLO

El tallo del tomate joven es erecto, herbáceo, succulento y cubierto por pelos glandulares, tornándose leñoso y fino cuando la planta crece, no soporta su propio peso en la posición erecta y necesita un soporte artificial. Se distinguen tres hábitos de crecimiento:

Crecimiento indeterminado

El tallo principal crece más que las ramificaciones laterales, significando que las plantas presentan dominancia apical. Presentan una inflorescencia cada tres entrenudos. Este tipo de tomate debe ser estaqueado para obtener altos rendimientos. El crecimiento indeterminado es debido a la presencia del gen dominante Sp.

Crecimiento determinado

Presenta un tallo ramificado, sin dominancia apical. Cada ramificación presenta una inflores-

cencia apical lo cual limita su crecimiento vegetativo. Este tipo de tomate no necesita ser estaqueado y es muy utilizado en cultivos rastreros cuya producción se destina a la industrialización. Su ciclo es más corto comparativamente con el tomate de crecimiento indeterminado. El crecimiento determinado es debido a la presencia del gen recesivo sp (self pruning).

Plantas enanas

Son plantas de crecimiento indeterminado pero el tallo tiene los entrenudos excesivamente cortos, debido al gen recesivo d (dwarf). En vista de esto no necesita estaqueamiento.

HOJAS

Las hojas del tomate son alternas, compuestas de un número impar de folíolos y cubiertas con pelos glandulares que emiten un olor característico al ser estregadas por el manipuleo. Existe un mutante recesivo llamado "hoja de papa" y se lo utiliza mucho como gen marcador en la producción de híbridos y en trabajos de polinización cruzada natural.

FRUTO

Los frutos del tomate cultivados pueden ser carnosos y succulentos o secos con peso medio que varía entre 70 y 300 gramos. Posee formatos ovalados, redondos, arriñonados, elongados o piriformes, con dos a tres lóculos en los cultivares del grupo Chonto y cinco a diez en los cultivares del grupo Milano.

SEMILLA

Son reniformes, pequeñas con pelos bien cortos y de color marrón claro, presentando el embrión dispuesto internamente en espiral.

BIOLOGIA DE LA REPRODUCCION

Las flores están agrupadas en inflorescencias llamadas racimos, con 6-7 flores. La inflorescencia puede ser terminal o estar localizada entre las hojas.

La flor individual es pequeña. El cáliz posee cinco sépalos verdes que se prenden al fruto incluso hasta después de la maduración. La corola está formada por cinco pétalos amarillos y encurvados cuando la flor está abierta. El número de estambres es de 5, los cuales están soldados, formando un cono. Las anteras son cortas y anchas. Las flores son hermafroditas y la polinización en las variedades cultivadas es por autofecundación, siendo muy baja la frecuencia de polinización cruzada natural. En las especies silvestres se presentan tasas altas de cruzamiento natural.

El estigma es receptivo al polen 1 a 2 días antes de deshiscencia de las anteras y permanece receptivo 4 a 8 días después de la antesis. Las anteras vibran fácilmente con cualquier movimiento leve provocado por el viento lo cual provoca una "lluvia" de polen alrededor del estigma. Un factor que favorece la autopolinización del tomate es el tiempo relativamente largo que el estigma permanece receptivo al polen. Otro factor es la longitud del estilo. Si el estilo es corto y el estigma es cercado por las anteras deshiscientes, la autopolinización es muy probable. Si el estilo es demasiado largo o si se desarrolla a través del tubo de anteras antes de la liberación del polen, aumenta la polinización cruzada natural.

CRUZAMIENTO NATURAL DEL TOMATE

La frecuencia de polinización cruzada en tomate depende de: posición del estigma con relación al cono de anteras, presencia de insectos polinizadores, dirección e intensidad del viento, época de floración, temperatura, variedades utilizadas, interacciones de los factores anteriores.

Existen resultados diversos sobre polinización cruzada natural, en diferentes partes del mundo, variando entre 0% en Puerto Rico hasta 47% en California usando la machoesterilidad. En el Tolima, Monroy-Castro y Saavedra (1965) utilizaron el gen marcador de la "hoja de papa" para determinar el cruzamiento natural y encontraron un valor máximo de 2.37% (Vallejo 1991).

La polinización cruzada es realizada principalmente por abejas, siendo el viento un factor poco eficiente para la transferencia del polen, contribuyendo solo para la autopolinización.

La frecuencia de polinización cruzada en el tomate se puede evaluar con facilidad sembrando en forma intercalada surcos de la variedad Red Jacket que posee el gen "hoja de papa" con una variedad del tipo "chonto" con hojas normalmente recortadas. El carácter "hoja de papa" es recesivo y el carácter hoja recortada es dominante. La frecuencia de cruzamiento se determina contando las plántulas con hojas recortadas provenientes de semillas cosechadas en la variedad Red Jacket con "hoja de papa".

Para la cuantificación de la polinización cruzada, además del gen marcador "hoja de papa", también se han utilizado los siguientes genes marcadores: amarillamiento de plántulas en el semillero (nv), crecimiento "enano" de la planta (d) y tallo de color verde. El tomate normal tiene tallo de color púrpura cuando germina.

TECNICAS DE CRUZAMIENTO

EMASCULACION

Para efectuar cruzamientos se deben utilizar solamente 3 ó 4 flores por inflorescencia, de preferencia las primeras flores, que son las de mayor tamaño, eliminándose las demás. La flor se encuentra en estado óptimo de emasculación cuando los pétalos se comienzan a separar, un poco antes de la antesis. Las flores que ya iniciaron la antesis se deben eliminar con el fin de evitar contaminación con el propio polen.

Como la corola está unida por la base al cono de anteras, para efectuar la emasculación basta jalar los pétalos con los dedos o con una pinza para que cada corola salga conjuntamente con el cono de anteras, permaneciendo solamente el estilo y el cáliz. La flor emasculada puede ser polinizada al día siguiente o en el mismo día. No es necesario protección, pues con la eliminación de la corola los insectos no son atraídos.

POLINIZACION

Se cosecha el polen de flores abiertas, cuyos pétalos están doblados hacia atrás. Cuando se necesita pequeñas cantidades de polen, éste se recoge en portaobjetos, dando pequeños golpes a la flor con una pinza. Cuando se necesita grandes cantidades de polen, la cosecha se efectúa por medio de un vibrador eléctrico. El mejor período para cosechar polen es la tarde porque, las flores lo sueltan con facilidad.

La polinización se puede hacer poniendo en contacto el polen con la superficie estigmática. Para facilitar este proceso se puede usar una cuchara pequeña, vidrio plano con fondo negro o palitos de fósforo cuya extremidad se pinta de negro.

GENES PRINCIPALES USADOS EN EL MEJORAMIENTO DEL TOMATE

El tomate es una de las plantas más estudiadas, desde el punto de vista genético. Se conocen más de 1.000 genes y 50 de éstos están siendo utilizados en el mejoramiento. En este trabajo se mencionarán apenas una parte de estos genes que, se han usado intensamente.

- **Gen ad**: Confiere resistencia al hongo *Alternaria* sp, en las primeras fases de crecimiento (Damping off-root collar). No confiere resistencia a *Alternaria* en la fase adulta.

- **Gen B**: Afecta la cantidad de Beta-caroteno. Aumenta 10 veces la cantidad de caroteno y por tanto el fruto es de color amarillo. Este gen fue localizado en *L. peruvianum*.

GEN bk: Produce una "tetilla" en la región apical del fruto, en el sitio de unión con el estilo. Cuando este gen está presente, la cicatriz estilar queda bien cerrada y evita contaminación con hongos. En tomates industriales este gen es muy importante.

- **GEN br**: El gen braquítico afecta la ramifi-

cación de la planta. La planta permanece compacta.

- **GEN bs** (brown- seed): Confiere coloración marrón a la semilla. Es muy importante en la producción de híbridos porque puede funcionar como un gen marcador; por tanto, cualquier contaminación se puede identificar. Actualmente existen células foto-eléctricas que pueden separar la semilla por su color.
- **GEN bu** (bush): Confiere un aspecto compacto a la planta. Es diferente del gen br.
- **GEN Cf**: Confiere resistencia al hongo **Cladysporium fulvum**, responsable de la enfermedad "moho ceniciento". Se presentan varias razas y también varios genes responsables de la resistencia: Cf1, Cf2, Cf3, Cf4, los cuales no son alelos. El gen Cf1 da resistencia a la raza 1 y 3 de **C. fulvum**, el Cf2 da resistencia a la raza 1 y 4 y Cf4 confiere resistencia a la raza 6.
- **GEN Cr** (Crack): Confiere resistencia a la rajadura del fruto de tipo radial. La rajadura concéntrica parece que tiene un control poligénico y la rajadura de crecimiento es de origen ambiental cuando éste crece lentamente durante algún período de "stress" y posteriormente crece rápidamente.
- **GEN dl** (diallytic): Afecta la conformación de las anteras. En la flor normal, las anteras se disponen en forma de cono alrededor del estilo. Con la presencia del gen dl, las anteras se abren y el estigma permanece expuesto facilitando la realización de la polinización cruzada natural. Este gen tiene grandes posibilidades de ser usado en la producción de híbridos comerciales, pero debido a que está ligado fuertemente al gen bu no ha sido posible todavía su empleo.
- **GEN d, d6** (dwarf): Son genes diferentes que afectan la arquitectura de la planta. Todas las partes de la planta, reducen su

tamaño. Las hojas permanecen oscuras y arrugadas.

- **GEN f** (fasciado): En presencia de este gen, el fruto presenta "costillas" y muchos lóculos. Solamente ocurre en los frutos grandes.
- **GEN hp** (high-pigment): Afecta al fruto inmaduro tornándolo más verde, con más clorofila, la cual es precursora del licopeno. En este caso, el fruto maduro es mucho más rojo.
- **GENES I₁, I₂** (Immunity): Confieren resistencia a la raza 1 y 2 de **Fusarium**, respectivamente. Estos genes provienen de **L. pimpinellifolium**.
- **GENES j, j₂** (Jointless): Evitan la formación de la camada de abscisión en el pedúnculo del fruto y de esta manera evitan el desprendimiento fácil del mismo durante la cosecha mecánica. Actualmente todas las variedades americanas poseen este gen. El gen J₂ es el más utilizado porque los otros presentan efectos secundarios perjudiciales.
- **GEN Mi**: Confiere resistencia a varias especies de nemátodos tales como: **M. incognita**, **M. javanica**, **M. acrita**, **M. arenaria**. Fue introducido a partir de **L. peruvianum**.
- **GENES ms₁...ms₄₇**: Confieren machoesterilidad genética. Fueron identificados 47 genes que actúan de manera diferentes pero cuyo fenotipo final es la machoesterilidad. Algunos afectan el inicio de la meiosis, otros la fase de tetrada, etc. Estos genes no son alelos.
- **GEN Og^c** (old gold crimson): Confiere una coloración roja intensa al fruto. Está ligado con el gen que confiere una coloración amarillo-oro a los pétalos, de aquí deriva su nombre. Las variedades que poseen este gen producen frutos rojos

como la sangre, debido a que aumenta la cantidad de licopeno y disminuye la de caroteno, o sea, mejora el aspecto pero disminuye el valor alimenticio. Ex. Variedad Vermillion.

- **GEN ph** : Confiere resistencia a la raza O del hongo **Phytophthora infestans**. Existe una serie de modificadores que actúan confiriendo cierta resistencia de campo cuando ocurren otras razas. La resistencia para otras razas es pligénica.
- **GEN ps** (positional sterility): Provoca la no dehiscencia de las anteras, impidiendo la liberación del polen. La acción de este gen no es completa ya que en ciertas condiciones puede ocurrir la liberación del polen. También se puede provocar artificialmente la dehiscencia usando vibrador eléctrico. La variedad Argentina-Platense posee este gen.
- **GEN Se**: Confiere resistencia al hongo **Septoria sp.**
- **GEN Sm**: Confiere resistencia a la mancha provocada por el hongo **Stemphiliium sp.** Esta enfermedad es de difícil control químico.
- **GEN sp** (Self-pruning): Este gen provoca reducción de los entrenudos y en la punta del tallo principal presenta una inflorescencia (crecimiento determinado). También provoca mayor concentración de la producción. Causó gran impacto en el cultivo de tomate en los Estados Unidos en 1943 y a partir de la variedad Pearson (sp) se introdujo a un gran número de híbridos y variedades. Este gen permite la utilización de un mayor número de plantas por área.
- **GEN SW^a**: Confiere resistencia al virus denominado spott wild de gran importancia económica por los tremendos daños que causa en los cultivos. Existen varias razas de este virus por consiguiente exis-

ten varios genes que confieren resistencia; actualmente se conoce 4 genes que confieren resistencia.

- **GENES Tm₁ y Tm₃**: Confieren resistencia al virus del mosaico del tabaco TMV (Tabaco Mosaic Virus). Es un gen dominante pero muy influido por el ambiente. Estos genes confieren resistencia en el sentido de que estando presente el virus en la planta, los síntomas no se manifiestan. Es una virosis muy importante en los cultivos estaqueados ya que el virus es de fácil diseminación y como el cultivo estaqueado es muy manoseado, la diseminación es rápida. Es un virus muy persistente.
- **GEN U**: Hace que el fruto del tomate posea hombro verde como ocurre en el tipo "chonto". Promueve maduración uniforme y es importante en el tomate de industria.
- **GEN Ve**: Confiere resistencia al hongo **Verticillium sp.** Este hongo ataca el sistema vascular y es de difícil control. Se presenta con mayor intensidad en temperaturas bajas. Todas las variedades americanas poseen el gen Ve.
- **GEN bw**: Confiere resistencia a la bacteria **Pseudomonas solanacearum** que es el agente causal de la enfermedad conocida como "mancha bacterial" principal enfermedad en el trópico húmedo. Existen fuentes de resistencia en **L. pimpinellifolium**, **L. peruvianum** y **L. glandulosum**. Parece que la resistencia se debe a la presencia del alcaloide denominado tomatina.
- **GEN w** (Wilty): Las variedades que poseen este gen presentan una apariencia de marchitez lo cual es ventajoso para las condiciones de clima seco.

METODOS DE MEJORAMIENTO

En tomate por ser una planta autógama se utilizan los siguientes métodos de mejoramiento:

Selección: Selección masal y selección de plantas individuales con prueba de progenie.

Hibridación: Método genealógico, poblacional, retrocruzamiento y de descendencia de semilla única.

Uso de vigor híbrido en la generación F_1 .

SELECCION

En la selección el mejorador separa los mejores genotipos de los menos favorecidos. El problema más importante de la selección artificial no es la identificación de los genotipos que se deben eliminar sino la de los que se deben mantener para la continuación del mejoramiento.

Se debe recordar que la selección solo actúa sobre diferencias heredables presentes en los individuos de la población. Además la selección no crea variabilidad genética, actúa solo sobre la existente.

Selección masal

El objetivo de la selección masal es identificar los genotipos superiores de tomate a través de los fenotipos con el fin de mejorar el nivel general de la población.

- a. En la selección no se sabe si las plantas escogidas están en homocigosis o heterocigosis. Las que están en estado heterocigoto segregarán en la generación siguiente, obligando al mejorador a repetir la selección.
- b. No es posible saber si los fenotipos superiores se presentan como resultado de su carga genética o por influencia del ambiente.

La selección masal se puede utilizar en aquellas regiones donde todavía existen variedades loca-

les. El método puede ser útil para eliminar tipos de bajo valor agrícola sin el peligro inherente a la selección de genotipos únicos. En regiones con agricultura altamente desarrollada, la selección masal se utiliza para purificar variedades existentes, como etapa previa a la obtención de semillas puras.

La selección masal, en tomate, tiene menor uso en comparación con el método de selección de plantas individuales con prueba de progenie.

Selección de plantas individuales con prueba progenie

La selección de plantas individuales con prueba progenie ha sido muy utilizada para obtener nuevas variedades a partir de variedades locales que han mantenido los agricultores durante muchas generaciones.

Las líneas componentes de una variedad local pueden ser semejantes en a su morfología general aparente, pero pueden ser muy diferentes en cuanto a su valor agrícola.

Un gran número de plantas seleccionadas, en las variedades locales, deben ser homocigotas y de esta manera se pueden constituir en el punto inicial de una nueva variedad estable. La nueva variedad obtenida, por este método, estará constituida por la progenie de una única línea pura.

La selección individual es más eficiente cuando incluye caracteres fácilmente medibles y que son controlados por pocos genes. Raramente ella es eficiente cuando la heredabilidad o las variaciones fenotípicas son bajas.

HIBRIDACION

La hibridación tiene por objeto aumentar la variabilidad genética de determinado (s) carácter (es), procurando introducir en un solo genotipo, genes deseables que se encuentran en dos o más genotipos diferentes. Este método se usa cuando la variabilidad natural existente en las poblaciones autógamas ha sido utilizada y los resultados por simple selección no son satisfactorios.

El éxito del mejoramiento por hibridación depende, en gran parte, de la selección de los progenitores. Los progenitores deben presentar las características superiores que se pretende reunir en la nueva variedad. Muchas veces, uno de los progenitores es una variedad local, bien adaptada y que presenta ciertas características indeseables que no se presentan en el otro progenitor. Si todas las características que se pretenden juntar no existen en los dos progenitores, hay necesidad, entonces, de incluir en los cruzamientos un tercer progenitor.

Al utilizar la hibridación, el mejorador busca crear poblaciones que presenten las recombinaciones deseadas y en las cuales la selección tendrá muchas posibilidades de éxito.

Método genealógico

El método consiste en seleccionar plantas individuales, en una población segregante, para luego efectuar un estudio de la respectiva descendencia (genealogía). El registro de la genealogía consiste en una serie de anotaciones que proporcionan las relaciones entre familias que se están evaluando. Estos registros pueden ser útiles para decidir qué familias se deben mantener o eliminar.

La calidad de los progenitores determina la potencialidad de un programa de mejoramiento genealógico y la habilidad con que la selección es practicada en las generaciones segregantes determina si el potencial del híbrido es o no aprovechado.

En las generaciones segregantes, las decisiones se deben tomar entre centenas de individuos y por lo tanto los juzgamientos se basan en evaluaciones visuales rápidas en lugar de mediciones precisas. Por lo tanto el mejorador debe conocer muy bien las características morfológicas como fisiológicas que caracterizan a las variedades aceptables.

En tomate y en las hortalizas en general, el método genealógico es el más recomendado, porque la selección para caracteres altamente heredables, especialmente resistencia a enferme-

dades, debe comenzar en generaciones tempranas.

Métodos poblacional (bulk)

El método poblacional difiere del método genealógico, en el sentido de que los híbridos se cultivan mezclados en una sola población, sin efectuar las anotaciones de la descendencia de los individuos seleccionados.

En las generaciones F_6 ó F_8 , generalmente, termina el período de propagación de una población como un todo, haciendo luego selección de plantas deseables en la población. Estas selecciones son conducidas como familias, las cuales se evalúan de manera similar al método genealógico.

Es un método completamente inadecuado para la mayoría de las hortalizas y frutales.

Método de retrocruzamiento

Es un método excelente para mejorar variedades de tomate que son muy buenas para gran número de caracteres, pero deficientes para algunas pocas características. El método utiliza una serie de retrocruzamientos hacia la variedad que va a ser mejorada y el carácter o caracteres a ser mejorados son mantenidos por selección. Al final del programa se obtendrá una variedad exactamente igual al padre recurrente, con la misma adaptación, productividad, etc. pero superior a ese padre en la característica específica para la cual el programa fue conducido.

Para tener éxito en un programa de retrocruzamiento se debe tener un progenitor recurrente altamente satisfactorio, un progenitor donante que tenga el carácter que le hace falta al progenitor recurrente; el carácter en transferencia se debe mantener a través de varios retrocruzamientos y finalmente se debe efectuar un número adecuado de retrocruzamiento para reconstruir el progenitor recurrente.

Es el método más usado en tomate y en las hortalizas en general para producir variedades con resistencia genética a enfermedades, plagas

y condiciones de "stress" (Figura 2). El mejorador no debe olvidar que las fuentes de resistencia a estos problemas generalmente se encuentran en las especies silvestres.

Método "descendencia de semilla única" (S.S.D.)

El método consiste en utilizar una semilla de cada planta F₂ para obtener la generación F₃ y así sucesivamente. Se utiliza solo en poblaciones autógamias y en el tomate ha tenido mucho éxito.

USO DEL VIGOR HIBRIDO EN LA GENERACION F₁

Un programa de mejoramiento genético que

busque producir híbridos de tomate, especialmente para mesa, debe tener en cuenta las ventajas que éstos tienen sobre las variedades de libre polinización.

- La cantidad de semillas usadas, por unidad de área, es pequeña, de modo que el costo de la semilla en relación al costo total de la producción será insignificante;
- Constituye un medio rápido y eficiente de combinar, en un mismo híbrido, caracteres dominantes deseables presentes en los progenitores, especialmente resistencia a enfermedades limitantes;

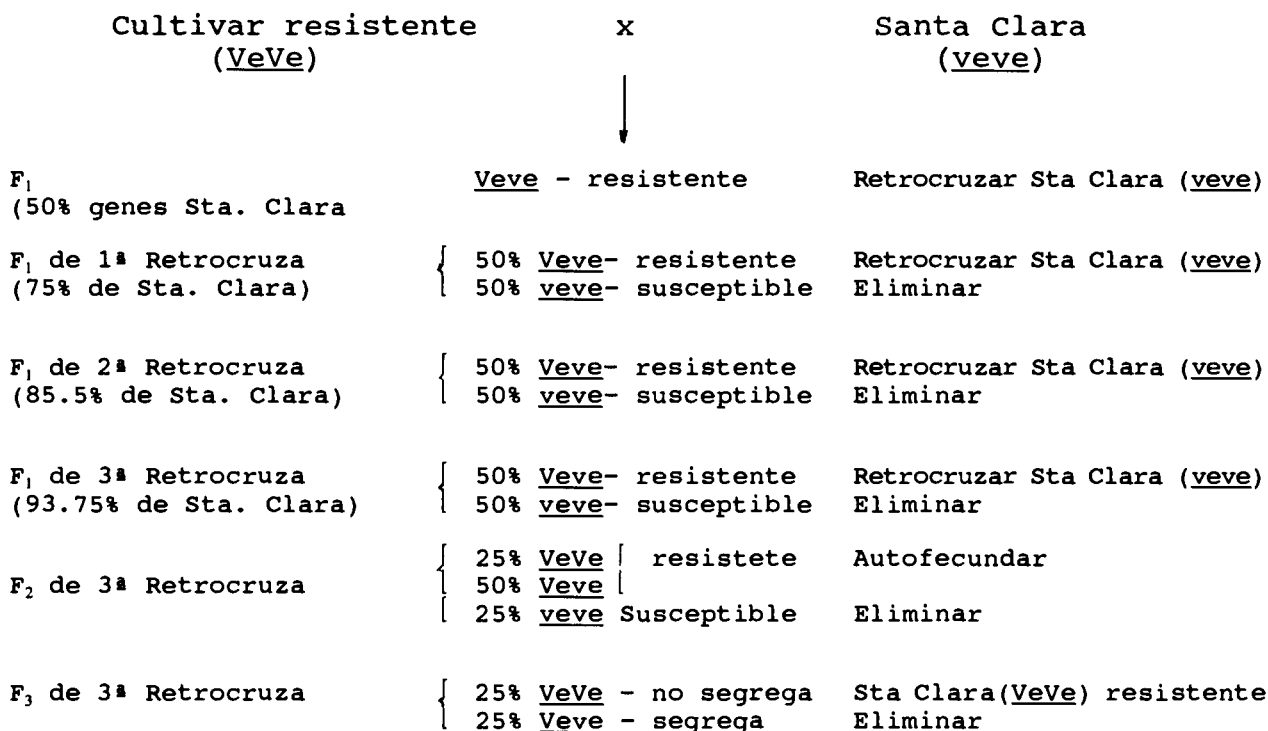


FIGURA 2. Esquema de la transferencia de un gen dominante **Ve** que confiere resistencia a *Verticillium sp.* en tomate.

OBSERVACION: La resistencia o susceptibilidad se verifica después de la inoculación de las plántulas con el inóculo del hongo *Verticillium sp.*

- Es posible encontrar buenas combinaciones heteróticas para mayor producción y precocidad;
- Es posible mejorar la calidad de los frutos en relación a los cultivares tradicionales;
- Es posible lograr mayor estabilidad fenotípica debido a la homeostasis genética del híbrido;
- Es posible fomentar el control de calidad de la semilla vendida al productor, y
- Constituye un medio seguro para los mejoradores y Compañías de semillas preservar sus derechos originales sobre determinado cultivar, impidiendo de esta manera la pérdida a corto plazo de la alta inversión en la obtención de ese cultivar.

BIBLIOGRAFIA

- ARAUJO, M.L. DE; LEAL, N.R. e C. de A. CRUZ DA. Avaliação de acessos de tomateiro em relação à incidência da broca dos poteiros (*Scrobipalpus* sp.) In: XXV Congresso Brasileiro de Olericultura : Resumos. Hort. Bras. Vol. 3, No. 1 (1985); p. 57-96.
- CASTELO BRANCO, M. et al. Selecao em F₂ (*L. esculentum* x *L. pennellii*) visando resistencia a traca do tomateiro. In: XXV Congresso Brasileiro de Olericultura : Resumos. Hort. Bras. Vol. 3 No. 1 (1985); p. 57-96.
- CLERGEAU, M.; LATERROT, H. y PITRAT, M. Creación de variedades resistentes a enfermedades en las plantas hortícolas. IDIA-Jan/Feb/1980. p. 35-46. 1980.
- DOOLITTLE, S.P. The use of wild *Lycopersicon* species for tomato disease control. *Phytopathology*. 44 (1954); p. 409-414.
- EL AHMADI, A.B. e STEVENS, M.A. Reproductive responses of heat tolerant tomatoes to high temperatures. *J. Amer Soc. Hort. Sci.* Vol. 104, No. 5 (1979); p. 686-691.
- ESQUINAS-ALCAZAR, J.T. Genetic resource of tomatoes and wild relatives : A global report. Roma :IBPGR, FAO, 1981. 65 p.
- FRANCA, F.H. et al. Avaliação e selecao de progenies Fe₃Cl₁ {(Calypso x *L. hirsutum* var. *typicum*) x Calypso} visando resistencia a traca do tomateiro. XXV Congresso Brasileiro de Olericultura, Resumos. Hort. Bras. Vol. 3 No. 1 (1985); p. 57-96.
- HARLAN, J.R. and WET, J.M.J. DE. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon*. 20 (1971); p. 509-517.
- JENKINS, J.A. The origin of the cultivated tomato. *Econ. Bot.* 2 (1948); p.279-391.
- LOURENCAO, A.L. et al. Selecao de linhagens de tomateiro resistentes à *Scrobipalpus absoluta* (Meyrick). XXV Congresso Brasileiro de Olericultura. Resumos. Hort. Bras. Vol. 3, No. 1 (1985); p. 57-96.
- MALUF, W.R. Uso de especies selvagens no melhoramento de tomateiro. In: Encontro sobre temas de genética e Melhoramento. Hort. Bras. Vol. 3, No. 1 (1985); p. 46-51.
- RICK, C.M.M. Hybrids between *Lycopersicon esculentum* Mill and *Solanum lycopersicon* Dun. *Proc. Nat. Acad. Sci.* Vol. 37 (1951); p. 741-744.
- . Potential genetic resources in tomato species: clues from observations in native habitats. In: RICK, A.M. (ed.). *Genes, Enzymes and populations*. New York : Plenum, 1973. p. 255-269.
- . Evolution of interespecific barriers in *Lycopersicon*. Wageningen : PUDOC, 1979.
- RUSH, D.W. and EPSTEIN, E. Breeding and selection for salt tolerance by the incorporation of wild germoplasm into a domestic tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* Vol. 106, No. 5 (1981); p. 699-704.
- SREELATHAKUMARY, L. and PETER, K.V. Inheritance of combined wilt resistance in tomato. *T.G. Rept.* 34:16. 1984
- VILLAREAL, R.L. *Tomato in the tropics*. Boulder, Colorado : Westview, 1980. 173 p.
- WATTS, V.M. The use of *Lycopersicon peruvianum* as a source of nematode resistance in tomatoes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* Vol. 49 (1947); p. 233-234.