

UNIVERSIDAD DE LA HABANA
"Facultad de Biología"

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRICOLAS

**Obtención de híbridos F₁ de tomate
(*Solanum lycopersicon*). Estimación de
parámetros genético-estadísticos del
rendimiento y sus componentes**

*Tesis presentada en opción al Título de Maestro en
Ciencias en Biología Vegetal, mención Genética
Vegetal*

**Autor: Ing. Jesús Rodríguez Cabello
Tutor: Dra. Marta Alvarez Gil
Dr. Calos Moya López**

La Habana, 2006

Dedicatoria:

A mis hijos: Claudia, Camila y Lionel

A mi querida y amada esposa: Aymara

Agradecimientos:

Al INCA, por toda las facilidades que me ha brindado para culminar con éxitos el presente documento.

A mi familia por el sacrificio de tantas horas de ausencia.

A mis tutores Dra. Marta Álvarez y Dr. Carlos Moya por todos el tiempo dedicado y siempre oportunos consejos y sugerencias, sin los cuales hubiera sido imposible la culminación exitosa del presente documento.

Al colectivo de profesores de la Maestría de Mejoramiento Genético de las Plantas por la entrega total de sus conocimientos, comprensión y apoyo; en especial a las siempre sonrientes y amables Xonia y Clarita.

A mis compañeros del grupo de tomate Franko, Dagmara, Eduardo, Mercedes, Noel, Marlyn, Alexis y Osmel por su colaboración.

A todos mis compañeros del departamento de genética, quienes de una forma u otra han contribuido a la realización de esta tesis, en especial al Chino y Brito.

A mis buenos y apreciados amigos y cotutores anónimos Lescay, Sergio y Felipe, mis más profundos agradecimientos por todas las noches y fines de semanas compartidos, por toda la ayuda, sugerencias y apoyo incondicional.

A todos, GRACIAS.

Resumen

En Cuba, la producción de híbridos de tomate es de suma importancia, debido a que se prevé que para el año 2010 el 60% de las semillas híbridas que se empleen sean de origen nacional. Conociendo esto, el presente trabajo se realizó con el objetivo de escoger combinaciones híbridas F_1 de buen comportamiento en condiciones de organopónico, así como determinar los caracteres morfoagronómicos más importantes para la selección de los progenitores y estimar el porcentaje de heterosis y heredabilidad en caracteres relacionados con el rendimiento y la precocidad. El trabajo experimental se desarrolló en dos fases, la siembra de cultivares procedentes de diferentes regiones geográficas y programas de mejoramiento, los cuales se cruzaron para obtener las semillas F_1 teniendo en cuenta los diseños genético estadísticos Top cross y Biparental y una segunda fase en que se estudió a los progenitores e híbridos a partir de evaluaciones del rendimiento, sus componentes, la precocidad, la calidad de los frutos y el comportamiento frente a las enfermedades. Los datos obtenidos de los progenitores fueron procesados por análisis multivariados y univariados, y los de los híbridos por análisis univariados, determinándose la heterosis comparada con la media de los progenitores. Para estimar la heredabilidad en sentido estrecho se utilizaron las esperanzas de los cuadrados medios de acuerdo al tipo de parentesco en los diseños de cruzamientos Top cross y Biparental. Se determinó que los mejores híbridos fueron Amalia x Floradel, LMN 64 x Floradel y LMN 65 x 9A. Los caracteres de mayor variabilidad en los progenitores fueron número de frutos, masa promedio de los frutos, diámetro polar y ecuatorial de los frutos, rendimiento y días a florecer y madurar los frutos. La mayor heterosis se observó para los caracteres rendimiento y número de frutos por planta, en cambio, la heredabilidad fue de valores altos para todos los caracteres estudiados, excepto para el rendimiento que fue medio. Se recomienda la obtención de la semilla híbrida de las mejores combinaciones con mayor heterosis para su prueba en condiciones de organopónicos y otros ambientes y se recomienda obtener nuevas variedades de polinización abierta a partir de la selección en poblaciones segregantes, teniendo en cuenta los valores de heredabilidad aquí encontrados.

I- Introducción

La producción hortícola se ha incrementado aceleradamente durante los últimos años a nivel mundial, debido fundamentalmente a la exigencia de la población por esta importante fuente de Vitaminas y minerales (FAO, 2006).

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), aporta más del 30% de esta producción hortícola, con una superficie de siembra superior a los 4 161 295 ha y producción de 110 513 591 t.ha⁻¹ y rendimiento promedio de 27 t.ha⁻¹ (FAO, 2005).

En Cuba, el cultivo del tomate representa alrededor del 50% de las áreas destinadas al cultivo de hortalizas y entre estas ocupa el primer lugar en importancia Pardo *et al.* (2000), sin embargo, Álvarez *et al.* (2003) refieren que el rendimiento promedio que se obtiene por área en Cuba no sobrepasa las 12 t.ha⁻¹ y considera como causas principales la carencia de cultivares altamente productivos, la utilización de cultivares no adaptados a las condiciones climáticas y las severas pérdidas de las cosechas por plagas y enfermedades.

El bajo rendimiento que se obtiene, unido al incremento de la demanda por el rápido desarrollo del turismo, ha provocado la importación de semilla de híbridos F₁ de tomate, e incluso, a la importación de los frutos frescos para su comercialización (Lawrence, 2003), lo cual Moya *et al.* (2004) consideran ha incrementado los costos de producción de esta hortaliza.

Costa Da (1998) señala, que los cultivares mejorados genéticamente ofrecen uno de los medios más efectivos para aumentar el rendimiento, disminuir los costos de producción, y que la heterosis producto de las combinaciones híbridas se manifiesta en numerosos caracteres y propiedades de las plantas, determinando en gran medida la alta productividad.

Por su parte, Ceballos (2003) señaló que en Cuba, la obtención de híbridos es de suma importancia, debido a que en las últimas décadas el país optó por la producción en casas de cultivo, utilizando híbridos indeterminados para consumo fresco, los cuales cultivados en esas condiciones alcanzan rendimiento hasta de

200 t.ha⁻¹ en un año a un costo de 25-30 dólares por metro cuadrado, atribuidos estos gastos, a las instalaciones e insumos, incluyendo las semillas importadas.

Al respecto, Moya *et al.* (2003) plantean, que en el país se están introduciendo nuevas tecnologías de cultivo que han tenido gran repercusión económica y social, tales como el cultivo protegido con diversas variantes tecnológicas de acuerdo con las posibilidades de los productores, así como la construcción de organopónicos, el desarrollo de huertos intensivos, el cultivo de parcelas y patios de autoconsumo, unido a la utilización de fertilizantes orgánicos y disminución de agrotóxicos, lo cual obliga a la búsqueda de nuevos cultivares.

Con relación a lo antes planteado, Costa Da (1998) refiere que los nuevos sistemas de producción motivan el empleo de cultivares híbridos F₁ por todas las ventajas que las hacen preferibles a los cultivares comunes, sobre todo por presentar producciones estables y resistencia a numerosas enfermedades y plagas.

A su vez, en un informe del INCA (2002) se señala, que los productores prefieren el empleo de cultivares híbridos, ya que se obtienen resultados sobresalientes en un corto período de tiempo, si se compara con los métodos tradicionales de mejora, constituyendo un camino seguro y preciso que le permite combinar caracteres favorables de ambos padres.

Entre los lineamientos económicos para la explotación de este cultivo hasta el año 2010, se prevé cubrir progresivamente el 60% de las áreas de producción bajo cultivo protegido, con semillas híbridas cubanas, Cuba MINAGRI (1999 a) motivo por el cual, la producción de semillas híbridas de tomate obtenidas y adaptadas a las condiciones tropicales, constituye un problema estratégico para nuestro país.

Esta problemática ha conllevado a que en los programas de mejora genética activos en el país en estos momentos, tengan entre sus objetivos seleccionar variedades e híbridos con características de adaptación a las variadas condiciones edafoclimáticas, así como a estrés bióticos, capaces de competir con

los híbridos importados en calidad, presencia de los frutos y resistencia a plagas y enfermedades (Moya *et al.* 2004).

No obstante, para la obtención de híbridos F_1 con las características referidas anteriormente, es determinante la adecuada selección de los progenitores a utilizar y la identificación de las mejores combinaciones híbridas (Moya *et al.*, 2005).

Para lograr tales propósitos, muchos autores como Morejón *et al* (2001), Solis *et al.* (2001), Moya *et al.* (2001 y 2003), entre otros, consideran necesario el empleo de Análisis Univariados y Multivariados como herramientas para la selección. De igual forma, Moya (1987), señala que los resultados de los Análisis Genético-estadísticos, así como determinar la heterosis y la heredabilidad de los caracteres que más influyen en el rendimiento y sus principales componentes, son importantes para el éxito en la selección de progenitores e híbridos.

Teniendo en cuenta la problemática planteada, se formuló la siguiente hipótesis:

Los métodos de hibridación en el cultivo del tomate (*Solanun Lycopersicon*) y la selección adecuada de los progenitores permiten identificar híbridos con un alto grado de heterosis en las principales variables del rendimiento.

Para dar respuesta a la hipótesis se propusieron los objetivos siguientes:

1. Determinar los caracteres morfoagronómicos más importantes para su uso en la selección de los progenitores y la evaluación de híbridos F_1 .
2. Seleccionar híbridos de tomate con características agronómicas favorables y buena calidad de los frutos para siembra en organopónicos.
3. Estimar el porcentaje de heterosis y heredabilidad en caracteres relacionados con el rendimiento y la precocidad.

II- Revisión Bibliográfica

2.1. El cultivo del tomate. Origen y domesticación

El genero *Solanum* tiene su origen en la región andina que hoy comparte Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile, teniendo sus diferentes especies un crecimiento espontáneo en esta área (Nuez, 1995).

Al respecto, Ulle (2001) supone, que los sitios de domesticación ocurrieron en México, y que el primer "mejoramiento", posiblemente fue realizado por los indígenas en la región de Veracruz. Según este autor, un argumento a favor de lo antes planteado es que ninguna forma del tomate está en la cerámica o utensilios de los pueblos primitivos de los Andes, pero si al contrario, existen pruebas históricas, lingüísticas, arqueológicas y etnobotánicas, que fue introducido por los indígenas en México, quienes lo denominaban "tomatl" o "tamath" en la lengua Nahuatl. Argumenta además, que de acuerdo a estos supuestos, el tomate migró desde la cordillera (Ecuador, Perú, Bolivia) en dirección norte a través de Ecuador, Colombia, Panamá y América Central hasta llegar a México (Figura 1), donde cesó su ruta. Hasta el momento no hay evidencias sobre el cultivo del tomate por parte de los indios de América del Norte.

Por otra parte, INFOAGRO (2003) agrega que durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero por entonces ya habían sido llevados a España por los conquistadores y servían como alimento en ese país e Italia.

La primera descripción del tomate fue publicada por el botánico Italiano Pier Anden Mattioli, en la edición del herbario de 1554, llamándolo " pomi d'oro" (manzana dorada), origen del actual nombre de esa lengua "pomodoro". Mas tarde el botánico sueco Carlos Linneo aplicó el término genérico de *Lycopersicon* como específico para el tomate (Metwaly, 1992).

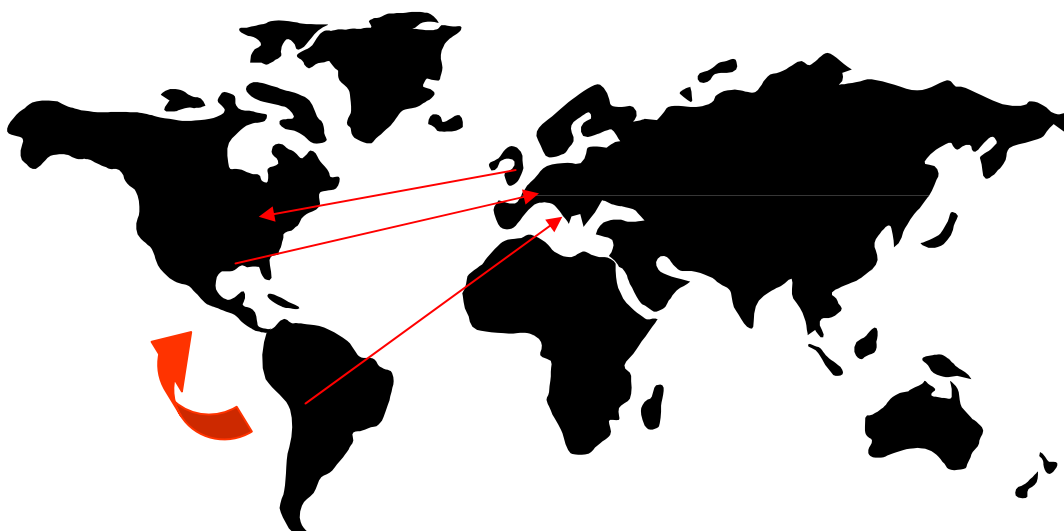


Figura 1: Mapa con las rutas de la distribución del tomate

Es un hecho demostrado, que fueron los italianos, los primeros en cultivarlo, pero como curiosidad y por el valor ornamental de los frutos, ya que se desconocía su valor alimenticio (Ulle, 2001). Además, se temía que fuera venenoso, como sus parientes, la belladona y la mandrágora, que efectivamente lo son (GRAIN, 1998).

Las cualidades venenosas del tomate son debido a la presencia de un alcaloide en el fruto inmaduro, que se degrada a componente inerte cuando se madura (INFOAGRO, 2003). En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en algunos países como Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos (Nuez, 1995).

Fue introducido en los EEUU alrededor de 1700 con los mismos fines, sin embargo, en 1820, Robert Gibbon Johnson se hizo famoso por atreverse a comer un tomate frente al Palacio de Justicia de Nueva Jersey (GRAIN, 1998). No obstante, no fue hasta

1900, que el tomate comenzó a tener una importancia hortícola a nivel mundial, siendo actualmente la principal hortaliza en numerosos países (INFOAGRO, 2003). En el presente, este cultivo crece en todas las áreas tropicales y subtropicales del mundo, debido a su rápida propagación y gran capacidad de adaptación a las mas variadas condiciones edafoclimáticas (Pérez, 2005).

2.2. Taxonomía y Genética de la especie

El tomate pertenece a la especie *Solanum Lycopersicon*, y de ahí su nombre Científico; Genero Solanum, Familia Solanaceae, Orden Scruphulariales, Clase Paeonopsida, Subdivisión magnoliophytina, División Macrophyllphyta (Peralta *et al.*, 2005).

Es una planta autógena, diploide con $2n = 24$ cromosomas y ha sido muy estudiada desde el punto de vista genético (Laterrot, 1999). Al respecto, Mello (2000) plantea que, se conocen más de 1000 genes, de los cuales aproximadamente 258 ya fueron mapeados y ubicados con gran precisión y que además, presenta alta variabilidad genética natural y elevada tasa de autopolinización que conduce a la rápida expresión de mutaciones recesivas.

Fernández (1990) refiere, que las ventajas que han provocado que esta especie se encuentre en un estado avanzado en el conocimiento genético, se debe a la facilidad con que se hacen las hibridaciones controladas, la gran cantidad de semillas obtenidas por frutos con longevidad bastante prolongada y la rapidez en obtener las progenies.

Por otra parte, Fernández (1996) menciona que la variabilidad genética observada en las especies silvestres es superior a la del tomate doméstico y es susceptible a ser aprovechada. Refiere además que se han producido introgresión genética desde las especies silvestres hacia *S. Lycopersicon* relacionadas con la resistencia a plagas y enfermedades, estrés ambientales y para algunas características del fruto, y que al parecer la domesticación de las especies cultivadas partió de la forma silvestre *S. Lycopersicon*, variedad cerasiforme, que crece de forma espontánea en América tropical, extendida por las regiones tropicales del viejo mundo.

2.3. Morfología

El tomate cultivado es una planta muy ramificada, rastrera y perenne, aunque se cultiva anual. El sistema radicular puede extenderse en un diámetro de 0.50 m alrededor del tallo principal y alcanzar 1.5 m de profundidad, aunque generalmente el 70 % de las raíces se localizan en los primeros 20 cm del suelo (Rodríguez y Álvarez, 1995).

El tallo es anguloso, recubierto en toda su longitud de pelos perfectamente visibles, muchos de los cuales, al ser de naturaleza glandular, le confieren a la planta un olor característico. Su desarrollo es variable en función del habito de crecimiento, carácter de herencia simple, el cual puede ser determinado o indeterminado (Gómez *et al.*, 2000).

La planta indeterminada se caracteriza por tener crecimiento extensivo, sin límite aparente, mientras que las determinadas presentan crecimiento compacto, erecto, ordenado y limitado, pues su crecimiento termina en un racimo floral (Morales, 1996).

Las hojas son de tamaño variable, pecioladas, bipinatisectas (con foliolos a su vez divididos) y con numerosos tricomas simples y glandulares. Se encuentran dispuestas sobre el tallo de forma alternas (Florido *et al.*, 2002).

La floración se produce en forma de racimos simples o compuestas. En los cultivares de crecimiento determinado el primer racimo aparece normalmente después de la quinta hoja y, a partir de ahí, cada una o dos hojas mientras que, en los cultivares indeterminados, suele aparecer el primer racimo después de la séptima hoja y los siguientes cada tres hojas (Lawrence, 2003).

Las flores son hermafroditas, perfectas, hipóginas y regulares, con cinco o más sépalos verdes que siguen creciendo una vez cuajado el fruto, y cinco o más pétalos de color amarillo intenso, las cuales pueden variar desde claro a más oscuro (Plana, 1996). Las flores se diferencian también de acuerdo al número de pétalos en la corola y de sépalos en el cáliz, por su tamaño pequeño o grande o por la presencia o no de pubescencia (Nuez, 1995).

Las anteras de los estambres forman un cono que rodea y cubre el estilo y estigma del ovario que está formado por dos o más carpelos. La disposición de las flores contribuye

a su autopolinización, debido a que en el momento de la antesis, el polen de las anteras pasa al estigma y mediante el proceso de autofecundación conduce a la fertilización de los óvulos, con la consiguiente formación de semillas y el cuajado del fruto (Ávila 1985)

El fruto del tomate es una baya globosa o periforme, de color generalmente rojo en la maduración, aunque algunos cultivares presentan otras coloraciones, como naranja, amarilla, verdes etc., los cuales pueden presentar diferentes formas y tamaño en dependencia del cultivar. Los de uso industrial alcanzan una masa entre 50 y 120 g, mientras que los de consumo fresco superan los 120g (Agrobit, 2003).

La superficie de la baya puede ser lisa o acostillada y en su interior se delimitan claramente los lóbulos (bilobulados o multilobulados) cuyo número y extensión en los frutos resulta uno de los factores determinantes en cuanto a la caracterización de los cultivares. La placenta es gruesa y en ella se encuentran numerosas semillas recubiertas de una sustancia mucilaginoso (Ruano y Sánchez, 1999).

2.4. Valor nutritivo y medicinal

La alimentación es una cadena de hechos que comienza en el cultivo, selección, preparación del alimento, hasta las formas de presentación y el consumo de un grupo de ellos (Universidad para todos, 2002). Por otro lado, Beverly (1998), planteó que los hábitos alimentarios se aprenden y que el atractivo de una comida y el ambiente en que se sirve, contribuyen a que una persona disfrute el alimento y lo estimule a comer.

En Cuba se ha trabajado fuertemente para poner a disposición de la población la cantidad de hortalizas per-cápita que garantice una buena salud (Universidad para todos, 2002). En los últimos años el tomate ha venido despertando gran interés entre la comunidad científica por el efecto beneficioso que tiene sobre nuestro organismo, y son cada vez más los estudios que confirman que este vegetal es una fuente inagotable de propiedades preventivas y curativas (Uni2, 2005).

Al respecto, en Naturalmedic (2005) se menciona, que los primeros estudios se centraron en los beneficios que aportaba en la prevención de ciertos cánceres, sobre todo de próstata y colon. A su vez Lago (2004) agrega, que hasta el momento ningún medicamento ha conseguido tener tantas virtudes terapéuticas como ha revelado el

tomate, que además de los mencionados anteriormente, previene los cánceres de pulmón y estómago. También señala que es un conocido desintoxicante, debido a su efecto diurético, eliminando el ácido úrico y reduciendo el colesterol, y que según los resultados de las investigaciones, las personas que consumen tomate en su dieta con cierta regularidad tienen la mitad de riesgo de sufrir un infarto que aquellos que no lo hacen.

Por otra parte, Uni2 (2005) señala que Investigaciones posteriores destacan las propiedades antienvjecimiento de una sustancia presente en el tomate, el licopeno, y cita como ejemplo de estos estudios, el llevado a cabo con un grupo de 90 monjas, en el Sur de Italia, con edades comprendidas entre los 77 y los 98 años, donde aquellas con índices mayores de licopeno en la sangre tenían una mayor agilidad a la hora de realizar todo tipo de actividades.

Es bueno señalar que el licopeno también se encuentra presente en las sandías, zanahorias, albaricoques y los pomelos, con la diferencia de que en el tomate aparece en mayor medida, hasta el punto de proporcionarnos el 90 % de la cantidad que nuestro organismo necesita (Uni2, 2005).

Los tomates constituyen una importante fuente de Vitaminas y minerales, especialmente A y C (Tabla I). Se consumen crudos en ensaladas, cocinados como ingredientes en numerosos platos gastronómicos internacionales, en salsa, etc. (Ispana, 2006).

Por otra parte, en Naturalmedic (2005) se aconseja comerlo fresco y sin cáscara ni semilla, ya que es donde se concentra la mayor cantidad de agrotóxicos, además la cáscara es indigerible, llegando a producir severos trastornos intestinales, siendo el 60% de la causa de las apendicitis. Sin embargo, la pulpa es tan maravillosa, que no debemos privarnos de su consumo. También se utilizan para aclarar la voz, garganta, etc. (Lago, 2004).

Tabla I. Valor nutritivo del tomate

COMPOSICIÓN (POR 100 GRAMOS)					
Agua (g)	93	Calcio (mg)	13	Tiamina (mg)	0.06
Calorías (Kcal)	14	Magnesio (mg)	11	Riboflavina (mg)	0.04
Proteínas (g)	0.9	Fósforo (mg)	22	Triptófano (mg)	50.0
Lípidos	0.0	Hierro (mg)	0.4	Vitamina B6 (mg)	0.11
Carbohidratos (g)	2.8	Cobre (mg)	0.1	Vitamina B12 (g)	1.20
Nitrógeno total(g)	0.1	Cinc (mg)	0.2	Ácido fólico ((g)	28.0
Fibra alimentaria	1.5	Cloro (mg)	51	Biotina (g)	1.50
Sodio (mg)	3.0	Caroteno (mg)	0.6	Niacina (mg)	0.60
Potasio (mg)	290	Vitamina E (mg)	1.2	Vitamina C	20.0

2.5. Producción mundial de tomate

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio (Gómez y Rodríguez, 2004).

Según datos de la FAO (2002), el incremento de la producción agrícola en el mundo entre 1950-1990 puede evaluarse en más de un 140 %. Al respecto, Villarreal (1999) considera que al menos el 50 % de este incremento puede atribuirse, sin lugar a dudas, a un solo factor, las nuevas variedades vegetales.

Lo antes planteado se corrobora al analizar la Tabla II, donde se muestra el comportamiento de la producción de tomate en algunos países. A pesar de ser China el mayor productor del mundo, no es precisamente el que alcanza los mayores rendimientos por áreas, lo que explica que esas grandes producciones son debido al elevado número de áreas que le son destinadas al cultivo, mientras que otros como los Países bajos, Francia, Israel etc., logran incrementar los rendimientos basándose fundamentalmente en el potencial de sus cultivares (Pérez, 2005).

Se plantea, que el incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada. Es por esto que la obtención de nuevos cultivares es un objetivo

continuado por las diferentes casas comercializadoras de semillas abordado desde perspectivas muy distintas (INFOAGRO, 2003).

Por otra parte, la competencia en el mercado del fruto fresco de tomate, hace que los sistemas de comercialización planteen la obtención de una nueva gama de productos relacionado con la calidad del mismo, tanto interna como externa que permita llegar a un segmento de mercado definido, siendo uno de los parámetros más importantes para su comercialización (INFOAGRO, 2003).

Fernández *et al.* (1992) planteó, que para garantizar el éxito en el mercado la producción por un determinado tipo de fruto depende de los diferentes hábitos de consumo, época del año y utilización que se haga de los mismos, por lo que debe tenerse en cuenta algunos parámetros como el número de frutos y el calibre; por ejemplo, el mercado norteamericano demanda racimos de 4-5 frutos y calibres grandes y supergrandes, mientras que el británico al contrario demanda racimos de 8-9 frutos y calibres medianos.

Al respecto, en INFOAGRO (2003) se señala, que el mercado Francés prefiere los tomates rojos de calibre entre 5.7cm y 7.7cm; el consumidor Alemán demanda tomates con calibres similares, rojos en invierno y pintón en verano; en Italia se prefieren tomates pintones de 5.7cm a 7.7cm y también, aunque en menor cantidad de calibres pequeños a 3.7cm. Los consumidores del Reino Unido, Holanda y los países escandinavos, prefieren tomates pintones de calibre entre 3.7 y 5.7cm.

Tabla II. Producción mundial de tomate y en algunos países durante el 2005

Producción	Sup. cultivada (ha)	Producción (Mt)	Rendimiento Hg/Ha
Mundo	4,528,519	124,748,292	275,473
América Latina y Caribe	-	9,913,890	-
Brasil	58,385	3,303,530	565,818
Cuba	60,000	800,000	133,333
Chile	18,500	1,230,000	664,865
China	1,305,053	31,644,040	242,473
Egipto	195,000	7,600,000	389,744
España	70,400	4,473,573	635,451
Estados Unidos	172,810	12,766,000	738,730
Federación de Rusia	146,000	1,980,000	135,616
Francia	2,900	630,600	2,174,483
Grecia	39,000	1,700,000	435,897
India	540,000	7,600,000	140,741
Israel	3,400	405,000	1,191,177
Italia	141,258	7,814,899	553,236
Japón	13,000	760,000	584,615
México	67,084	2,148,130	320,215
Países Bajos	1,300	645,000	4,961,539

Fuente: FAOSTAT (2005).

Por otra parte, Cuartero y Báguena (1990), mencionan que en el mercado español se prefieren frutos gruesos entre 6.7 y 8.7cm, maduros en invierno y pintones durante el resto del año, incluso con los hombros de coloración verde más intenso, mientras que en Estados Unidos se admiten con coloración rosada, frutos que no serían bien aceptados en Europa.

2.6. Producción de tomate en Cuba. Importancia de los híbridos

La gran revolución de los rendimientos tiene como punto de partida muy importante la producción de semilla de alta calidad que garantiza la máxima expresión de las características genéticas de las variedades e híbridos utilizados (GRAIN, 1998). Agrega además, que el tomate representa la mitad del mercado mundial de semillas de hortalizas, calculado en 1600 millones de dólares, y que según la Asociación Internacional de Productores de Semillas FIS/ASS INSEL (1998), el sector de la semilla de tomate está dominado actualmente por seis compañías multinacionales.

En el mercado internacional, las semillas de tomate presentan un valor alto variando en dependencia de su origen, siendo las semillas híbridas, comercializadas a mayor precio. Esta situación obliga a los países productores de tomate de menor desarrollo tecnológico, desarrollar la producción de semilla de esta especie por métodos adaptados a las necesidades de los productores de cada localidad, los intereses de estos y las condiciones edafoclimáticas del lugar (Ríos *et al.*, 1997).

Para lograr este propósito es imprescindible agregar a las modernizaciones tecnológicas que se ejecuten y otros esfuerzos que se realizan, el desarrollo de las instalaciones que se dedican a la producción de semillas, incluyendo como aspecto prioritario, la preparación teórico-práctico del personal que labora en las mismas (Moya *et al.*, 2005).

En Cuba se han obtenido híbridos promisorios de tomate y desarrollado metodologías adaptadas a las condiciones tropicales para la obtención de sus semillas Cuba MINAGRI 1998(a). Las semillas híbridas son usadas principalmente para siembras tempranas o tardías, siembras en casa de cristal o cultivo sin suelo; de ahí la necesidad de estudiar la posibilidad de su producción en Cuba, así como obtener diferentes metodologías de producción de las semillas, a fin de lograr una rápida y económica producción de híbridos con buenas características agronómicas y de mercado (Díaz, 1986).

El uso de semilla híbrida se incrementara en los próximos años, estimándose que en el 2010, el país tendrá que invertir grandes sumas para comprar la semilla necesaria para una campaña, por lo que la obtención de un híbrido de tomate capaz de competir con los híbridos importados es un reto para los investigadores y técnicos relacionados con esa actividad (Cuba MINAGRI, 1998 b).

El híbrido a obtener debe reunir un grupo de características que lo hagan superior a los importados, siendo las más importantes (Cuba MINAGRI, 1999 a):

- Rendimiento superior a 100 t/ha^{-1} Resistencia a *Stemphylium solani*, *Alternaria solani*, *Fusarium spp*, TMVO, TYLCV y nematodos pertenecientes al género *Meloidogyne*.

- Frutos grandes con genes de larga vida.
- Color, sabor, textura y buena presencia según los gustos del consumidor
- Adaptación a las condiciones del trópico.

2.7. Generalidades sobre la calidad del tomate

Anza *et al.* (2005), plantean que la calidad de los tomates, debe entenderse, como el grado de aceptación por parte de los consumidores, primando cada vez más sobre otra serie de factores, si se quiere ofertar un producto competitivo. Asegura además, que el desconocimiento sobre la calidad de los tomates es grande y abarca distintos aspectos por lo que considera importante identificar los parámetros que definen la calidad del tomate, caracterizar el efecto de la variedad cultivada sobre la calidad de los frutos, así como la repercusión de los parámetros climáticos sobre la fluctuación de la calidad en los diferentes ciclos de producción.

Los atributos externos del tomate que pueden ser percibidos por la vista y el tacto, determinan la elección inicial por el consumidor, sin embargo, esto no es una garantía de la calidad sensorial interna caracterizada por sabor, olor y textura, que aunque la decisión inicial de compra se realice en base al aspecto, las adquisiciones posteriores dependen fundamentalmente de la evaluación que el consumidor establece en el momento del consumo (Shewfelt, 1990, Pérez, 2005).

Por otra parte, Ruiz-Santaella (2003) señaló, que en sentido general, el tomate ha adquirido progresivamente gran diversidad tanto en su aspecto exterior (forma, tamaño y color), como en su aspecto interior (sabor, textura, dureza, etc.; además de la calidad interna expresado en sólidos solubles totales, siendo este el de mayor influencia sobre el rendimiento industrial.

Nuez (1995) refiere que los azúcares constituyen la mayoría de los sólidos solubles en los cultivares comerciales de tomate con valores entre 1.5 y 4.5% del peso fresco, lo que equivale al 65% de los sólidos solubles totales. Menciona además, que cuando el fruto alcanza el color amarillento experimenta un brusco aumento en el contenido de azúcares, aumentando paulatinamente durante la maduración, por lo que la recolección temprana afecta negativamente el contenido de azúcares.

El sombreado, el descenso de la duración de la luz y la eliminación de las hojas disminuye el contenido de azúcares, siendo seriamente afectado por exceso de fertilización nitrogenada (Nuez 1995).

Ruiz-Santaella (2003) considera, que la acidez total y azúcares reductores influyen sobre el sabor. La primera suele oscilar entre 0,35 y 0,40 g/100 cc de zumo y los azúcares reductores entre 2,5 y 3,0 g/100 cc. Castilla (1985) indica, que con elevadas temperaturas, la acidez del fruto es menor, por lo que desmerece el sabor.

No obstante, Nuez (1995) plantea que los ácidos orgánicos son importantes no sólo por su efecto sobre el sabor sino, por su efecto en los procesos de industrialización, siendo el ácido cítrico el predominante en el fruto maduro, seguido del málico. Otros ácidos como el fórmico, trasaconitríco son minoritarios. Agrega además, que la acidez se encuentra fundamentalmente en la cavidad locular y es relativamente baja en el mesocarpio externo. Por último, refiere que la masa seca es uno de los índices más importantes del rendimiento y calidad del fruto, corroborando lo planteado por Nuez (1995) acerca de la importancia de disponer de cultivares destinados a la industria para concentrado con elevado contenido de masa seca ya que influye sobre el rendimiento en la industria.

Gómez *et al.* (2000) plantean, que es un concepto poco preciso que depende fundamentalmente del objetivo para el cual se vaya a emplear el fruto, donde los parámetros sólidos solubles, azúcares reductores, acidez y pH son importantes tanto para el tomate de consumo en fresco como para el de industria. Otros como sabor y tiempo de vida una vez cosechados, son más importantes en el caso del tomate para consumo en fresco.

2.8. Mejoramiento genético del tomate

Las primeras informaciones publicadas sobre experimentación y mejoramiento del tomate en Cuba datan de principios del siglo pasado, cuando en el primer informe anual de la Estación Experimental Agronómica, 1905, hoy Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT), refieren sobre el trabajo de hibridación que se realizaría con el objetivo de combinar las mejores características del tomate importado, con el ciclo largo de cosecha de la variedad

existente en el país, con lo que se obtendrían cultivares con mayor adaptación a las condiciones de Cuba y calidad de los frutos (Moya y Fernández, 1990).

Desde hace más de 20 años en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas se comenzó un programa de mejoramiento genético en el cultivo del tomate, encaminado a la obtención de nuevos cultivares con mayor adaptación a las condiciones tropicales del país; donde se han explotado diferentes técnicas para la creación de variabilidad genética, destacándose la hibridación y selección, además de la variación somaclonal y la inducción de mutaciones, así como métodos de screening y selección para condiciones de altas temperaturas (Álvarez, 2003).

Costa Da (1998), definió el mejoramiento genético como una forma de evolución que depende en gran medida de las mismas normas que regulan la evolución de las especies naturales, pero diferenciándose en que la selección natural ha sido reemplazada en alto grado por la selección artificial del hombre.

Mediante el mejoramiento genético se procura desarrollar aquellos caracteres y cualidades internas y externas de las plantas, que en función de las condiciones concretas de producción, posibiliten una alta efectividad económica (Pérez-Ponce, 1998).

Por esta razón, el objetivo del programa de mejoramiento es lograr el idiotipo de frutos de acuerdo al país, destino del fruto (mercado fresco o industria) o tipo de cultivar a emplear de acuerdo al hábito de crecimiento, rendimiento etc. (Nickel, 1990).

Gómez *et al.* (2000) refieren que la producción de tomate en el trópico se establece en diferentes tipos de unidades que definen su sistema de producción, y que estas unidades van desde las pequeñas parcelas de subsistencia del agricultor, diferentes tipos de huertos (familiar, escolar, urbano y comercial) hasta la producción en grandes cooperativas, corporaciones, empresas privadas o estatales, donde cada uno de estos sistemas de producción emplean diferentes tecnologías, lo cual determina el tipo de cultivar a emplear.

Generalmente, todo programa de mejora comienza con la introducción masiva de germoplasma de diversos orígenes a fin de evaluarlos y destacar el de mayor interés (Gómez *et al.*, 2000). Al respecto, Álvarez *et al.* (2003) señalan, que los trabajos de

obtención de nuevos cultivares de tomate dependerán del sistema de producción y tecnología a emplear, con el fin de obtener cultivares para todas las variantes de producción existente.

En Cuba la mejora genética está dirigida fundamentalmente a la obtención de genotipos estables que superen en uno o más caracteres a las variedades cultivadas en la actualidad, y que además, presenten resistencia a las principales plagas y enfermedades, así como, larga conservación del fruto (Morales *et al.*, 1997; Pérez, 1998 y Acyt, 2003).

Las principales plagas, enfermedades y virus que afectan el cultivo del tomate, han sido mencionadas por numerosos investigadores como Figueredo (1999), Gómez *et al.* (2000), Murguido (2003) y Álvarez *et al.* (2003).

Arteche *et al.* (2005) señalan que la explotación de pocas variedades altamente emparentadas en áreas extensas, eleva la incidencia de las epidemias y la aparición de nuevos patógenos.

Sin embargo, Lara (2005) refiere que aún cuando la base genética del tomate cultivado es muy estrecha, se han logrado avances considerables en la mejora de esta especie, gracias a la transferencia de genes desde las especies silvestres de *Solanum* hacia *S. Lycopersicon*, no obstante, las especies silvestres son aún un recurso genético que tiene potencialidades sin explotar, debido a su gran rango y diversidad.

El más significativo aporte al mejoramiento del tomate fue el de la Universidad de California, USA, que cuenta con la colección más grande del género *Lycopersicon*, debidamente conservada y clasificada, que incluye especies silvestres y líneas isogénicas Rick 1990, citado por (INIFAT, 2003). A partir de estos valiosos recursos genéticos, los trabajos de mejora se han ido desarrollando sobre la base de los métodos convencionales y biotecnológicos.

Existen diferentes métodos para el mejoramiento genético. Según Philouze y Laterrot (1992), el método a utilizar depende de los objetivos de mejora trazados. En la actualidad la mayoría de los cultivares existentes, han sido desarrollados por los métodos clásicos y a pesar de que cada día se utilizan híbridos F₁ con mayor frecuencia, en los países menos avanzados donde el precio de la semilla híbrida es

demasiado alto, se hace conveniente proseguir el mejoramiento de variedades introduciendo a ellas resistencia a las principales enfermedades (Moya, 2003).

Resumiendo el trabajo de mejoramiento llevado a cabo en el país, Plana (2000) puntualizó, que el mejoramiento genético del tomate, ha permitido que se cuente actualmente con una colección de líneas y variedades de tomate con alta variabilidad genética y mayor adaptación a las condiciones climáticas. A su vez, Cuba MINAGRI (2002) y Moya *et al.* (2005) destacan, que los cultivares Amalia, Vyta, Lignon y Rilia ocuparon más del 60% del área sembrada de tomate en la campaña 2001-2002.

2.8.1. Selección

Hasta mediados del siglo pasado, la selección fue el principal método de mejoramiento. Sin embargo, esta sólo puede actuar sobre caracteres heredables, por lo que no puede crear variabilidad, actúa solamente sobre la que ya existe (Allard 1967) .

En la actualidad este método mantiene singular importancia para el mejoramiento genético en condiciones marginales o sostenibles, cuando se trabajan con cultivares primitivos o variedades autóctonas (Ceccarelli, 1996). El propio autor plantea que en plantas autógamas se puede realizar la selección sin la complicación de cruces artificiales, así como elegir individuos sin el enmascaramiento de la heterosis.

Cuando la heterogeneidad intragenotipo de los cultivares primitivos es producto de cruces naturales, la selección para condiciones adversas se ve favorecida por estar en concordancia con la selección natural (Ríos *et al.*, 1997).

Sobre el tema, Sarkarung (1995) menciona, que en el mejoramiento genético la participación directa de los campesinos, ha sido una de las vías efectivas para aumentar el espectro varietal en las localidades. Con relación a la selección y participación campesina, GRAIN (1994), expone ejemplos de redes para el mejoramiento genético, donde cultivares de maíz seleccionadas a partir de genotipos autóctonos mostraron rendimientos más elevados que los híbridos y variedades producidos por las compañías de semillas y estaciones experimentales.

Otro de los cultivares que se han obtenido recientemente a través de este método es la variedad de tomate Mara, con cierto grado de tolerancia en las pruebas de campo frente a virus (TOMV y TYCLV), bacterias (*Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoris* Didge Dows). y hongos (*Stemphylium salani* y *Alternaria solani* Elly Mart) (Moya et al. 2004).

2.8.2. Incremento de la variabilidad genética

2.8.2.1. Hibridación

La hibridación fue una de las técnicas más antiguas y espectaculares que permitió al mejorador trabajar con poblaciones más grandes y combinar los caracteres útiles de dos o más fuentes, o sea, incrementar la variabilidad genética de determinados caracteres, procurando introducir en un solo genotipo, genes deseables que se encuentran en dos o mas genotipos diferentes (Plana, 1996).

Díaz (1986) considera, que el valor del cruzamiento es similar al que se tiene para la evolución, ya que amplía considerablemente la base genotípica para la selección acortando el tiempo en los resultados de la mejora.

Algunos autores como Morales et al. (1997) y Plana et al., (2003) refieren sobre los trabajos que han desarrollado los mejoradores en la obtención de nuevos cultivares a través de la hibridación con el propósito de poder disponer de nuevos cultivares mejor adaptados a las condiciones del suelo y clima, los cuales a su vez, superen a los existentes en rendimiento, resistencia a estrés biótico y abiótico, calidad del fruto o al menos en uno o más caracteres a los cultivares cultivados en la actualidad.

Al respecto, Álvarez et al. (2003) señalan que el método de mejora por hibridación ha sido el que ha originado mayor número de cultivares, permitiendo en gran medida la combinación de genes favorables de cultivares de reconocida productividad, calidad de los frutos y resistencia a enfermedades, mediante esquemas de selección rigurosos durante numerosos años en las condiciones de clima cubano.

2.8.2.2. Radiomutagénesis, variación somaclonal y trangenesis

A diferencia de las técnicas de cruce entre especies que implican un movimiento y recombinación al azar de los genes, existen otros métodos que permiten crear

variabilidad y que son usadas por los especialistas para el mejoramiento genético (Cuba, 1997; Plana *et al.*, 1999; NUFS, 2002; ISAAA, 2003).

Dentro de las técnicas referidas anteriormente se encuentran la inducción de mutaciones, la cual constituye una valiosa vía para alterar los genes, creando variabilidad genética no existente en la especie bajo condiciones naturales o que aparezcan ligadas a genes indeseables, acortando el tiempo para obtener nuevos cultivares (Peneyambeko, 1995; Fé De la *et al.* 1996).

Por su parte, Oliva (1998) señaló, que otra vía de mejoramiento es logrado, a través de la variación somaclonal, originada en las plantas obtenidas mediante el cultivo de tejido. Si bien este método, no sustituye al método clásico de mejoramiento, si posee algunas ventajas al facilitar resultados más rápidos, posibilidad de mejorar para pocos caracteres manteniendo el resto del genotipo y caracteres relacionados con problemas en la reproducción sexual (Morales *et al.* 1996 b; Ahloowalia, 1997).

Sin embargo, la identificación, aislamiento y transferencia de genes individuales, es un nuevo método que posibilita la obtención de organismos modificados genéticamente, llamados cultivos transgénicos, los cuales se les han modificado sus rasgos genéticos hereditarios, añadiéndoles otros materiales genéticos que les atribuye características deseables, tales como: menos reblandecimiento, mejor color o sabor, mayor resistencia a las enfermedades, u otras características (Don Fisz, 1999; James, 2003; Moraleda, 2003).

Stevens (1994) planteó, que el mejorador de tomate de éxito del futuro, será aquel que sea capaz de combinar tres componentes de la mejora moderna del tomate: el arte del mejoramiento de plantas, identificar e introgresar genes de especies silvestres y el acceso y empleo de genes de otras especies usando las técnicas de ADN recombinante, todo lo cual conllevará a la búsqueda de resultados más desafiantes y excitantes de lo que han sido hasta ahora.

2.9. Obtención de híbridos

Desde principio del siglo pasado, Wellington (1912), publicó sus resultados reflejando el efecto del cruzamiento en los rendimientos del tomate y destacando que el nivel de los

híbridos superaba marcadamente a los progenitores en precocidad y rendimiento total, por lo que el propio autor en 1922, basándose en su experiencia, propone la siembra aplicada de tomate híbrido.

Según Yordanov (1983), el primer paso para la producción a gran escala fue la organización de la producción de semillas híbridas que tuvo lugar en Bulgaria en la década del 30.

También en 1934 fueron obtenidos otros cultivares híbridos, reportados por Crane (1944), marcando el inicio del proceso de intensificación de las investigaciones tendientes a optimizar los métodos de producción de semillas híbridas, apareciendo los primeros cultivares híbridos Burfees Big Boy, Ford Kock Hybrid y Clinton Hybrids, los cuales se introdujeron en otros países por su considerable precocidad, calidad de los frutos y adaptabilidad.

En los países más desarrollados en la producción de este cultivo como Italia, Francia, USA, Japón, Rusia, Bulgaria y Hungría, etc., utilizan distintos métodos para la producción de híbridos, que van desde la polinización manual hasta los métodos más especializados como el uso de mutantes androestériles y marcadores genéticos para garantizar los resultados (Díaz, 1986).

Los híbridos F_1 se justifican en el tomate por un cierto número de ventajas que presentan con relación a las variedades. Manifiestan cierto efecto de heterosis, permiten acumular muy rápidamente cualidades como la precocidad, forma y tamaño del fruto y resistencia a enfermedades, las cuales están dispersas en diferentes cultivares (Rodríguez y Piñón, 1999).

A su vez, Díaz *et al.* (1999), plantea que el desarrollo de la agricultura cubana y su relación en el contexto mundial, precisa el uso de híbridos F_1 por las posibilidades que ofrecen de acumular genes dominantes para la resistencia a diversas enfermedades y la conservación del fruto, además de permitir la protección varietal.

Actualmente en Cuba se trabaja en la obtención de híbridos F_1 de alto rendimiento y que además, reúnan características de resistencia múltiple y larga conservación de la maduración de los frutos para cultivar en el trópico en condiciones protegidas (Gómez *et al.*, 1997).

2.9.1. Selección de progenitores

El objetivo en la selección debe estar orientado a identificar genotipos superiores que transmitirán sus características deseables a las generaciones futuras (Watkin, 1965).

Según Castillo *et al.* (2000), la selección de progenitores constituye un paso importante en el éxito de los programas de mejoramiento, y debe basarse en criterios que determinen con precisión la selección adecuada.

Es por esto que la clasificación y selección de genotipos en los programas de mejoramiento ha sido una tarea de suma importancia para el mejorador, ya que existe una interrelación de varios caracteres que hace que un cultivar sea superior a otra (Morejón *et al.*, 2001).

Al respecto, Arteche *et al.* (2005) recomiendan buscar nuevas fuentes genéticas, poco o no relacionadas entre si, como estrategia para elevar la expresión de los requisitos varietales por acumulación de los alelos favorables y de mecanismos de acción diferentes. Basándose en estos criterios, los mismos autores crearon un programa de computación para optimizar la composición de la estructura varietal y la recomendación de progenitores sobre la base de su diversidad genética.

2.9.1.1. Estimación de parámetros genético-estadístico, dirigido a la selección de progenitores y evaluación de las F₁

La selección de progenitores para los programas de obtención de híbridos F₁, debe incluir estudios sobre parámetros genéticos, los cuales aún son escasos en muchos cultivos, dada la continua introducción de nuevas tecnologías de cultivo en la agricultura cubana (Díaz, 1986; Díaz *et al.*, 1999).

Al respecto, Moya *et al.* (1996) agregaron que el mejoramiento de plantas contempla la evaluación de germoplasma, selección de los individuos superiores y el uso de los mejores en la creación de cultivares superiores, donde la estimación de los parámetros genéticos es muy útil en los tres estadios, pues nos sirven para predecir las ganancias por selección y orientar el desarrollo más adecuado del programa de mejoramiento.

Zhou *et al.* (2002), señalan que los indicadores de consanguinidad y relación genética han sido empleados por los fitomejoradores para auxiliar la selección de progenitores, obtener híbridos heteróticos y elevar la eficiencia de las hibridaciones introgresivas y etapas de fijación genética.

2.9.1.2. Determinación de la habilidad combinatoria general (HCG) y la habilidad combinatoria específica (HCE)

La habilidad combinatoria no es más que la posibilidad que tienen los cultivares utilizados como progenitores para producir altos efectos en los cruces F_1 (Díaz, 1986).

Los resultados de los análisis de la habilidad combinatoria general (HCG) nos indica la posibilidad que tiene un progenitor de combinarse adecuadamente con un grupo grande de ellos, en tanto que la habilidad combinatoria específica (HCE) es la posibilidad que tienen dos progenitores de dar buenas combinaciones entre ellas Griffing, 1956, citado por (Moya, 1987).

Algunos investigadores como Bradshaw (1994), Trognitz (1995), entre otros, mencionan la importancia para el inicio de un programa de mejoramiento por la vía convencional de hibridación y conocer la habilidad para el cruzamiento como progenitores.

Los primeros trabajos para determinar los valores de HCG y HCE fueron auxiliados por métodos matemáticos. Sin embargo, en la actualidad, se pueden utilizar diversos diseños genéticos de cruzamiento, los cuales brindan una información más completa que permite medir los distintos tipos de acción génica involucrados en el control de los caracteres cuantitativos tanto en plantas autógamias como alógamas. En la literatura aparecen numerosos estudios de habilidad combinatoria realizados en tomate. Yordanov (1983) reportó los efectos positivos de la hibridación en el incremento de la producción y precocidad del tomate.

Horner y Lana, citados por Alvarado *et al.* (1972) mencionaron que si los efectos de HCG son grandes, se puede a partir de ellos, predecir cuáles serán los mejores híbridos en el tomate, si estos guardan estrecha relación con el comportamiento de los padres.

Por su parte, Ávila (1985) manifestó que el peso del fruto puede ser el resultado de la acción de genes con efecto aditivo y alguna tendencia hacia la dominancia de mayor peso.

Varios autores citados por Morales (1997), informaron la presencia de la acción génica aditiva para el carácter número de frutos por planta. Mientras que Pierce (1983), encontró la misma acción génica aditiva para el carácter de producción precoz.

En INIFAT (2003), se hizo referencia sobre resultados obtenidos por otros autores, quienes demostraron que las acciones génicas aditiva y no aditiva participaron de conjunto significativamente en la manifestación de los caracteres número de frutos por planta y número de inflorescencias por planta, indicando que cualquier sistema de selección o la explotación de la heterosis puede ser utilizados como estrategias para mejorar estos caracteres.

El número de frutos por inflorescencia estuvo condicionado principalmente por la acción génica no aditiva (dominancia) indicando que la explotación de la heterosis es la mejor alternativa para mejorar este carácter. Por su parte, Martínez (1983), reportó estimados de la HCG y HCE en tomate donde encontró altos valores de aditividad para el peso de los frutos y bajo para el rendimiento y número de frutos.

En tanto, Díaz (1986) y Moya (1987), encontraron efectos significativos de HCG y HCE para los caracteres rendimientos, número de frutos por planta, peso de los frutos, diámetro de los frutos y días a floración en la época de invierno.

2.9.1.3. Estimación de la heterosis

El uso de la heterosis se confirma cada vez más como un concepto básico de selección de progenitores a utilizar en los programas de mejoramiento, aplicado a un buen número de cultivos para desarrollar individuos con precocidad, altos rendimientos, uniformidad y combinar con otros caracteres económicos valiosos (Díaz, 1986). Refiere además, que la explotación del vigor híbrido a través del cruce en diferentes especies, cultivares o líneas, abrió nuevas vías al mejoramiento de las plantas cultivadas.

Cuando cruzamos dos líneas puras (homocigóticas) generalmente se obtiene una descendencia que es superior en casi todas las características morfológicas y fisiológicas, así como de adaptabilidad a cualquiera de los padres que intervienen en su formación. Este fenómeno llamado heterosis, estaría dado por la reaparición de la heterocigosidad en los genes que estaban al estado homocigótico en las líneas puras (Fortunecity, 2004).

Dascaloff (1932), comenzó los estudios de heterosis en tomate desarrollando un cultivar F_1 destinado a casa de cristal y para la producción, debido a su precocidad y alto rendimiento por encima de sus padres, además de resultar muy estable.

Después de la segunda guerra mundial, en Holanda se intensificó el empleo de híbridos para explotar la heterosis en tomate, al igual que en Inglaterra, USA, Japón, Bulgaria, URSS, etc., provocando que en la década del 60, la producción de semillas híbridas en tomate aumentara de 10 a 13 T/año (Díaz, 1986).

Más tarde muchos autores en diferentes países han hecho estudios más detallados de las manifestaciones prácticas de la heterosis, demostrando las irrefutables ventajas de los híbridos F_1 y las posibilidades de extensión a la producción (Díaz, 1986). Sin embargo, la propia autora plantea que las manifestaciones de la heterosis no han sido totalmente dilucidadas y que cualquier investigación en este campo contribuye a la explicación práctica del método.

Al respecto, González (1996) asegura, que lo ideal sería poder realizar los cruzamientos, valorar las progenies y predecir aquellas combinaciones híbridas que resulten con heterosis positiva.

Es por ello que los estudios de la heterosis, con el objetivo de identificar combinaciones híbridas más productivas y estables, han ocupado la atención de numerosos investigadores en la mayor parte de los países productores de este cultivo (Díaz, 1986).

Refiriéndose al tomate, Rick (1960), expresó que a pesar de ser una planta autógama, se manifiesta una fuerte heterosis, característica de las poblaciones alógamas ya que los híbridos provienen de cruzamientos entre líneas consanguíneas procedentes de especies que tienen polinización cruzada en una proporción considerable.

Rodríguez y Piñón (2004), aseguran que la heterosis en el tomate se manifiesta de forma más neta en la medida en que las condiciones del medio sean menos favorables, y que sólo en aquellos híbridos cuyos parentales son suficientemente diferentes los genes se complementan. La heterosis puede ser casi nula en híbridos entre líneas vecinas. Tales híbridos se hacen para acumular caracteres dominantes de interés.

En la actualidad existen híbridos comerciales de muchas plantas cultivadas a los cuales se le explota la heterosis para aumentar los rendimientos o mejorar la calidad de las cosechas (Fortunecity, 2004).

2.9.1.4. Estimación de la Heredabilidad

La heredabilidad de un carácter puede estar afectado por diversas situaciones, tales como la naturaleza de la variabilidad genética definida, las unidades experimentales consideradas y la población a las que van dirigidas las inferencias (Hanson, 1963). Este mismo autor definió la heredabilidad en dos formas: en sentido amplio y en sentido estrecho.

En el primer caso, influyen sobre la variabilidad diversos tipos de acciones génicas que comprenden efectos aditivos, efectos de dominancia, de epistasis y efectos de interacción de genes con el ambiente. Con respecto a la heredabilidad en sentido estrecho, Costa Da (1998) planteó, que es la relación entre la varianza genética de tipo aditivo y la varianza fenotípica total; comprende la fracción de las diferencias entre los padres y que se espera recobrar en la progenie o descendencia, por tanto, sólo se considera la parte de varianza genotípica proveniente del efecto aditivo de los genes.

Es importante tener en cuenta que la heredabilidad no es una propiedad del carácter únicamente, sino que también lo es de la población y de las circunstancias ambientales a las cuales están sujetos los individuos puesto que el valor de la heredabilidad depende de la magnitud de los componentes de la varianza (Falconer, 1970).

Por su parte, Dobzhansky (2004) considera que si la heredabilidad es baja, los factores ambientales son la causa de la mayor parte de la variación y por consiguiente, el beneficio genético obtenido por selección será limitado o nulo.

Vallejo y Lobo (1994) presentan las siguientes razones que justifican la necesidad de estimar la heredabilidad:

- Cuando la heredabilidad en sentido estrecho sea alta, debe darse prioridad a la selección masal y a medida que el valor de la heredabilidad vaya siendo menor debe darse atención al método del pedigree y a pruebas de progenie.
- Cuando la varianza epistática sea relativamente alta debe darse prioridad a la selección entre familias.
- Si la sobre dominancia es notable, el sistema a seguir es la endocría con el fin de producir híbridos comerciales.
- Cuando la varianza debido a la interacción genotipo x ambiente es alta, el sistema a seguir es el de producir cultivares para cada zona ecológica.

III- MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en el Departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ubicado en el municipio San José de las Lajas, a 23° 00 de latitud norte, 82° 12 de longitud oeste y 138 m sobre el nivel del mar, Academia de Ciencias de Cuba (1989), Provincia La Habana.

Los experimentos se sembraron en canaletas de asbesto cemento de 1m de ancho y 23 m de largo con pasillos entre canaletas de 1m. Se utilizó como sustrato una mezcla de Suelo Ferralítico Rojo Lixiviado Cuba MINAGRI (1999 b) y cachaza en proporción 3:1, con pH de 6.2.

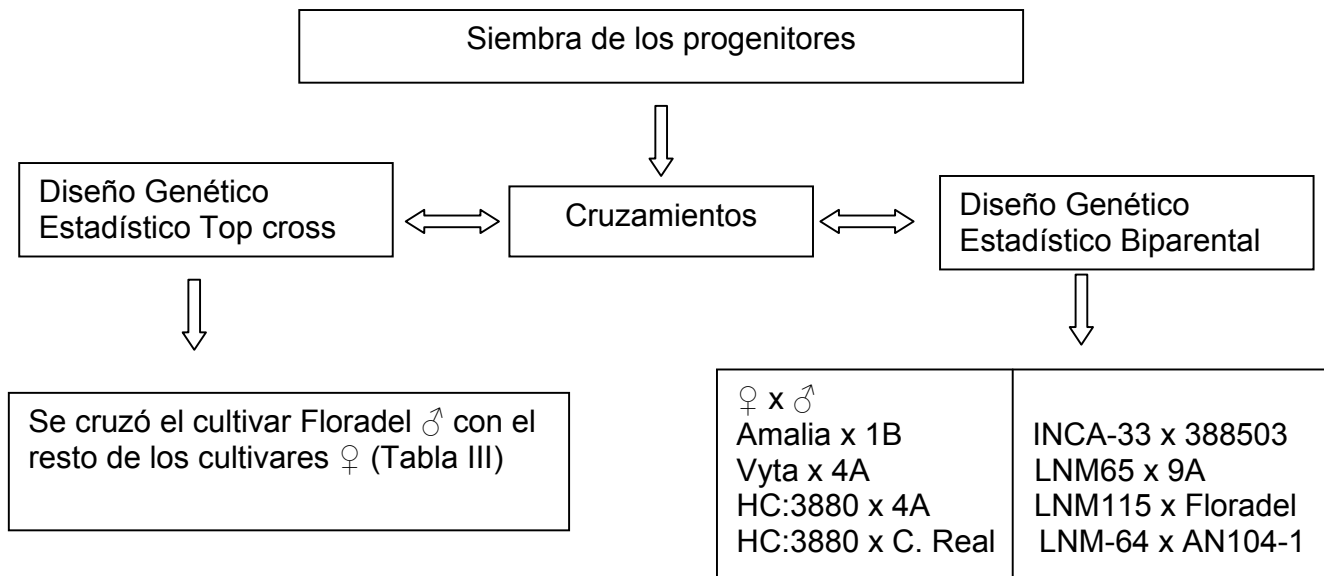
El riego se efectuó mediante microaspersores colocados a 50cm unos de otros. Las aplicaciones fitosanitarias, fertilización y demás atenciones culturales se realizaron de acuerdo a lo recomendado para el cultivo (Cuba MINAGRI, 1998 b).

El trabajo se llevó a cabo siguiendo el esquema que se muestra en la figura 2.

3.1. Programa de cruzamientos. Experimento 1

Se utilizaron como progenitores cultivares procedentes de diferentes regiones geográficas y distintos programas de mejora, buscando diferencias genéticas entre ellos (Tabla III).

Experimento 1: Programa de cruzamientos



Experimento. 2: Evaluación de los Progenitores e híbridos

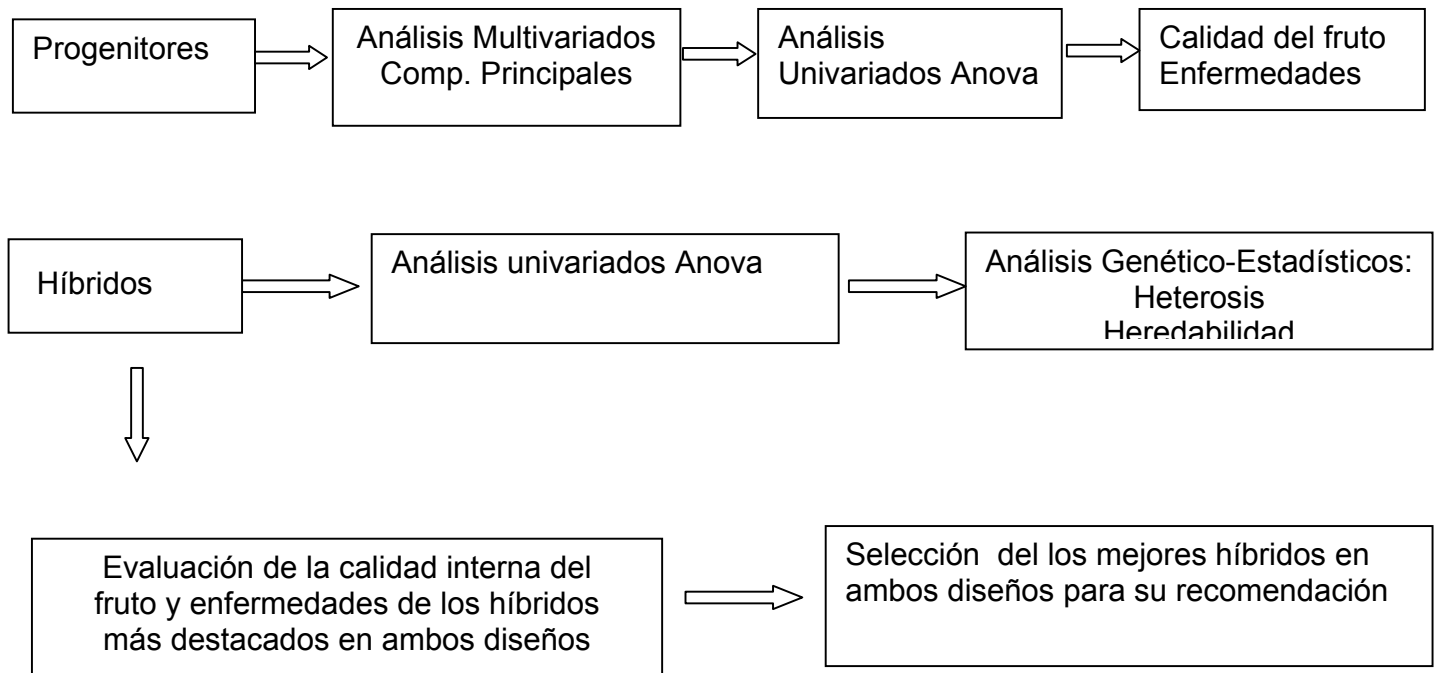


Figura 2. Esquema de trabajo

Tabla III. Relación de los progenitores empleados para la obtención de híbridos

Todos estos cultivares fueron previamente seleccionados como progenitores por poseer

Cultivares	Procedencia	Tipo de Crecimiento
Amalia	Cuba	Determinado
38-85-03	España	Determinado
4A	España	Determinado
9A	España	Determinado
1B	España	Determinado
HC: 3880	Cuba	<i>Determinado</i>
Vyta	Cuba	Determinado
Floradel	USA	Indeterminado
INCA – 33	Cuba	Indeterminado
LNМ – 64	Cuba	Indeterminado
LNМ – 65	Cuba	Indeterminado
LNМ – 115	Cuba	Indeterminado
Ciudad Real	España	Indeterminado
AN-104 -14	España	Indeterminado

características agronómicas variadas y frutos de buena presencia, además de buen comportamiento en las campañas anteriores en cuanto a estabilidad y rendimiento.

Los cultivares fueron sembrados en la campaña de invierno (20/11/03 – 26/2/04) época en la cual las temperaturas máximas y mínimas, así como la humedad relativa son bajas (Verde, 2000; Mukandama, 2001).

Los cruzamientos se efectuaron siguiendo dos tipos de diseños de cruzamientos, el Top cross y el Biparental. Para el diseño Top cross se escogió el cultivar Floradel como progenitor masculino, el cual ha mostrado altos rendimientos y buen tamaño y calidad de los frutos en época no óptima de siembra (Álvarez y Torres, 1985); además, este cultivar se ha utilizado mucho en Cuba en las instalaciones hidropónicas, organopónicos y tutorado a cielo abierto como control en diversos estudios (INCA, 2002). El resto de los cultivares mostrados en la tabla III fueron empleados como progenitores femeninos.

En el caso del diseño Biparental se cruzaron (♀ x ♂) Amalia x 1B, Vyta x 4A, HC 3880 x 4A, HC 3880 x C. Real, INCA-33 x 388503, LNM65 x 9A, LNM115 x Floradel y LNM-64 x AN104-1.

Las semillas se sembraron a 0.30 m de distancia entre plantas y a 0.80 m entre hileras, sembrándose dos hileras y cinco plantas por cultivar en la canaleta. En este

experimento no se empleó ningún diseño estadístico ya que solamente era de interés realizar los cruzamientos para obtener las semillas F_1 .

Los cultivares masculinos se sembraron una semana antes para garantizar la disponibilidad de polen en el momento en que las flores femeninas estuvieran listas para ser fecundadas (González-Chávez, 2003).

Se definió como momento para hacer los cruces, aquel en que las flores de los progenitores masculinos se encontraban totalmente abiertas, con sus pétalos en un ángulo de 180 grados (antesis), mientras que las de los progenitores femeninos aún se encontraban cerradas, pero a punto de abrirse (Rodríguez y Piñón, 2004).

Para evitar que las flores femeninas se autofecundaran producto del desprendimiento del polen, se procedió a la emasculación o castración de las mismas antes de las 10 AM. Esta operación se le realizó a todas las flores en el mismo racimo floral, eliminando las flores que estaban muy avanzadas para evitar errores de acuerdo a lo planteado por (INIFAT, 2003).

La operación se llevó a cabo con una pinza fina para no dañar los estigmas (Rodríguez y Piñón 2004). Antes de realizar el cruce, los botones seleccionados para ello fueron marcados, cortando dos o tres sépalos y con papel de aluminio, señalando el nombre de ambos progenitores.

Los cruzamientos se hicieron extrayendo con una aguja el polen de la flor del progenitor masculino y depositándolo directamente en el estigma de la flor designada como progenitor femenino (flor a flor).

Esta labor se realizó entre las 10 AM y las 12 M, para que el sol eliminara la neblina y el exceso de humedad en las flores, y así facilitar la extracción del polen.

3.2. Evaluación de los progenitores e híbridos. Experimento 2

Las semillas híbridas obtenidas por ambos diseños, y las semillas de los progenitores por auto fecundación, fueron sembradas en la siguiente campaña (15/11/04 – 20/2/05), en condiciones semejantes al año anterior para su estudio. En esta oportunidad se empleó un diseño de bloques al Azar a razón de 5 plantas por cultivar y tres replicas.

3.2.1. Caracterización morfoagronómica

Los datos se obtuvieron a partir de los primeros cuatro racimos, en tanto que las características restantes se hicieron a partir de muestras de 10 frutos tomando siempre el tercer fruto del segundo racimo según el descriptor del (IPGRI, 1996). Las evaluaciones se realizaron cuando el primer racimo en la planta se encontraba maduro (Cuba MINAGRI, 2000).

Caracteres cualitativos:

- Hábito de crecimiento (HC).
- Forma del fruto (FF)
- Color del fruto (CF)
- Lobulado del fruto (LF)
- Presencia de hombro en el fruto (PH)
- Cicatriz dejado por el pistilo en el fruto (CPt)
- Cicatriz dejado por el pedúnculo en el fruto (CPd)
- Agrietamiento en el fruto (AG)

Caracteres cuantitativos:

- Días para florecer (DF) (cuando el 50% de las plantas tenían al menos una flor abierta).
- Días para madurar (DM) (cuando el 50% de las plantas tenían al menos un fruto maduro).
- Porcentaje de fructificación (%FR)
- Número de frutos por planta (F/P)
- Rendimiento por planta (R/pta) kg

- Masa de los frutos (MFr) gr
- Diámetro ecuatorial del fruto (D.E) cm
- Diámetro polar del fruto (D.P) cm

La masa promedio de los frutos (gr) se determinó a partir del peso total de todos los frutos de la planta entre el número de frutos y el rendimiento por planta (kg/pta) dividiendo el peso total de los frutos entre el número de plantas.

Las determinaciones del % de fructificación fueron convertidos a arcsen % para el análisis estadístico e informado su valor real, según (INCA, 2002).

3.2.2. Análisis bromatológicos

Los análisis bromatológicos se realizaron tomando muestras de cinco frutos maduros por tratamiento, batidos y procesados según las técnicas descritas por Carpena *et al.* (1967), determinándose:

- Sólidos Solubles Totales (SS °Brix)
- Acidez (Ac) (%)
- Masa seca (MS)%

3.2.3. Evaluación del comportamiento de las plantas frente a las enfermedades

Se evaluó la incidencia de las enfermedades consideradas más importantes en el país según Moya *et al.* (2000), teniendo en cuenta la Metodología de Señalización y Pronóstico propuesta por el INISAV 1983, citado por INCA (2002) utilizando las siguientes escalas de grado:

Enfermedades:

Tizón temprano (*Alternaria solani*, Ell y Mart) (Jones y Grout). Alt.

Mancha gris de la hoja (*Stemphylium solani*, Werber (sm) Stmp.

Mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*, Didge Dows). Xant

Síntomas virales:

Grados Descripción

0	Plantas sanas.
1	Primeras manchas.
2	Hasta un 10% del área foliar afectada
3	De un 11% a 25% del área foliar afectada.
4	De un 26 % a 50% del área foliar afectada
5	Más de un 50% del área foliar afectada

Grados Descripción

0	Plantas sanas.
1	Plantas con un 20% de moteado clorótico sin encrespamiento ni deformación.
2	Plantas con un 21% a 50% de moteado clorótico y ligero encrespamiento.
3	Plantas con más del 50% de moteado clorótico con encrespamiento.
4	Planta con mosaico amarillo. Encrespamiento severo, reducción de las extremidades y enanismo.

3.2.4. Análisis estadísticos

Estadística multivariada. Análisis de componentes principales

Para facilitar la interpretación de los resultados, se aplicó a los progenitores y los híbridos de cada diseño de cruzamientos un análisis de Componentes Principales, realizados sobre la base de la matriz de correlaciones, para seleccionar los caracteres cuantitativos de mayor interés (Moya *et al.* 2005), y la representación grafica Biplot para identificar las posibles semejanzas y diferencias de los mismos de acuerdo a la ubicación de estos en el plano (Varela, 2002).

Análisis univariados (ANOVA)

Se realizaron Análisis de Varianza de Clasificación Simple Modelo de efectos fijos tipo I a los caracteres cuantitativos de los progenitores e híbridos, con la finalidad de identificar las mejores combinaciones auxiliándonos del Paquete Estadístico STATITCF (Versión 0.6 de 1998) con arreglo factorial y la prueba de Newman-Keuls para la separación de las medias, ambas al ± 0.01 de probabilidad de error.

3.2.5. Estimación de parámetros genético-estadísticos

3.2.5.1. Estimación de la heterosis

Se determinó la heterosis para el número de frutos por planta, rendimiento por planta, masa promedio de los frutos, diámetro polar y ecuatorial del fruto y días a florecer y madurar los frutos. Los estimados de la heterosis se expresaron como porcentaje del incremento o decremento del valor de las F_1 con relación a la media de los progenitores para cada carácter, empleando la fórmula dada por Lobo y Marín (1975):

$$\text{Heterosis (\%)} = \frac{MF_1}{MP} \times 100$$

MP

donde: MF_1 = Valor promedio del carácter evaluado en el híbrido

MP= Valor promedio del carácter evaluado en los dos progenitores.

3.2.5.2. Estimación de la heredabilidad

Se determinó la heredabilidad en sentido estrecho (h^2) para el número de frutos por planta, rendimiento por planta, masa promedio de los frutos, diámetro polar y ecuatorial de los frutos y días a florecer y madurar los frutos, en cada uno de los diseños aplicados, según la formula dada por Becker (1975):

$$h^2 = \frac{\sigma^2 A}{\sigma^2 F}$$

donde: $\sigma^2 A$ = Varianza aditiva

$\sigma^2 F$ = Varianza fenotípica

Las varianzas aditiva y fenotípica se estimaron a partir de los cuadrados medios (CM) obtenidos para cada diseño de cruzamiento mediante el análisis de varianza modelo de efectos aleatorios tipo II y estimados teniendo en cuenta las esperanzas de los cuadrados medios para cada tipo de parentesco.

Modelo estadístico para el diseño Biparental y Top Cross

$$Y_{ik} = \mu + \zeta_i + e_{ik}$$

Donde: μ - es la media común.

ζ_i - es el efecto del i ésimo cruzamiento.

e_{ik} es el efecto del ambiente no controlado y desviaciones genéticas atribuibles a los individuos dentro de cada pareja de cruzamiento.

Tabla de Análisis de Varianza

Fuentes de variación	gl	SC	CM	ECM
Entre cruces	c-1	SCc	CMc	$\sigma_e^2 + k \sigma_c^2$
Dentro de los cruces	n-c	SCe	CMe	σ_e^2

c: número de cruces.

k: número de individuos dentro de cada cruce.

n: número total de individuos.

σ_c^2 : Varianza entre cruzamientos.

σ_e^2 : Varianza dentro cruzamientos.

Modelo genético para el diseño Biparental

$$\sigma_C^2 = (\text{Cov}_{HC}) = \frac{1}{2} \sigma_A^2 + \frac{1}{4} \sigma_D^2 + \frac{1}{4} \sigma_{AA}^2 + \dots$$

$$\sigma_e^2 = \sigma_t^2 - \text{Cov}_{HC}$$

(Cov_{HC}) = Covarianza de hermanos completos.

La σ_C^2 estima $\frac{1}{2}$ de la varianza aditiva, $\frac{1}{4}$ de la varianza de dominancia y una cantidad de varianza epistática.

La σ_e^2 estima el resto de las variaciones genéticas más toda la varianza debido al ambiente.

Se consideró que la σ_D^2 y las varianzas epistáticas son consideradas cercanas a cero, por lo que:

$$\text{La } \sigma^2_A = 2\sigma^2_C$$

$$\text{Por lo tanto: } h^2 = \frac{2\sigma^2_C}{\sigma^2_C + \sigma^2_e}$$

Modelo genético para el diseño Top cross

$$\sigma^2_C = (\text{Cov}_{MH}) = \frac{1}{4} \sigma^2_A + \cancel{\sigma^2_D} + \frac{1}{16} \sigma^2_{AA} + \dots\dots$$

$$\sigma^2_e = \sigma^2_t - \text{Cov}_{MH}$$

(Cov_{MH}) = Covarianza de medios hermanos

La σ^2_C estima $\frac{1}{4}$ de la varianza aditiva y la varianza epistática aditiva por aditiva de la varianza aditiva.

La σ^2_e estima el resto de las variaciones genéticas más toda la varianza ambiental.

$$\sigma^2_A = 4\sigma^2_C$$

$$\text{Por lo tanto: } h^2 = \frac{4\sigma^2_C}{4\sigma^2_C + 4\sigma^2_e}$$

IV. Resultados y Discusión.

4.1. Evaluación de los progenitores.

4.1.1. Evaluación morfoagronómica.

4.1.1.1 Caracteres cualitativos.

Al analizar los caracteres cualitativos de los genotipos seleccionados como progenitores (Tabla IV), se apreció marcada variabilidad para la mayoría, excepto en el color rojo naranja presente en todos los frutos en el momento de la madurez, y el bajo o ningún agrietamiento de los frutos, lo cual es conveniente para la obtención de frutos de calidad.

Las diferencias entre los individuos estudiados es conveniente para lograr híbridos con características variadas, debido a que uno de los mayores atractivos de cualquier producto para al consumidor es su diversidad (Ruiz-Santaella, 2003). Por su parte, Nuez (1995) refiriéndose a las características externas del fruto plantea, que es esencial tenerlas en cuenta y tan importantes como la productividad del cultivar utilizado.

Tabla IV: Evaluación de los caracteres cualitativos en los frutos de los cultivares empleadas como progenitores

Genotipo	Forma	Hombro	Lobulado	C. Pist.	C. Ped.	Agrietamiento
Amalia	Achatado	Ausente	Ligero	Irregular	Grande	No
38-85-03	Lig. Achatado	Ligero	No	Punto	Media	No
4 A	Lig. Achatado	Fuerte	No	Punto	Grande	No
9 A	Lig. Achatado	Ausente	Ligero	Punto	Pequeña	Ligero
1B	Redondo	Fuerte	Ligero	Punto	Grande	No
HC:3880	Lig. Achatado	Ausente	No	Irregular	Grande	No
Vyta	Lig. Achatado	Ausente	No	Punto	Media	No
Floradel	Lig. Achatado	Intermedio	No	Punto	Grande	No
INCA 33	Achatado	Ausente	No	Punto	Grande	No
LMN - 64	Redondo	Intermedio	Ligero	Punto	Grande	No
LMN - 65	Lig. Achatado	Ligero	No	Estrella	Media	No
LMN-115	Achatado	Fuerte	Ligero	Punto	Media	No
C. Real	Achatado	Ligero	Ligero	Irregular	Grande	No
AN-104-1	Lig. Achatado	Intermedio	Ligero	Punto	Grande	Ligero

La elección de cultivares para progenitores de frutos rojos en estado de madurez, es debido a la preferencia de la población por este tipo de frutos. Pérez (2005) señala que este carácter es el que determina su aceptación en mayor o menor medida por parte de

los consumidores en el mercado cubano. A su vez, GRAIN (1998) refiere que los tomates rojos en la madurez gozan de la preferencia de la población en diferentes regiones geográficas.

Otro de los caracteres evaluados fue la forma de los frutos. Se encontró en mayor medida frutos con forma ligeramente achatada, aunque también los hay redondos, de modo que se espera que las descendencias de cualquiera de las combinaciones que se realicen, mantengan la forma similar a sus progenitores, según Moya *et al.* (2003), este carácter predomina en los híbridos comerciales cuyos frutos serán destinados al consumo en fresco.

En estudios realizados a cultivares primitivos, Esquivel *et al.* (1994) determinaron, que los frutos aplanados y de poca altura, y los esféricos se correspondían con las dos formas tradicionales que se han observado en Cuba (Placero y Cimarrón, *Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme), los cuales se introdujeron en Cuba antes de la conquista o a principios de esta.

Al respecto, Ruiz-Santaella (2003), refiere que los consumidores en general prefieren los tomates redondos, aunque pueden existir en algunas zonas consumidores con preferencias por determinadas formas y cita como ejemplo a la población rural en países como Filipinas y Ecuador, las cuales están acostumbradas a consumir tomates achatados de forma irregular.

Con relación a la presencia o no de hombros verdes en los frutos, se hallaron diferentes tonalidades entre los individuos, manifestándose de forma fuerte en los genotipos de origen español 4A y 1B, y en la línea cubana LMN-115. A pesar de ser esta una característica de las especies silvestres, le da a los frutos cierta aceptación en el mercado, siempre que no sea muy pronunciado y no esté ligado con otros genes que transmiten sabores desagradables (INCA, 2002). Es conocido además, que los tomates con dichas características, tienen buena aceptación en países latinoamericanos como Brasil y Colombia por su desigual maduración (GRAIN, 1998).

A su vez, en los cultivares Amalia, 9A, Vyta, INCA-33 y HC 3880 no se manifestó este carácter, el cual según Geneflow *et al.*, (1992) y Florido *et al.* (2002), está relacionado con una distribución uniforme del color en el fruto, que permite que al madurar muestren

un color rojo más intenso, siendo esto de gran importancia por la aceptación que presentan en el mercado las variedades con estas características para consumo en fresco.

Por otra parte, solamente dos cultivares introducidos al país, 9A y AN-104-1, presentaron agrietamiento radial ligero, no siendo frecuente en los cultivares comerciales. En estudios realizados por Glover (1993), no encontró en los cultivares que caracterizó, alguno que presentara este carácter indeseable, aunque Morales (1996), reportó dos cultivares de industria introducidos al país con agrietamiento ligero. Este carácter demerita a los cultivares que lo poseen en alta frecuencia, ya que los frutos con este tipo de rajaduras son eliminadas para la comercialización.

También es importante tener en cuenta las otras características evaluadas en el fruto, las que influyen en la calidad de los mismos. El pequeño tamaño de las cicatrices del pistilo y del pedúnculo, así como el poco lobulado en los frutos les brinda mayor presencia y aceptación en el mercado (Florido *et al.* 2002).

4.1.1.2 Caracteres cuantitativos. Análisis de Componentes Principales.

Los resultados de los análisis de Componentes Principales permitió determinar los caracteres cuantitativos que más aportaron a la variación entre los cultivares en estudio (Tabla V).

Se aprecia que las dos primeras componentes extrajeron el 66.3% de la variación total, donde la componente C_1 se caracterizó por las variables número de frutos por planta, masa promedio de los frutos y los diámetros de estos, mientras que en la componente C_2 los caracteres rendimiento por planta, días a la floración y a la maduración de los frutos, mostraron los mayores aportes. La contribución de estos caracteres a la variabilidad ya había sido determinado por Depestre y Gómez (1999) y Moya *et al.* (2005), en otros cultivares de tomate, incluyendo además otros caracteres.

La fructificación aportó muy poco a la variabilidad total, por lo que no se empleará en futuros análisis dentro de este mismo trabajo, pues según Ojeda (1999), Choer y Silva (2000) y Silva *et al.* (2002), los componentes principales nos permiten valorar la importancia de las variables o caracteres que se evalúan, por lo que se puede usar para descartar variables que no aportan variaciones.

Tabla V: Resultados del análisis de componentes principales a los caracteres cuantitativos evaluados en los progenitores.

Autovalores		
Ejes principales	C1	C2
Valores propios	3.7	1.6
Contribución a la variación total	46.7	19.7
% acumulado	46.7	66.3
Vectores propios		
No. Frutos	-0.9487	0.0900
Masa promedio del fruto	0.9354	0.1948
Diámetro polar	0.9035	0.0857
Diámetro ecuatorial	0.6920	0.3461
Rendimiento por planta	-0.0089	0.5829
Días para la Fructificación	0.3784	0.3081
Días para la Floración	0.3370	0.7018
Días para la Maduración	0.0815	0.9338

Al respecto, Cruz y Regazzi (1997), consideran que la importancia de descartar caracteres que contribuyen poco a la variación total existente se debe, a que permite reducir fuerza de trabajo, tiempo y gastos en la experimentación agrícola.

Al analizar la representación Biplot se apreció gran dispersión de los cultivares (Figura 3), observándose que los cultivares de origen español 4A y AN-104-1, así como los cultivares de Cuba, Amalia, Vyta y LMN-64, se ubicaron en las zonas más alejadas de los diferentes ejes y distantes del cultivar Floradel, proveniente de Estados Unidos.

Es de destacar además, que a la derecha solamente se encontraron cultivares de origen cubano, donde la línea LMN-64 se ubicó aislada en la parte superior mostrando elevado número de frutos por planta, aunque pequeños, en contraste con los cultivares 4A, Ciudad real y HC 3880 que se ubicaron en el extremo opuesto, caracterizándose por alcanzar los mayores valores en las variables masa promedio del fruto y diámetro polar o ecuatorial de los mismos, corroborando lo planteado por Moya *et al.* (2000) acerca de la relación negativa existente entre el número de frutos por planta y la masa promedio del fruto.

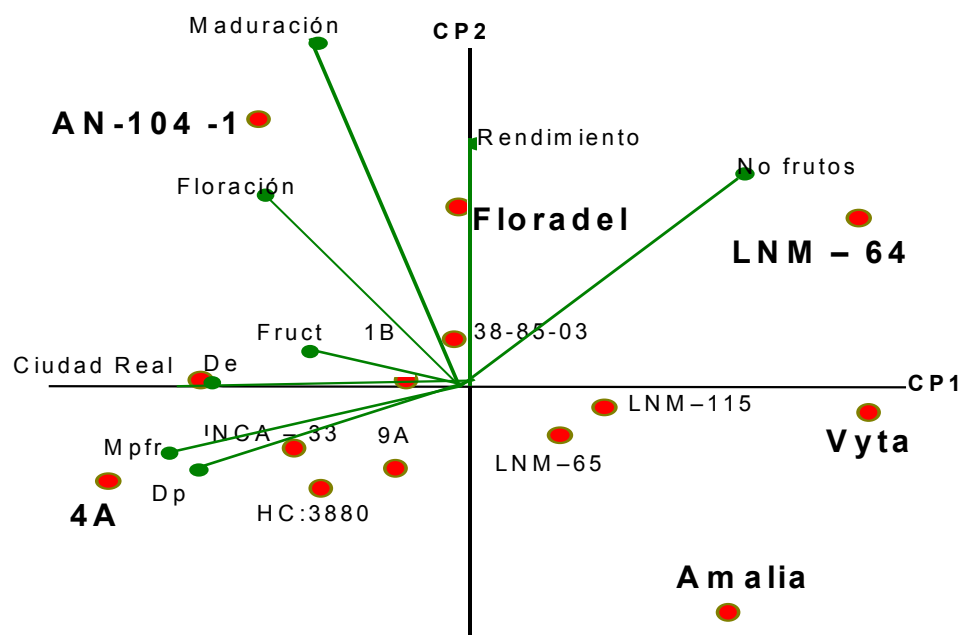


Figura 3. Representación Biplot del análisis de componentes principales de los progenitores.

Sin embargo, Vyta con características similares a la línea LMN-64 en cuanto a número y masa de los frutos, se ubicó también aislada y a la derecha pero en el cuadrante inferior, al igual que Amalia, siendo estos cultivares los de mayor precocidad para madurar sus frutos.

El cultivar AN-104-1 se caracterizó a su vez, por ser el menos precoz para entrar en producción ubicándose en el cuadrante superior a la izquierda.

Debido a la ubicación diferenciada de los cultivares y su procedencia, se espera que al cruzarlos se obtengan resultados positivos, teniendo en cuenta que Rodríguez y Piñón (2004), advierten sobre el aumento de la heterosis cuando los cruces se producen entre progenitores procedentes de distintas zonas geográficas, siempre y cuando exista distancia genética entre ellos.

4.1.1.3 Análisis univariados (Anova).

Los resultados de los análisis univariados (Tabla VI) para determinar los mejores cultivares, mostró elevada variabilidad entre los mismos en los diferentes caracteres evaluados.

El cultivar Floradel sobresalió en el rendimiento por planta (1.2 Kg), diferenciándose significativamente del resto, además, se ubicó entre los mejores en el diámetro polar del fruto, el número de frutos por planta y la masa de los frutos por planta, coincidiendo con los resultados publicados por Moya *et al.* (2005), quienes emplearon el cultivar Floradel como control en la evaluación de líneas avanzadas e híbridos.

Otros cultivares destacados fueron la línea indeterminada LMN-64 y el cultivar determinado Vyta, quienes alcanzaron el mayor número de frutos por planta con 11.9 y 10.5 frutos respectivamente, aunque tuvieron el peor promedio en la masa de los frutos y el diámetro polar y ecuatorial de los mismos. Para el resto de los cultivares, el número de frutos por planta varió entre 6 y 10, pudiéndose apreciar diversos valores en masa y diámetro de los mismos, ubicados todos en la categoría mediana, teniendo en cuenta la escala propuesta por Cuba MINAGRI 1993, (citado por INCA 2002). Sin embargo, el cultivar 4A a pesar del bajo rendimiento mostrado, fue el único en lograr frutos de categoría grande por exceder los 140 g, lo cual es conveniente teniendo en cuenta que Nuez (1995) señaló que el tamaño y la masa del fruto requerido depende del tipo de uso para el cual el cultivar vaya dirigido.

Le-Minh (1992), al evaluar cultivares de tomate en periodos tempranos y óptimos de siembra encontró que el carácter número de frutos por planta estaba relacionado con la adaptación de los cultivares a las condiciones de altas temperaturas y humedad, las cuales prevalecieron durante la etapa de floración y fructificación en el cultivo.

Tabla VI: Resultados del Análisis de Varianza, a los caracteres cuantitativos evaluados.

Cultivares	Rend/pta (kg)	Número Frutos	MFr (g)	D. Polar (cm)	D.E (cm)	Floración (días)	Madurac. (días)
Amalia	0.86 c	8.5 cd	101.8 efg	5.0 cde	6.6 d	47.0 g	88.0 e
38-85-03	0.87 c	8.2 cde	106.3 def	5.3 c	6.1 fg	53.7 bcde	95.3 b
4 A	1.08 b	6.3 fg	162.0 a	6.1 a	6.9 c	52.3 cdef	92.0 bcd
9 A	0.92 c	7.0 defg	113.8 cde	5.2 cd	6.3 e	54.0 abcd	91.7 bcd
1B	1.05 b	7.9 cdef	130.5 bc	5.4 bc	6.1 fg	51.3 ef	93.0 bcd
HC:3880	0.98 bc	6.6 efg	134.3 bc	5.4 bc	6.9 c	51.7 def	91.0 cde
Vyta	0.94 bc	10.5 ab	89.8 fg	4.7 e	5.6 h	48.3 g	90.7 de
Floradel	1.22 a	9.6 bc	126.5 bcd	5.4 bc	6.9 c	51.0 f	95.3 b
INCA 33	0.86 bc	6.2 g	139.0 b	5.8 ab	6.2 ef	54.7 abc	94.3 bcd
LMN 64	0.97 bc	11.9 a	84.8 g	4.6 e	5.4 l	52.7 cdef	92.7 bcd
LMN 65	0.98 bc	8.5 cd	119.6bcde	5.2 cd	6.0 g	51.3 ef	90.7 de
LMN-115	0.93 bc	8.3 cd	108.1 def	4.8 de	6.0 g	52.0 def	92.3 bcd
C. Real	1.01 bc	6.4 fg	139.2 b	5.3 c	7.5 a	55.3 ab	94.7 bc
AN-104-1	1.02 bc	8.3 cde	123.4 bcd	5.2 cd	7.1 b	56.3 a	100.0 a
Media	0.98	8.17	119.9	5.2	6.4	52.3	93.0
ESMedia ±	0.1	0.5	6.4	0.2	0.1	0.8	1.1

Medias con letras comunes no difieren significativamente para $P \leq 0.001$

El diámetro de los frutos en los diferentes genotipos osciló entre 4.6 y 6.1cm para el diámetro polar y de 5.4 a 7.5 cm. para el diámetro ecuatorial, donde dos cultivares de origen español sobresalieron. En el primer caso, los frutos del cultivar 4A alcanzaron la mayor altura con 61 cm., no diferenciándose de INCA-33, mientras que los frutos mas anchos provinieron de Ciudad Real con 7.5 cm.

Los valores mostrados corroboran lo antes planteado sobre el predominio en la forma ligeramente achatada o achatada de los frutos.

Por otra parte, Moya *et al.* (1996), refiriéndose al comportamiento de los cultivares con diferencias en el tamaño de los frutos y la contribución que estas realizan al rendimiento, plantearon que en los cultivares determinados de frutos pequeños, el mayor efecto lo alcanza el número de frutos por planta, mientras que en los cultivares con frutos grandes y medianos, el número de frutos por planta y por racimo son las variables de mayor efecto directo sobre el mismo, lo cual fue corroborado por Pino (2001) en siembras de campo.

Se encontró, además, mucha coincidencia entre los resultados de la masa promedio y el diámetro de los frutos, coincidiendo con lo planteado por INCA (2002), acerca de la relación existente entre estos caracteres.

En tanto que la precocidad, que cada día cobra mayor importancia en los países tropicales, debido a que el precio del tomate antes de las cosechas masivas tiene mayor precio en el mercado por su alta demanda Nuez, (1995), se observó que los cultivares Amalia y Vyta florecieron primero a los 47 y 48 días, respectivamente, diferenciándose significativamente de los demás, los cuales lo hicieron entre los 51 días y 56 días después de sembrados.

Sin embargo, solamente un cultivar, Amalia, acortó el periodo de crecimiento a producción, al madurar sus frutos a los 88 días, no diferenciándose significativamente de los cultivares Vyta, HC: 3880 y LMN 65 que lo hicieron a los 91 días. No obstante, según la clasificación dada por Cuba MINAGRI (2000), solamente el cultivar Amalia se considera precoz, ya que después de los 90 días y hasta los 110 días como ocurre con el resto de los genotipos, se incluyen en la categoría de medianamente precoz.

4.1.2 Análisis bromatológicos de los frutos.

En cuanto a la calidad interna de los frutos, caracterizada por medio de diferentes indicadores bioquímicos tales como: °brix, acidez y la acumulación de la masa seca mostrados en la Tabla VII, se encontró diferencias significativas entre los genotipos estudiados, donde el cultivar Floradel sobresalió en los °brix y la masa seca con 6.1°brix y 6.5% respectivamente, coincidiendo con resultados publicados previamente (Ríos, 2003).

Con relación a los °brix, este osciló entre 4.2 y 5.3%. Al respecto, Osuna (1983) mencionó que valores igual o mayor a 4.0% es considerado bueno, debido a que existe una relación directa entre los sólidos solubles y la firmeza de los frutos. Por su parte, Ruiz-Santaella (2003) señaló, que este índice es el que más influye sobre el rendimiento industrial y que más que el carácter varietal, existen factores ambientales que determinan sobre el contenido en sólidos solubles, especialmente el clima y el riego durante el período de maduración, que pueden hacer variar los °brix para frutos de un mismo cultivar entre 4 y 7%.

De igual forma, los altos valores alcanzados en el contenido de masa seca concuerdan con los obtenidos por Hewitt y Stevens (1983), quienes indicaron que este es un componente muy importante para mejorar la calidad del fruto en el mejoramiento industrial. A su vez, Ruiz-Santaella (2003) agrega que porcentajes de masa seca en el fruto superior al 5% son adecuados y tienen marcada influencia sobre el rendimiento industrial.

Tabla VII. Componentes de la calidad interna de los frutos en los progenitores

Cultivares	SS ⁰ Brix	Acidez (%)	Masa Seca (%)
Amalia	5.3 b	0.70 a	5.5 c
38-85-03	5.2 bc	0.57 e	4.4 e
4A	5.0 cd	0.57 e	4.5 e
9A	4.2 f	0.60 d	4.2 f
1B	5.0 d	0.57 e	4.4 e
HC: 3880	5.1 cd	0.62 c	5.1 d
Vyta	4.3 e	0.50 g	4.6 e
Floradel	6.1 a	0.64 b	6.5 a
I – 33	5.3 b	0.64 b	5.5 c
LMN64	5.3 b	0.64 b	5.8 b
LMN65	5.1 cd	0.57 e	5.2 d
LMN - 115	5.2 bc	0.61 d	4.4 e
C. Real	5.1 cd	0.54 f	4.5 e
AN – 104 -1	5.3 d	0.57 e	5.5 c
ES Media $\pm$	0.05	0.38	0.06

Medias con letras comunes no difieren significativamente para $P \leq 0.001$

Al respecto, Moya *et al.* (2004) refieren, que cultivares con valores de masa seca y ⁰brix, superiores a 5% permiten el empleo de los mismos para la industria y el consumo en fresco.

La acidez también mostró variabilidad y elevados porcentajes, sobresaliendo el cultivar Amalia con 0.7%, mientras que Vyta alcanzó el menor resultado con 0.5%. En trabajos realizados por Dell'Amico (1992), encontró valores superior a 0.5% en la acidez y planteó que aún cuando los valores son relativamente altos, no afectó las propiedades organolépticas de los frutos, que por el contrario, esta es una característica deseada cuando los frutos son destinados a la industria. A su vez, Osuna (1983), reconoció como buenos los valores por encima de 0.5%. Sin embargo, Morales (1996) encontró valores

bajos en cultivares de industria y corroboró lo antes planteado, sobre la importancia de ese carácter no sólo en sabor, sino también en el procesamiento industrial.

4.1.3 Comportamiento frente a enfermedades.

Las evaluaciones relacionadas con las enfermedades se muestran en la Figura 4, donde se pudo apreciar que los daños ocasionados por el tizón temprano (*Alternaria* sp), se presentó en todos los genotipos, encontrándose las afectaciones más severas en los cultivares de frutos grandes, 4 A, 9 A, C. Real y AN-104-1, de origen español, además del cultivar cubano INCA -33, las cuales presentaron afectaciones hasta del 50% del área foliar. Resultados similares encontraron Moya *et al.*, (2003) evaluando híbridos foráneos de tomate.

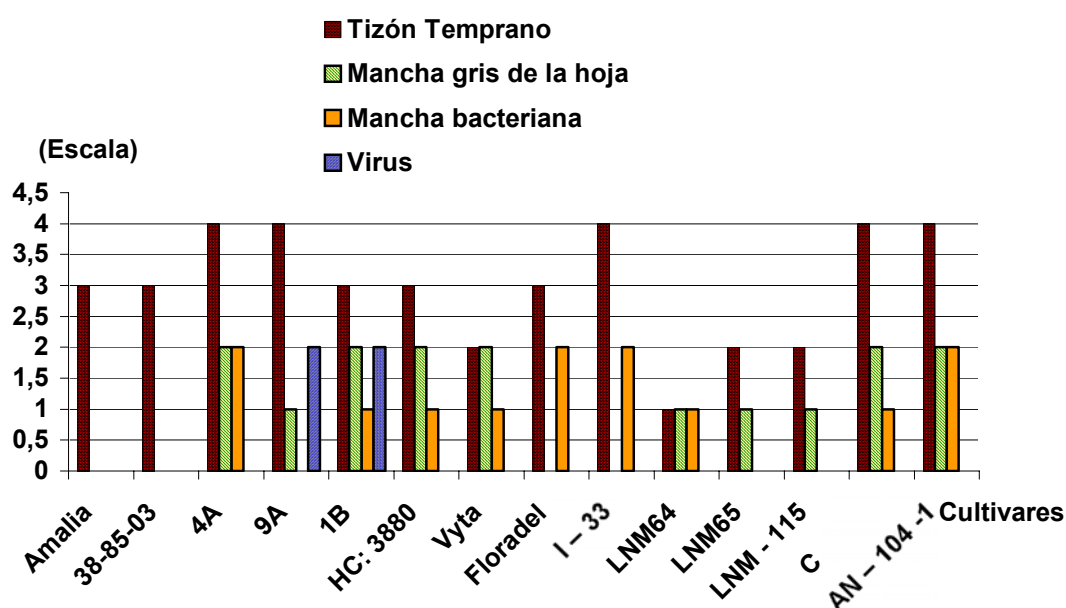


Figura 4. Enfermedades evaluadas en los progenitores

Por su parte, el cultivar LMN-64 sólo manifestó lesiones leves, seguida de las otras líneas de igual origen, LMN-65 y LMN-115, además del cultivar Vyta con afectaciones hasta el 10% del área total. Contar con genotipos con estas características es favorable para un programa de mejoramiento, teniendo presente que Álvarez *et al.* (2003) señalan, que la

incorporación a los cultivares comerciales de genes que confieren resistencia a enfermedades fungosas ha sido de interés en los programas de mejoramiento.

Hay que destacar que los cultivares Amalia y 38-85-03, afectados por el tizón temprano, no mostraron incidencia de otros patógenos

Morales (1997) planteó que para lograr la adecuada protección fitosanitaria de los cultivares, la lucha química es adecuada pero presenta dos problemas fundamentales, la falta de actividad para controlar los agentes del suelo y los residuos que persisten en los frutos, lo cual es dañino al hombre, sobre todo si los frutos son para el consumo en fresco, por lo que la lucha genética basada en el empleo de cultivares resistentes constituye el mejor procedimiento.

Al respecto, INCA (2002) refiere que la resistencia genética a ciertas enfermedades y plagas, es el medio más eficaz y en ocasiones el único utilizable económicamente para el cultivo del tomate. De ahí, el interés de incorporar el máximo número de resistencias genéticas a los cultivares más utilizados.

La mancha gris de la hoja y la mancha bacteriana manifestaron ligeras afectaciones en algunos cultivos, pero en sentido general, los daños no se consideran significativos por encontrarse el cultivo en la fase final.

Según IHLD (1997), en la actualidad muchos de los cultivares cubanos son resistentes a *Stemphylium solani* y Fusariosis debido a que en la mayoría de los programas de obtención de variedades, se ha explotado el germoplasma introducido que porta genes de resistencia a estas enfermedades.

En cuanto a la virosis, solamente los cultivares 9 A y 1 B presentaron síntomas del mismo, aunque en niveles intermedios, lo cual pudo haber sido debido a la baja incidencia de virosis en el experimento.

Una vez analizados los cultivares seleccionados para progenitores, se puede resumir, que en sentido general en la mayoría de los caracteres evaluados se encontró variabilidad entre los genotipos, lo cual le confiere al mejorador elevadas posibilidades en el momento de combinarlos a través de la hibridación para obtener buenas

combinaciones híbridas con elevados rendimientos y calidad de los frutos de acuerdo a lo exigido por los consumidores.

El cultivar Floradel resultó superior al resto de los cultivares en muchos de los caracteres evaluados, destacándose significativamente en los caracteres relacionados con la calidad interna del fruto y rendimiento, alcanzando los mejores porcentajes en el primer caso en los ⁰brix y masa seca, mientras que para alcanzar el mayor rendimiento, se ubicó entre los primeros en número de frutos por planta, masa promedio del fruto y diámetro polar del fruto. Además, este cultivar mostró un buen comportamiento frente a las enfermedades evaluadas. Estos resultados, unido a la preferencia que siempre ha tenido entre los productores, hace de este cultivar un buen candidato como progenitor para combinaciones híbridas con fines comerciales.

Por su parte, el cultivar Amalia fue el de mayor precocidad, ya que se adelantó significativamente madurando sus frutos a los 88 días, aspecto este importante para la producción de híbridos ya que la precocidad es uno de los caracteres que con mayor frecuencia se expresa en los híbridos, de modo que si partimos de progenitores con genes favorables para el mismo, se aumenta la posibilidad de obtener descendencias precoces. A pesar de las afectaciones en este cultivar, entre el 25-50% por el tizón temprano, no se encontró síntomas en el resto de las enfermedades y virus evaluados.

4.2. Evaluación de las mejores combinaciones híbridas y estimación de parámetros genético estadísticos.

4.2.1. Diseño genético estadístico Top Cross.

Las características cuantitativas estudiadas en los híbridos siguiendo el diseño genético estadístico Top cross (Tabla VIII), mostraron que al combinar el cultivar Floradel con todos los genotipos, aumentó notablemente el rendimiento por planta con relación a los parentales, destacándose el cruce con Amalia el que alcanzó el mayor valor (1.6 kg), no diferenciándose de los híbridos con LMN-64 (1.5 kg), Vyta (1.4kg), y LMN-65 y 1B (1.34 kg).

Estos resultados estuvieron abalados por incrementos en algunos de los componentes más importantes del rendimiento, como son, el número de frutos por planta y la masa

promedio de los frutos, corroborando lo planteado por INCA, (2002) acerca de la estrecha relación entre estos caracteres.

Con relación al número de frutos por planta, se apreció que las líneas LMN-64 y LMN-65 cruzadas con Floradel, se destacaron con 13.2 y 11.6 frutos respectivamente, no diferenciándose de la combinación Vyta x Floradel la cual promedió 10.8 frutos.

Los híbridos de los cultivares Amalia y 1B con Floradel, mostraron que el rendimiento dependió mayormente de la masa de los frutos, los cuales promediaron 156.3 y 178.2 gramos respectivamente, no diferenciándose a su vez de la progenie Ciudad real x Floradel quien alcanzó 149.1 gramos, aunque el escaso número frutos por planta alcanzado por este híbrido influyó negativamente en el rendimiento. Resultados similares se alcanzaron en los híbridos obtenidos en los cruces 4A x Floradel (143.3), LMN-115 x Floradel y 38-85-03 x Floradel con 140.3 gramos.

Tabla VIII. Resultados del Análisis de Varianza en los caracteres cuantitativos evaluados a los híbridos en el diseño Top cross.

Híbridos	Rend./Pt (Kg)	# Fr/ pta	MP Fr (g)	D. P (cm)	D.E (cm)	Floración (días)	Maduración (días)
Amalia x Floradel	1.58 a	10.2 bcde	156.3 ab	5.6 c	7.0 b	47.0 d	89.7 d
388503 x Floradel	1.26 bcde	8.9 cdef	140.3 bcd	4.9 g	6.7cd	50.3 bc	89.7 d
4A x Floradel	1.28 bcde	8.6 cdef	143.3 bcd	5.8 b	7.1ab	53.0 a	93.7 abc
9A x Floradel	1.02 e	7.6 ef	136.1 bcd	5.6 c	6.8 c	52.7 ab	95.0 a
1B x Floradel	1.34 abc	7.5 f	178.2 a	5.9 ab	7.0 b	51.7 abc	95.3 a
HC x Floradel	1.11 cde	8.1 def	137.6 bcd	6.0 a	7.2 a	52.0 abc	93.0 abcd
Vyta x Floradel	1.38 ab	10.8 abc	129.5 bcd	5.0 fg	6.6 d	50.3 bc	94.0 ab
I-33 x Floradel	1.08 de	8.9 cdef	122.8 bcd	5.9 ab	6.7cd	52.0 abc	95.3 a
LMN-64 x Floradel	1.47 ab	13.2 a	111.8 d	5.1 ef	5.8 f	51.0 abc	90.7 bcd
LMN-65 x Floradel	1.34 abc	11.6 ab	116.4 cd	5.2 de	6.3 e	49.7 c	90.0 cd
LMN-115xFloradel	1.30 bcd	10.4 bcd	140.33 b	5.3 d	7.1ab	51.0 abc	95.0 a
C. Real x Floradel	1.13 cde	7.6ef	149.1 abc	5.3 d	7.2 a	52.3 ab	93.3 abcd
AN104.1xFloradel	1.01 e	9.3 bcdef	121.7 cd	5.1 ef	6.4 e	53.3 a	95.7 a
Media	1.30	9.4	136.1	5.4	6.8	51.3	93.2
ES Media±	0.07	0.79	10.2	0.06	0.04	0.73	1.17

Medias con letras comunes no difieren significativamente para $P \leq 0.001$.

Los valores mostrados coinciden con los obtenidos por Álvarez (1987), quien planteó que la masa promedio de los frutos y el número de frutos por planta, tienen una alta correlación negativa, pero que ambos caracteres presentan una contribución directa

sobre el rendimiento con valores semejantes para ambos o ligeramente superiores para el segundo carácter.

Se apreció que los cruces entre progenitores con frutos de calibre mediano al combinarlos entre si, mantienen un alto número de frutos por planta, mientras que cuando los frutos son de tamaños diferentes, estos se acercan al padre de tamaño mediano, coincidiendo con lo planteado por Le-Ming (1992), quien encontró mayor número de frutos por planta y rendimiento por planta en híbridos descendientes de progenitores de mediano calibre con buenos rendimientos.

Las mediciones realizadas a los frutos mostraron predominio del diámetro ecuatorial con relación al polar, oscilando entre 5.8 y 7.2 cm, evidenciando la similitud de estos frutos con la de sus padres para este carácter. La combinación de Floradel con los cultivares de frutos grandes HC:3880, Ciudad real y 4A alcanzaron los mejores resultados, no diferenciándose a su vez del realizado con LMN-115 de frutos más pequeños.

El estudio sobre la precocidad identificó a la progenie Amalia x Floradel como la más temprana en florecer, diferenciándose significativamente del resto, al necesitar solamente 47 días para ello, aunque también el híbrido LMN-65 x Floradel lo hizo antes de los 50 días. Como podemos recordar, al evaluar los progenitores, los cultivares Amalia y LMN-65 se destacaron precisamente por su precocidad.

Por otra parte, los híbridos Amalia x Floradel y 38-85-03 x Floradel, se adelantaron al resto al madurar sus frutos a los 89.7 días, no diferenciándose significativamente del híbrido LMN-65 x Floradel que lo hizo a los 90 días. En sentido general, se observó mayor agrupación y uniformidad en los días a florecer y madurar los frutos, fluctuando en el primer caso desde 47 a 53.3 días y entre 90 y 95.7 días para madurar los frutos. Valores similares reportó INCA (2002), alegando que en la expresión de los caracteres floración y maduración de los frutos estaban presentes genes diferentes.

Estos resultados son convenientes teniendo en cuenta que Nuez (1995) planteó que para la rotación de cultivos, se requieren cultivares precoces generalmente de crecimiento determinado y maduración agrupada.

4.2.1.1. Estimación de la heterosis.

El uso de la heterosis mediante la creación de híbridos, se confirma cada vez más como un concepto básico y altamente efectivo para el mejoramiento aplicado a un gran número de cultivos en los que se desarrollan híbridos más precoces, con altos rendimientos, mayor uniformidad y mayor resistencia a plagas y enfermedades y que combinen además otros caracteres económicos valiosos (Díaz, 1986).

Tabla IX Estimación de la heterosis (%) en los híbridos del diseño Top Cros.

Híbridos	Rend/pt	# Fr/pta	M Fruto	D. P	D.E	Florac	Mad
Amalia x Floradel	152.0	112.7	135.8	107.7	109.0	95.9	97.9
38-85-03 x Floradel	126.3	100.0	126.7	99.3	108.1	94.7	92.8
4A x Floradel	109.6	108.2	99.4	91.1	107.6	100.9	108.7
9A x Floradel	102.6	91.6	112.8	113.2	107.9	99.0	99.5
1B x Floradel	118.7	85.7	139.5	109.3	112.9	101.1	101.2
HC:3880 x Floradel	105.9	99.6	105.7	111.1	109.1	101.3	99.8
Vyta x Floradel	128.2	106.5	120.0	99.0	110.9	101.3	101.1
I-33 x Floradel	104.4	112.7	92.8	105.4	107.2	98.4	100.5
LMN-64 x Floradel	134.4	123.8	101.4	102	99.1	98.4	96.5
LMN-65 x Floradel	122.3	129.6	95.2	98.1	102.4	97.2	96.8
LMN-115 x Floradel	123.1	114.9	106.7	103.9	115.4	99.0	96.7
C.Real x Floradel	107.4	95.0	111.9	99.1	104.3	98.7	98.0
AN-104-1 x Floradel	101.7	103.9	98.1	96.2	95.5	99.1	98.0
Promedio	118.2	106.5	111.2	102.7	106.9	98.8	99.0

En esta oportunidad, el estudio de la heterosis permitió identificar combinaciones de progenitores que muestran un mejor comportamiento que los cultivares que le dieron origen, en muchos caracteres de importancia para el productor.

Al analizar los porcentajes de heterosis en los diferentes caracteres en la Tabla IX, se pudo constatar que solamente se encontró heterosis importante en los caracteres rendimiento por planta, número de frutos por plantas y masa promedio del fruto, teniendo en cuenta que Álvarez (comunicación personal), señaló que incrementos en la heterosis por encima de 120%, se consideran adecuados para aceptar la presencia de la misma en grado significativo desde el punto de vista económico.

Otros autores citados por Le-Ming (1992) plantearon que para que el vigor híbrido en una planta autógama sea económicamente ventajosa, debería superar en 25% el rendimiento de la mejor variedad comercial.

El carácter rendimiento por planta fue el único que mostró heterosis positiva en todas las combinaciones realizadas con un promedio de 118.2% superior al resto de los caracteres evaluados, donde se destacaron seis de los híbridos, siendo Amalia x Floradel el de mayor porcentaje con 152%.

Es preciso señalar que, algunos autores diferencian la heterosis en positiva o negativa, según la dirección en que el carácter sea superior o inferior al progenitor mejor o peor, mientras que en otras ocasiones, tienen en cuenta si los valores son superiores o inferiores al 100% (Lobo, 1975; Yordanov, 1983).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Le-Ming (1992), quien planteó que la heterosis generalmente es mayor para el rendimiento que para sus componentes.

Con relación al número de frutos por planta, solamente en las líneas LMN-65 y LMN-64 cruzadas con Floradel se expresaron valores importantes económicamente con 129.6 y 123.8% respectivamente.

En cuanto a la masa promedio del fruto, la combinación 1B x Floradel fue la más sobresaliente con 139.5% de heterosis. Sin embargo, los híbridos Amalia x Floradel, 38-85-03 x Floradel y Vyta x Floradel, destacados en el rendimiento, también sobresalieron en este carácter con 135.8, 126.7 y 120% por su orden.

Para los restantes caracteres, diámetro polar y ecuatorial y días a la floración y maduración, no se manifestaron incrementos de heterosis superiores al 120%, hallándose valores muy cercanos al 100%, donde en días a florecer y madurar los frutos se encontraron valores negativos con mayor frecuencia, siendo estos resultados opuestos a los encontrados por Le-Ming (1992).

Sin embargo, con relación al diámetro ecuatorial es bueno destacar que, solamente dos híbridos no manifestaron heterosis superior al 100%, el cultivar LMN-64 x Floradel y AN-104-1 x Floradel, mientras que LMN-115 x Floradel, aunque no alcanzó el valor requerido para ser aceptado como bueno, con 115.4%, fue la mejor en este carácter.

Díaz (1986) afirmó, que para el tamaño de los frutos en tomate, cuando los padres difieren mucho en este carácter, los híbridos tendrán un comportamiento muy cercano a la media geométrica de los parentales y que esta última se aproxima hacia el padre de menor tamaño, por lo que las evaluaciones de heterosis en base al promedio aritmético o al mejor padre serán de bajo o reducido valor.

Sin embargo, Le-Ming (1992), señaló que incrementos sustanciales para el rendimiento pueden ocurrir sin que se obtenga heterosis alta para algunos de sus componentes, si los híbridos combinan los mejores atributos de los cultivares parentales, aunque la heterosis para el rendimiento en la mayoría de los casos es debida a la heterosis simultanea para uno o más de los componentes del mismo.

Se encontró además, mucha coincidencia entre los híbridos más destacados en la evaluación cuantitativa analizada en la Tabla VIII y los de mayor expresión de la heterosis.

4.2.1.2. Estimación de la heredabilidad.

El estudio de la heredabilidad en los caracteres evaluados en los híbridos Figura 5, mostró que con la excepción del rendimiento por planta que arrojó valores medios (0.31%), en el resto de los híbridos se expresó alta heredabilidad en todos los caracteres, teniendo en cuenta que Ramírez y Egaña (2003) consideran que valores inferiores a 25% son bajos, entre 25 y 50% son medios y superiores al 50% altos, de modo que los mayores valores corresponden a los diámetros ecuatorial y polar de los frutos con 78 y 79%, respectivamente. Solís *et al.* (2001) evaluando líneas de tomate encontraron valores altos en el diámetro del frutos y plantearon además, que el número de frutos y la masa de los frutos son caracteres de alta heredabilidad.

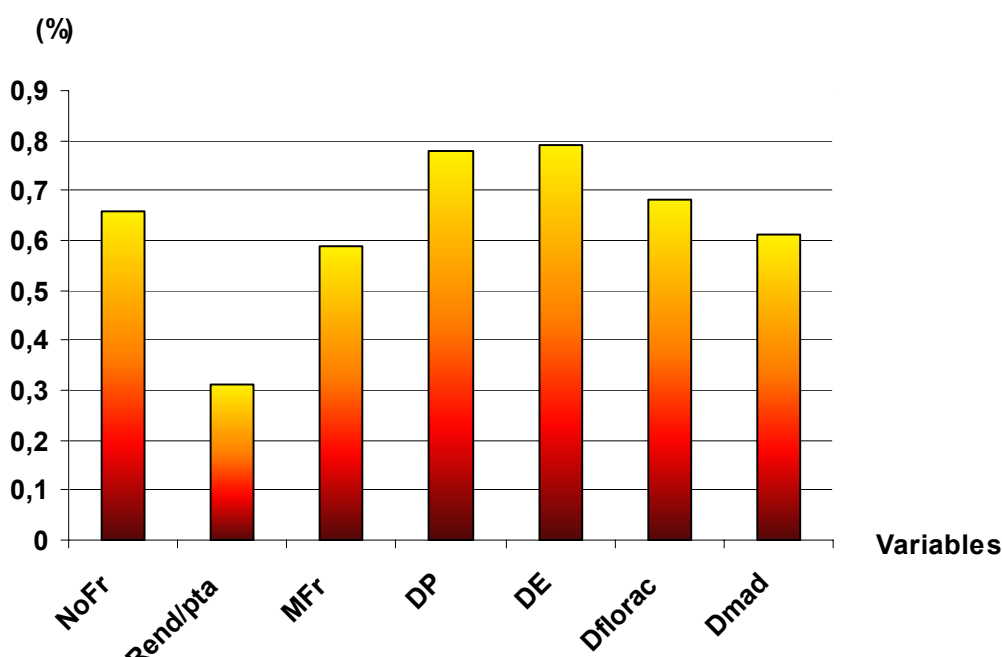


Figura 3. Porcentaje de heredabilidad en los híbridos del Diseño Genético Estadístico Top Cros

Estos resultados coinciden con lo planteado por numerosos autores como Álvarez (1985 a), Fraga *et al.* (1988), entre otros, quienes señalan que el rendimiento es un carácter muy influenciado por el ambiente. A su vez, Ramírez y Egaña (2003) aseguran que la heredabilidad no es una propiedad del carácter únicamente, sino que también lo es de la población y de las circunstancias ambientales a las que están sujetos los individuos.

Como podemos recordar, el rendimiento alcanzó la mayor expresión de heterosis, sin embargo manifestó el menor porcentaje de heredabilidad, lo cual indica que el efecto de genes aditivos es bajo para el carácter y también corrobora lo antes planteado sobre la fuerte influencia ambiental en este carácter.

La estimación de la heredabilidad en caracteres cuantitativos como rendimiento y sus componentes es indispensable para establecer la estrategia de mejoramiento a seguir (Díaz y Sánchez, 1988 citados por INIFAT, 2003). En el caso de que el objetivo sea la creación de híbridos, es conveniente seleccionar los híbridos más heteróticos para el rendimiento y con buen comportamiento para la calidad y tamaño de los frutos, así como, frente a las enfermedades y plagas, en cambio, si el objetivo es continuar la

selección para obtener líneas a partir de la progenie de los híbridos, entonces si es de vital importancia la heredabilidad, que en el caso del rendimiento no es efectiva la selección en generaciones tempranas, debido a la baja heredabilidad del rendimiento y la alta variación por los efectos ambientales (Le-Ming, 1992).

Resumiendo, los mejores híbridos en este diseño, fueron los obtenidos a partir de los cultivares Amalia, 1B, Vyta, LMN-64 y LMN-65, cruzados con Floradel, tomando como principal criterio el rendimiento, parámetro de mayor peso en la evaluación de híbridos, teniendo en cuenta que varios autores como Moya *et al.* (2000) y Solís (2001) entre otros, plantean que el objetivo supremo de los programas de mejoramiento genético del tomate en Cuba es el aumento del rendimiento, lo cual se logra actuando sobre alguno o todos los componentes que lo integran.

Moya *et al.* (2003), al evaluar variedades, líneas e híbridos de tomate, se basaron para seleccionar los mejores híbridos, en los que tuvieran rendimiento superior a 1 Kg / planta y la masa promedio del fruto superior a 100 gramos.

Los híbridos de Amalia y LMN-65 con Floradel también se destacaron en cuatro de los seis caracteres evaluados, sobresaliendo el primero, además del rendimiento, en la masa del fruto y días a florecer y madurar los frutos, mientras que LMN-65 x Floradel lo hizo en rendimiento, número de frutos por planta y días a florecer y madurar los frutos.

A pesar de que el cruce LMN-115 x Floradel no se destacó en diversos caracteres, debe incluirse entre los híbridos sobresalientes por encontrarse entre los primeros en el rendimiento y sus componentes.

El estudio de heterosis permitió corroborar estos criterios, pues se encontró mucha coincidencia entre los híbridos más destacados en el rendimiento y sus componentes y los de mayor expresión de heterosis, donde los híbridos más destacados fueron Amalia x Floradel con porcentaje de heterosis de 152.0 para el rendimiento y 135.8 para la masa promedio del fruto y LMN-64 x Floradel con valores de 123.8 para número de frutos por planta y 134.4 para el rendimiento por planta.

Es importante señalar que los componentes más importantes del rendimiento, el número de frutos por planta y la masa de los frutos, expresaron altos porcentajes de heterosis y de heredabilidad, de lo cual se infiere, que esos componentes del rendimiento pudieran

ser utilizados como criterios para seleccionar progenitores en condiciones similares a las existentes donde se desarrolló la experiencia y en la selección de líneas a partir de progenies segregantes, con mayor efectividad que la selección directa por el rendimiento.

4.2.2. Diseño Genético Estadístico Biparental

Los caracteres cuantitativos de los híbridos en el diseño Genético Estadístico Biparental se muestran en la Tabla X. Al analizar el rendimiento se pudo determinar que los híbridos obtenidos en este diseño tuvieron rendimientos promedio de 1,14 Kg / planta, inferiores a los obtenidos por los híbridos del diseño Top Croos (1.3 Kg / planta), lo cual al parecer se debe a lo señalado por INCA (2002), acerca de la alta habilidad combinatoria general y específica presente en el cultivar Floradel, pues a pesar de que el promedio en el número de frutos por plantas en los híbridos de ambos diseños fue semejante, la mayor masa de los frutos alcanzada en los híbridos obtenidos con el cultivar Floradel influyeron en que el rendimiento promedio mostrara cierta tendencia de superioridad en el diseño Top cross.

Los híbridos provenientes de los cruces con las líneas cubanas, LMN-65, LMN-64, y LMN-115 con los cultivares 9A, AN-104-1 y Floradel, además de Vyta x 4A, excedieron el promedio del rendimiento por planta, no diferenciándose significativamente entre ellos y si del resto de los híbridos, apoyados fundamentalmente en el número de frutos por planta, los cuales promediaron para 12.1, 12.5, 9.3 y 10.7 frutos respectivamente, aunque es bueno destacar que en el cruce LMN-115 x Floradel, además de la cantidad de frutos por plantas, la tendencia al tamaño grande del fruto contribuyó en mayor medida al rendimiento.

Tabla X. Caracteres cuantitativos evaluados a los híbridos obtenidos por el Diseño Genético Estadístico Biparental.

Híbridos	Rend/Pt (Kg)	# Fr/ pta	MP Fr (g)	D. P (cm)	D.E (cm)	Flor. (días)	Mad (días)
Amalia x 1B	0.76 c	8.3 c	105.1 d	4.8 e	6.7 d	55.3 a	96.0 a
Vyta x 4 A	1.28 a	10.7ab	108.5 cd	5.5 c	6.5 d	47.0 c	88.0 c
HC:3880 x 4A	1.00 b	7.4 cd	135.1 bc	5.9 a	6.8 c	51.3 b	95.0 a
HC:3880 x C. Real	1.00 b	5.6 d	178.0 a	5.6 b	7.5 a	51.7 b	95.0 a
I-33 x 38-85-03	1.01 b	9.1 bc	110.8 cd	4.6 g	6.3 e	53.0 ab	95.3 a
LMN-65 x 9 A	1.38 a	12.1 a	112.1 cd	4.7 f	5.6 g	50.3 b	92.0 b
LMN-115 x Floradel	1.30 a	10.4 bc	140.3 b	5.3 d	7.1 b	51.0 b	95.0 a
LMN-64x AN-104-1	1.36 a	12.5 a	108.3 cd	4.6 g	5.8 f	53.7 ab	95.0 a
<i>Media</i>	1.14	9.4	124.8	5.13	6.5	51.7	93.9
<i>ES Media ±</i>	0.07	0.6	8.79	0.02	0.04	1.0	0.7

Medias con letras comunes no difieren significativamente para $P \leq 0.001$

Resultados similares fueron obtenidos por INCA (2002), donde se afirma que el rendimiento está determinado por el número de frutos y la masa del fruto.

Como era de esperarse, al cruzar los cultivares HC:3880 x Ciudad real y HC:3880 x 4 A, todos cultivares de frutos grandes y baja producción de estos, se encontró la menor cantidad de frutos por planta promediando solamente 5.6 y 7.4, no diferenciándose entre ellos y si del resto. Sin embargo, el primero de estos híbridos se destacó alcanzando la mayor masa promediando 178.0 gramos, mientras que HC:3880 x 4A, lo hizo para 135.1 gramos, solamente fue superado por LMN-115 x Floradel que logró frutos en el limite de categoría grande con masa de 140.3 gramos.

El resto de los híbridos produjeron frutos medianos, pues al cruzar los cultivares Vyta y LMN-64 de frutos pequeños con los cultivares 4 A y AN-104-1 de frutos más grandes, permitió que los frutos de estos híbridos promediaran individualmente por encima de 100 g.

Los resultados analizados anteriormente, se confirman en las mediciones de los diámetros, los cuales mostraron valores que oscilaron entre 4.6 y 5.9 cm para el diámetro polar y entre 5.6 y 7.5 cm para el diámetro ecuatorial, donde el cultivar HC:3880 se destacó en ambos casos con el mayor valor, combinado con los cultivares 4 A y Ciudad Real.

Esta variabilidad en el tamaño de los frutos es favorable teniendo en cuenta que Nuez (1995) planteó, que el tamaño y la forma de los frutos, son factores de calidad que dependen de la preferencia de los consumidores, y que además, la masa de los frutos, muy relacionados con el tamaño, es uno de los componentes directos del rendimiento, constituyendo variables de importancia en el mismo.

No obstante, Ruiz-Santaella (2003) señaló que los sistemas de clasificación de acuerdo al tamaño de los frutos son adoptados sobre todo en los países desarrollados, ya que en los países en vías de desarrollo, esta característica no constituye una limitación para su comercialización.

Por último, las observaciones sobre los días a florecer y madurar los frutos, mostraron valores semejantes a los obtenidos en los progenitores e híbridos estudiados en el diseño Top cross.

El híbrido Vyta x 4A, manifestó precocidad floreciendo a los 47 días después de sembrado y adelantándose en la maduración a los 88 días de vida, difiriendo en ambos casos del resto de los híbridos.

4.2.2.1. Estimación de la heterosis

El estudio de la heterosis en los híbridos obtenidos por el diseño biparental (Tabla XI), permitió constatar cierta similitud entre estos resultados y los obtenidos en el diseño Top cross en algunos aspectos como el incremento en el porcentaje de heterosis por encima de 120% en los caracteres rendimiento, número de frutos por planta y masa promedio del fruto, no encontrándose tampoco en estos híbridos incrementos importantes de heterosis en el resto de los caracteres.

Tabla XI. Estimación del porcentaje de heterosis en los híbridos obtenidos según el Diseño Genético Estadístico Biparental

Progenie	# Fr/pta	Rend/pt	MP Fr	D. P	D.E	Florac	Mad.
Amalia x 1B	101.2	91.9	90.7	92.3	105.5	112.5	106.1
Vyta x 4 A	127.4	117.0	98.6	101.9	104.0	93.4	96.4
HC:3880 x 4A	114.7	104.4	102.2	102.6	98.6	98.7	103.8
HC:3880 x C. Real	86.2	113.7	132.6	104.7	104.2	96.9	102.2
I-33 x 38-85-03	126.4	117.4	91.2	82.9	102.4	97.8	100.5
LMN-65 x 9 A	158.2	152.3	97.7	90.4	91.1	95.5	100.9
LMN-115 x Floradel	123.8	134.4	101.4	93.9	92.8	98.5	98.6
LMN-64 x AN-104-1	134.9	123.1	106.7	103.9	115.4	99.0	96.7
Promedio	119.1	119.3	102.6	96.6	101.8	99.0	100.7

El carácter días a la floración presentó la peor expresión de heterosis, excepto Amalia x 1B que alcanzó los 112.5% de heterosis, en el resto se lograron valores inferiores al 100%.

Los caracteres número de frutos por planta y rendimiento por planta arrojaron los mayores promedios de incremento de heterosis, próximos al 120%, sin embargo, el mayor número de híbridos con incrementos de heterosis se encontró para el número de frutos por planta en cinco de las ocho combinaciones realizadas, siendo nuevamente las líneas LMN-65 y LMN-64, cruzadas esta vez con 9A y AN-104-1 las más destacadas con 158.2% y 134.9% de heterosis respectivamente. Otras combinaciones que lograron valores significativos fueron Vyta x 4A (127.4%), INCA-33 x 38-85-03 (126.4%) y LMN-115 x Floradel (123.8%).

Con relación al carácter rendimiento por planta, los híbridos LMN-65 x 9 A, LMN-115 x Floradel y LMN-64 x AN-104-1 fueron las mejores logrando 152.3, 134.4 y 123.1% de heterosis, respectivamente.

En cuanto a la masa promedio del fruto, solamente el híbrido HC:3880 x Ciudad real, proveniente de cultivares de frutos grandes y único híbrido que expresó heterosis inferior a 100% en el número de frutos por planta, fue a su vez el único en mostrar un incremento de heterosis favorable en este carácter con 132.6%, corroborando lo

planteado por Díaz (1986) acerca del antagonismo de estos caracteres, que son a su vez componentes del rendimiento.

Llama la atención que en el Diseño Top cross el híbrido Amalia por Floradel, presentó el mejor valor por encima de 150% de incremento de heterosis para el rendimiento y por encima de 130% para la masa promedio del fruto, y que al cruzarla con 1 B, fue la única que presentó heterosis por debajo de 100% para estos caracteres, lo cual indica que es necesario buscar las combinaciones específicas para lograr híbridos de buen comportamiento.

4.2.2.2. Estimación de la heredabilidad

En la Figura 6 se muestran los resultados de los análisis de heredabilidad en los híbridos del diseño Biparental. Se pudo apreciar estrecha similitud entre estos resultados y los obtenidos en el diseño Top cross.

Nuevamente los porcentajes de heredabilidad fueron altos en todos los caracteres con la excepción del rendimiento por planta, el cual alcanzó valores medios (0.38%).

Resultados similares para el carácter rendimiento, obtuvo Le-Ming (1992) quien señaló que la herencia del rendimiento fue con superdominancia en los híbridos estudiados, y poca influencia de genes aditivos, que son los que determinan el valor de la heredabilidad.

Sin embargo, Ramírez y Egaña, (2003) plantearon que la heredabilidad se refiere siempre a un cruzamiento determinado o al paso de una generación a la siguiente y por tanto no puede hablarse de un valor único de la heredabilidad para un carácter cuantitativo de una determinada especie, pues ocurren variaciones en su valor por causas genéticas y por la influencia del ambiente..

Para la selección de los mejores híbridos en este diseño, se tuvo en cuenta el mismo criterio que en el Top cross, de modo que los híbridos Vyta x 4A, LMN-65 x 9 A, LMN-64 x AN-104-1 y LMN-115 x Floradel, además de sus mayores valores de rendimiento, se destacaron, los primeros tres en el número de frutos por planta, mientras que LMN-115 x Floradel los superaba en la masa del fruto y diámetro polar y ecuatorial de los mismos. Solamente, Vyta x 4A mostró precocidad para florecer y madurar los frutos.

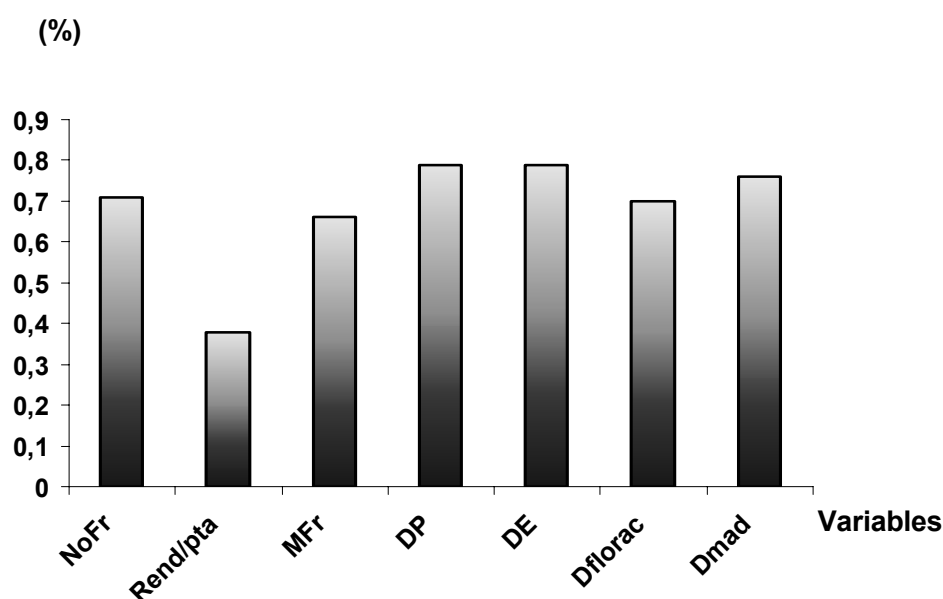


Figura 4. Porcentage de heredabilidad en los híbridos del diseño Biparental

De igual forma que en el diseño Top cross, se encontró estrecha coincidencia entre los híbridos más destacados en el rendimiento y sus componentes y los de mayor expresión de heterosis.

4.3. Evaluación de características de calidad de los frutos y comportamiento frente a enfermedades de los híbridos más destacados.

Una vez identificados los híbridos más destacados en los dos diseños Genético Estadísticos, partiendo del rendimiento como principal criterio de selección, como se había expresado, se procedió a compararlos con relación a otros caracteres de interés como la calidad interna de los frutos y su comportamiento frente a enfermedades para identificar el o los mejores para su recomendación.

4.3.1. Evaluaciones de los caracteres internos de los frutos.

Analizando la calidad interna de los frutos en la Tabla XII, se puede constatar que estos valores son similares o ligeramente superiores al de los progenitores, por lo que se consideran positivos y cumplen con los rangos establecidos para los diferentes parámetros evaluados, teniendo en cuenta lo planteado por diferentes autores y discutidos a partir de los resultados mostrados en la Tabla VII.

Tabla XII. Cualidades internas de los híbridos más destacados.

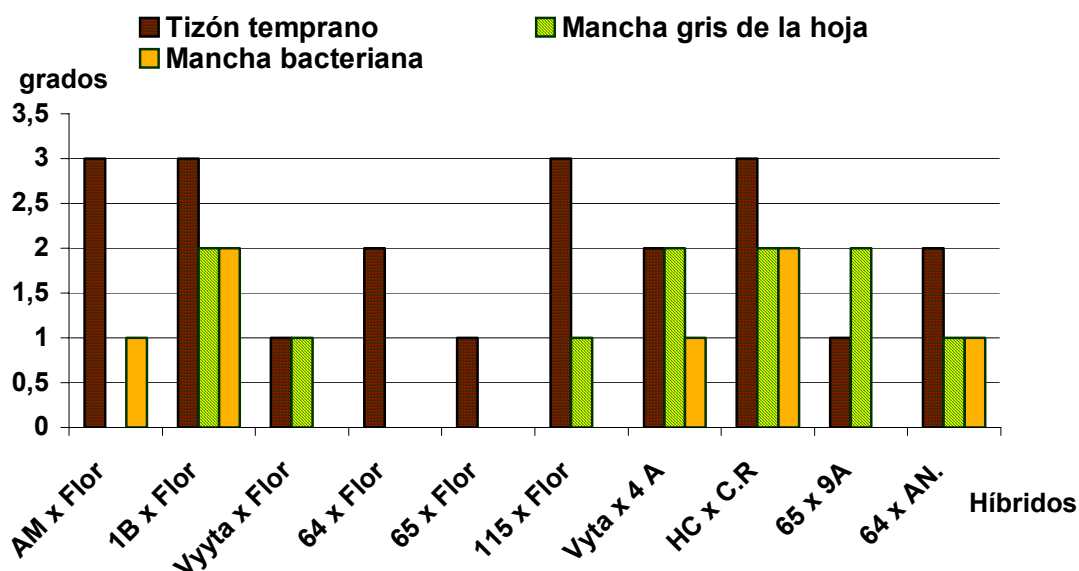
Híbridos	SS °Brix	Acidez (%)	MS (%)
Amalia x Floradel	4.7	0.60	5.6
1B x Floradel	5.5	0.60	5.1
Vyta x Floradel	5.3	0.50	5.2
LMN-64 x Floradel	5.1	0.50	5.2
LMN-65 x Floradel	5.3	0.67	5.3
LMN-115 x Floradel	5.1	0.57	5.3
Vyta x 4 A	4.9	0.67	4.9
HC:3880 x C.Real	5.3	0.74	5.2
LMN-65 x 9 A	5.2	0.54	5.6
LMN-64 x AN-104-1	5.5	0.57	5.3

4.3.2. Evaluaciones frente a las enfermedades

El comportamiento de los híbridos ante las enfermedades se presentan en la Figura 8, donde se puede apreciar que todos los híbridos fueron afectados por el tizón temprano. Esta enfermedad es una de las de mayor incidencia en el país (INCA, 2002), encontrándose las mayores afectaciones en grado 3, en los híbridos Amalia x Floradel, LMN-115 x Floradale, 1B x Floradel y HC:3880 x Ciudad Real, todos híbridos de frutos grandes. Precisamente, los dos últimos fueron los más afectados en sentido general por el resto de las enfermedades, aunque con porcentajes muy bajos equivalentes a grado 2.

Por su parte, los híbridos de frutos medianos obtenidos de los cruces del cultivar LMN-65 con Floradel y 9A, además de Vyta x Floradel, solamente mostraron algunos síntomas. En el primer caso, no se encontró presencia de síntomas del resto de las enfermedades. Comportamiento semejante mostró el híbrido LMN-64 x Floradel, aunque este último más afectado por el tizón temprano.

Shagardsky y Moya (1993), se refirieron a la importancia de introducir en cultivares comerciales genes con resistencia a enfermedades procedentes de especies silvestres, y ponen como ejemplo la transferencia al tomate cultivado de la resistencia a *Alternaria solani* a partir del tipo Cimarrón.



Fiura 7. Comportamiento de los mejores híbridos ante las enfermedades

Sin embargo, a pesar de que Banerjee *et al.* (1998), plantearon que se ha determinado variabilidad en la respuesta ante el patógeno *Alternaria solani* en el germoplasma de tomate, lo cual incluye líneas avanzadas, cultivares promisorios y especies silvestres, Álvarez *et al.* (2003) señalan que es un problema difícil de resolver por la vía genética ya que son numerosos los patotipos que se encuentran distribuidos en las regiones del país y las respuestas de los genotipos ante estas, es diferenciada.

Tampoco se detectó presencia de la mancha gris de la hoja en la progenie Amalia x Floradel, mientras que en los híbridos Vyta x Floradel, LMN-115 x Floradel y LMN-65 x 9A no apareció la mancha bacteriana. En ninguno de los híbridos se hallaron síntomas de virus.

La baja incidencia de enfermedades manifestada es importante, teniendo en cuenta que Cuartero y Báguena (1990) puntualizaron que la política seguida por las empresas de semillas ha sido introducir el mayor número posible de genes de resistencia a enfermedades en sus híbridos, independientemente de si esa enfermedad es importante o no en el lugar donde después vendía la semilla, y que para el agricultor, el cultivar F_1 con muchas resistencias incorporadas constituye, en cierto modo, una garantía para obtener buena producción, pero que no siempre es aconsejable utilizarlos, ya que mediante el cultivo continuado de este tipo de F_1 se pueden seleccionar patotipos más agresivos del patógeno que podría dar lugar a ataques más graves y mayor dificultad para encontrar nuevas resistencias, de modo que lo más aconsejable sería cultivar híbridos con las resistencias a las enfermedades que supongan un verdadero problema en cada zona.

En sentido general, se apreció buen comportamiento frente a las enfermedades aparecidas, debido a que los niveles encontrados no incluyeron afectaciones en el fruto que pueda invalidar la comercialización de los mismos, y además, estos grados de afectaciones se alcanzaron en la etapa final del cultivo no influyendo negativamente sobre el rendimiento.

Los híbridos más destacados fueron Amalia x Floradel con porcentaje de heterosis de 152.0 para el rendimiento y 135.8 para la masa promedio del fruto y LMN-64 x Floradel con valores de 123.8 para número de frutos por planta y 134.4 para el rendimiento por planta. Estos híbridos, además, alcanzaron los mayores rendimientos.

El buen comportamiento mantenido por los híbridos a partir de las líneas LMN-64, LMN-65 y LMN-115 cruzadas con los cultivares AN-104-1, 9 A y Floradel, además del híbrido Vyta x Floradel en los diferentes caracteres evaluados, así como los elevados porcentajes de heterosis expresados, sugieren probar los mismos en diferentes ambientes para evaluar su comportamiento.

V- Conclusiones

- 1- Los caracteres de mayor contribución a la variabilidad de los progenitores empleados en los cruzamientos fueron el número de frutos por planta, la masa promedio de los frutos, los diámetros polar y ecuatorial de los frutos, el rendimiento por planta, los días a florecer y los días a madurar los frutos.
- 2- Los mayores valores de heterosis se obtuvieron para el rendimiento en el diseño de cruzamientos Top cross y para el rendimiento y el número de frutos en el diseño de cruzamientos Biparental.
- 3- Los híbridos más destacados fueron Amalia x Floradel con porcentaje de heterosis de 152.0 para el rendimiento y 135.8 para la masa promedio del fruto y LMN-64 x Floradel con valores de 123.8 para número de frutos por planta y 134.4 para el rendimiento por planta en el Diseño Genético Estadístico Top cross y el híbrido LMN-65 x 9 A con valores de 152.3% para el rendimiento y 158.2 % para el número de frutos por planta en el Biparental.
- 4- Los caracteres número de frutos por planta, masa promedio de los frutos, diámetro polar y ecuatorial de los frutos y los días a florecer y madurar los frutos alcanzaron valores elevados de heredabilidad, excepto el rendimiento por planta con valores medios.

VI- Recomendaciones

- 1- Iniciar la obtención de la semilla híbrida para la introducción de los híbridos Amalia x Floradel y LMN-64 x Floradel en siembras en condiciones de organopónicos y probarlos en otros sistemas de cultivo.
- 2- Probar los híbridos LMN-64 x AN-104-1, LMN-65 x 9 A, LMN-115 x Floradel y Vyta x Floradel en diferentes ambientes para evaluar su comportamiento.
- 3- Obtener nuevas variedades de polinización abierta a partir de las poblaciones segregantes de los híbridos más destacados, teniendo en cuenta la selección por los componentes del rendimiento (número de frutos por planta y masa de los frutos) y la precocidad.

VII- Referencias Bibliográficas.

- Academia de Ciencias de Cuba (1989): Nuevo Atlas Nacional de Cuba. La Habana Instituto de geodesia y Cartografía. 24p.
- Acyt (2003): Mejoramiento vegetal. (Consultado 25/5/2005). Disponible en: <http://www.actec.cu/html>.
- Agrobit (2003): Guia técnica del cultivo del tomate. (Consultado 18/3/2005). Disponible en: <http://www.agrobit.com.ar/info-tecnica/Alternativos/orticultura/AL000014ho.htm>.
- Ahloowalia, B. S. (1997): Somaclonal Variation and mutagenesis in plant improvement. 15th IEEA/FAO Interregional training course and advance in technologies for induced mutation in crops. 21p.
- Alvarado, P. y Cortázar, R. (1972): Capacidad combinatoria en cruzamientos dialélicos de tomate. Agricultura Técnica. 32 (2): 65-70.
- Álvarez, M. (1987): Mejoramiento Genético del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para siembra de primavera. Tesis de grado). INCA. 98 p.
- Álvarez, M. y Torres, V. (1985): Análisis de correlaciones fenotípicas genéticas ambientales y coeficiente de sendero en caracteres del fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en condiciones de verano. Cultivos Tropicales. 7 (2) Junio. INCA.
- Álvarez, M. et al. (2003): Resultado de la Mejora Genética del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y su influencia en la producción hortícola de Cuba. Reseña bibliografica. Cultivos Tropicales. 24 (2): 63-70.
- Allard, R. W. (1967): Principios de la mejora genética de las plantas. La Habana: Instituto Cubano del Libro.
- Anza, M. et al. (2005): Calidad organoléptica del tomate. Eusko-Label. (Consultado 7-2-06). Disponible en: <http://www.adobe.es.acrobat/>.
- Arteche, J. et al. (2005): Crop Genetic Diversity. (CROPDIVER): Un programa de computación para optimizar la composición de la estructura varietal y la recomendación de progenitores sobre la base de su diversidad genética. Cultivos Tropicales. 26 (3): 45-50.
- Ávila, G. (1985): Genética de la inflorescencia, forma y peso del fruto y disposición del pericarpio-placenta en tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill). Revista de la Universidad de Tolima (Colombia). Ciencia. Tecnología. 2 (6) 95-105.
- Banerjee, M. K. et al. (1998): Screening of tomato genotypes against early blight under field conditions. Annals of Agri. Bio. Research. 3 (1): 109-113.
- Becker, W.A. (1975): Manual of procedures in quantitative genetics. 3rd ed Pullman Washington state university.
- Beverly WD. (1998): Tratado de Enfermería práctica. 4 ed.esp. México DF: Editora Interoamericana.
- Bradshaw, J. E. (1994): Quantitative genetcs. Theory for tetrasomic inherence./J. E. Bardshaw.- En: Potato genetics. Wallinford: CAB International, p. 71-99.

- Carpena, O. *et al.* (1967): Experiencias con variedades y fertilizantes en tomate. Murcia: Centro de Edafología y Biología Aplicada al seguro de Murcia. 40 p.
- Castilla, N. (1985): Contribución al estudio de los cultivos enarenados en Almería. Necesidades hídricas y extracción de nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno. (Tesis de grado); Universidad Politécnica de Madrid.
- Castillo, J. *et al.* (2000): Selección de progenitores para el mejoramiento de la papa. *Solanum tuberosus* L. *Cultivos Tropicales* 21 (2): 49-54.
- Ceballos, F. (2003): Negocios: Bioespacios reducen costo agrícola. *Reforma* (México). Mayo, 12p.
- Ceccarelli, S. (1996): Breeding for sustainable development of marginal environments. Wageningen: IAC, 1996-86p.
- Choer, E.E. y Silva J. B. (2000): Avaliação da divergência genética entre acessos de *Cucurbita* spp. a través de análise multivariada. *Agropecuária de clima tropical*. 3 (2): 213-219.
- Costa, Ana. J. da (1998): Caracterización morfoagronómica de los híbridos F₁ de tomate y sus progenitores (*Lycopersicon esculentum*, *Mill* y *especies silvestres*), a partir de un cruzamiento dialélico. (Trabajo de Diploma), ISAAC. 53p.
- Crane, M. B. (1944): J. I. H. I. 34 th. Ann. Rep. For 1943. 155p.
- Cruz, C., Regazzi, A. J. (1997): Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Vicosa: Editora do UFV. 390 p.
- Cuartero, J. y Báguena, M. (1990): Híbridos de tomate para consumo en fresco. En: (3: 1990 abril 27-29. Valencia).p 196-223.
- Cuba, M. (1997): Aspectos generales sobre la transformación genética de plantas. *Cultivos Tropicales* 19(1):36-46.
- Cuba. MINAGRI (1998 a) Propuesta de modificaciones de las normas de certificación y especificaciones de semillas beneficiadas. SICS.
- Cuba. MINAGRI (1998 b): Instructivos Técnicos para Organopónicos y Huertos Intensivos. La Habana. 74p.
- Cuba. MINAGRI. Instituto de Suelos. (1999 b): Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. La Habana: AGRINFOR. 64p.
- Cuba. MINAGRI. INISAV (1999 a): Instructivo técnico de sanidad vegetal para casas de cultivo protegido de alta tecnología. La Habana: CIDISAV, MINAG. 75p.
- Cuba. MINAGRI (2000): UPOV. Descriptor de variedades.
- Cuba. MINAGRI (2002): Informe anual, campaña 2001-2002. Dirección Nacional de Cultivos Varios.
- Dascaloff, Ch. (1932): Untersuchungen über die Heterosis bei tomaten und die Möglichkeit ihrer praktischen ausnvtzung in bulgarien. *Exp. Sta. Plovdiv Rep.*, 247p.

- Dell" Amico, J. (1992): Comportamiento de plantas de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill) ante condiciones de abastecimiento hídrico del suelo. (Tesis de grado); ISAAC. 27p.
- Depestre, J. y Gómez, O. (1999): Mejoramiento de plantas, tomate y chile pimiento. La Habana: Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova (s.p.).
- Díaz, N. E. (1986): Producción de híbridos F1 de tomate mediante el uso de androesterilidad. (Tesis de grado), INIFAT.
- Díaz, N. E. *et al.* (1999): "Híbridos cubanos de tomate para el sector campesino de Cuba". En: Simposio Internacional y Taller sobre Fitomejoramiento participativo en A. Latina y el Caribe. (1999 Septiembre: Quito).
- Dobzhansky, R. (2004): Reflexiones sobre la evolución, ciencia y el mundo en general. *Desarrollo*. 9-11.
- Don Fiszt. (1999): Manipulación Genética. Generalizando la producción de alimentos. (Consultado el 24/4/2005). Disponible en: <http://www.zmag.org/articles/oct1999fiszt.htm>.
- Esquivel, M./ *et al.* (1994): La conservación y estudio de los recursos fitogenético. En los 90 años de la Est. Exp. Agron. De Stgo de las Vegas. Editorial Academia.
- Falconer, D. S. (1970): Introducción de la genética cuantitativa. Londres: Oliver and Boyd. 430p.
- F.A.O. (2002): FAOSTAT Database Results updated. April.
- F.A.O. (2005): Agricultural production. Primary crops. (Consultado el 22/10/05). Disponible en: <http://www.fao.org>.
- F.A.O. (2006): Agricultural production. Primary crops. (Consultado el 2/5/06). Disponible en: <http://www.fao.org>.
- FAOSTAT, 2005. Última actualización febrero 2005. (Consultado 4/3/06). Disponible en: <http://foastat/fao.org/foastat/notel/citacion.htm>.
- Fé, C., De la *et al.* (1996): Comunicación corta. Radiosensibilidad de semillas de papa a los rayos gammas de ⁶⁰Co. *Cultivos Tropicales* 17 (3): 77-80.
- Fernández, R. O. (1990): Fructificación); bajas temperaturas en *Lycopersicon* Mill spp. (Tesis de grado); Universidad de Málaga.
- Fernández, R. O. (1996): Participación popular y sociedad. En: La participación en Cuba y los retos del futuro. La Habana: Centro de estudios de América.
- Fernández, R. O. *et al.* (1992): Cultivo de tomate en la región de Murcia. *Hortofruticultura*. 6: 29-34.
- Figueredo, M. (1999): Selección de variedades de tomate adaptas en condiciones de bajos insumos y propuestas de otras alternativas agroecológicas. (Tesis de Maestría); UNAH, 73p.
- Florido, M. *et al.* (2002): Caracterización morfoagroquímica y bioquímica de 20 accesiones de tomate (*Lycopersicon* spp). *Cultivos Tropicales*. 23 (4): 61-69.

- Fortunecity (2004): Endogamia y heterosis. (Consultado 28-8-05). Disponible en: <<http://www.fortunecity.com/>>
- Fraga, N. A. /et al./ (1988): Comportamiento de seis variedades de tomate en diferentes ambientes. Ciencias de la Agricultura. 33: 89-93p.
- Geneflow, Y. K. y Chen, Y. L. (1992): Germoplasm catalog of Mungbean (*Vigna radiata*, L. Wilczek) and other vigna species. Shanhua: AVRDC p 243-260.
- Glover, A. K. (1993): Comportamiento de variedades e híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), en condiciones tropicales. (Trabajo de Diploma); ISCAH. 61p.
- Gómez, O. /et al./ (2000): Mejora genética y Manejo del cultivo de tomate para la producción en el caribe. La Habana: Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", 159p.
- Gómez, O. /et al./ (1997): Tomate. En: Memorias 25 Aniversario del IIH "Liliana Dimitrova", p. 11-19.
- Gómez, O. y Rodríguez, G. (2004): Impacto del cultivar en el sistema protegido de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Conferencia, La Habana: IIHLD.
- González, M. E. /et al./ (1996): Comportamiento de familias tetraploides de papa (*Solanum tuberosum* L.) Cultivos Tropicales 17 (3):63-66.
- González-Chávez, M. / et al./ (2003): Manual Practico para la producción de semillas híbridas de tomate. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT).
- GRAIN (1994): Conservación y mejoramiento de recursos genéticos por los agricultores. Biodiversidad 1:4-7.
- GRAIN (1998): Los tomates: el mundo los aprecia y las transnacionales los codician. (Consultado el 26-12-04). Disponible en: <www.grain.org/sp/publications/comp2p96-sp.cfm>
- Hanson, W. D. (1963): Heretability. En: Statistical genetics and plant breeding. Washington: National of Science. p. 125-140 (Publ. No. 982).
- Hewitt, J. D. M. A. Stevens. (1983): Genotype variation for rate of respiration in tomato fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(2):322-325pp.
- IIHLD (1997): Memorias del 25 Aniversario de la Estación Experimental Hortícola Liliana Dimitrova. La Habana. 98 p.
- INCA (2002): "Selección de nuevas variedades de tomate resistentes a altas temperaturas, salinidad y sequías, tolerantes a enfermedades y adaptadas a tecnologías de cultivo de bajos insumos. Informe Final del proyecto de investigación; INCA.
- INFOAGRO (2003): El cultivo del tomate. (Consultado 8-2-05). Disponible en: <<http://InfoAgro.com/hortalizas/tomate.htm>>.

- INIFAT (2003): Informe final de proyecto. Híbridos F₁ de tomate. Búsqueda de combinaciones favorables y obtención de variedades. 28p.
- IPGRI (1996): Descriptores para el tomate (*Lycopersicon esculentum* spp.). Roma Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. 44 p.
- ISAAA (2003): international Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. (Consultado 6-6-05). Disponible en: < www.isaaa.org. >
- Ispana (2006): Cualidades del tomate. (Consultado el 21 /4/ 2006). Disponible en: <http://www.iespana.es/naturedouca/agro-hot-tomate.htm>.
- James, C. (2003): Global Status of Comercialized Transgenic crops.
- Johnson, R. /et al./ (1982): Applied Multivariate Statistical Analysis. New Jersey: University of Winconsin. 591 p.
- Lago, A. (2004): Descubre el poder del tomate. (Consultado el 21-4-06). Disponible en: <<http://www.calidad.com/index.php/nutricion/content/view/fordeconsejo/245>.>
- Lara, R. M. (2005): Empleo de la selección asistida por marcadores (MAS) para la resistencia a nemátodos en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis de Maestría; INCA.
- Laterrot, H. (1999): La tomate, origine, diversité et creation varietale. La garanteVoyageuse. (46) :10-12 p.
- Lawrence, C.J.B. (2003): Evaluación, caracterización y selección de nuevas líneas de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), de crecimiento indeterminado en condiciones de organopónico. /Trabajo de Diploma); UNAH. 45p.
- Le-Minh-Hong. (1992): Selección de progenitores para el mejoramiento genético del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en siembras fuera de época optima. Tesis de maestría; INCA. 82p.
- Lobo, M. y Marin, V. O. (1975): Heterosis y Habilidad Combinatoria en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Revista ICA. 10:1-10.
- Martínez, L. (1983): Estudio de las poblaciones locales de tomate con objetivo de utilización en el mejoramiento. Resumen de tesis. 48p.
- Mello, T. (2000): P.C. Melhoramento Genético do tomateiro sp. Brasil: Edición Asgrow do Brasil 55p.
- Metwaly, A. M. (1992): Curso sobre producción de hortalizas. Egipto: Centro Egipcio Internacional para la agricultura. 73-79p.
- Moraleda, F. (2003): Los organismos modificados genéticamente en la agricultura. En: La biotecnología vegetal en el futuro de la agricultura y la alimentación. Madrid: Ed. Mundi prensa.
- Morales, C. (1997): Caracterización biométrica, citogenética e isoenzimática de somaclones de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). (Tesis de maestría); Universidad de La Habana.

- Morales, C. /et al./ (1996 a): Caracterización de cultivares foráneos de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) durante dos años. Cultivos Tropicales. 17(1): 54-59.
- Moya, C. (1987): Estudio de la variabilidad morfo-agronómica en tomate *Lycopersicon esculentum* Mill) y su uso en la selección de líneas adaptadas a las condiciones tropicales.(Tesis de grado); INIFAT. 163p.
- Moya, C. /et al./ (1996): Estimación de parámetros genéticoestadísticos en tres grupos diferentes de variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) cultivadas en organopónico. Cultivos tropicales 17 (3): 67-71.
- Moya, C. /et al./ (2000): Evaluación de nuevas líneas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) considerando los criterios de los productores en la metodología utilizada. Cultivos Tropicales 21 (3): 75-79.
- Moya, C. /et al./ (2001): Evaluación de nuevos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en los periodos temprano y óptimos de siembra en el occidente de Cuba. Cultivos Tropicales. 22 (3): 67-72.
- Moya, C. /et al/ (2003): Caracterización morfoagronómica de una colección de variedades, líneas e híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en condiciones de organopónico. Cultivos Tropicales. Vol. 24. no. 3 p 51-58.
- Moya, C. /et al./ (2004): Informe de nuevas variedades. Mara, nueva variedad de tomate de mesa. Cultivos Tropicales, 25 (2): p 69.
- Moya, C. /et al./ (2005): Evaluación y selección de nuevas líneas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) con altos rendimientos y frutos de alta calidad. Cultivos Tropicales. 26 (3): 39-43.
- Mukandama, J. P. (2001): Uso de las radiación gamma para la obtención de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), tolerantes a las condiciones de bajos insumos de agua. Tesis de Grado) INCA. 77p.
- Murguido. (2003): Control biológico dentro en solanaceas. (Consultado el 7/7/2005).Disponible en: <<http://Aguascalientes.gob.mx/agro/produce/ SOLAN - BI.htm>>
- Naturalmedic (2005): Frutoterapia. (Consultado 24-4-05). Disponible en: <<http://naturalmedic.com/frutoterapia.htm>>
- Nickel, J. (1990): Researching crop technology. En developing World Agriculture. Grosvenor Press. International. p.63-73.
- Nuez, F. /et al./ (1995): El cultivo del tomate. Madrid. Ed. Mundi Prensa. 793p.
- NUFS (2002): Nutrición Cucil. Alimentos modificados genéticamente. Andrews University Nutrition Department (Consultado 24-4-05). Disponible en: <<http://www.Andrews.edu/NUFS>>
- Ojeda, M. M (1999): Análisis Exploratorio de datos con énfasis multivariado y en el contexto de aplicaciones ecológicas. Veracruz. Universidad Veracruzana, 91p.

- Oliva, A. (1998): Evaluación Morfo-agronómica de 10 variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), plantadas en periodo temprano de siembra. (Trabajo de Diploma); ISCAH. 105p.
- Osuna, J. A. (1983): Resultado de la investigación sobre tomate para uso industrial en el estado de Morelos. México: Secret. De Agrict. Y Rec. Hidráulicos.
- Pardo, J. C. /et al./ (2000): Determinación de las perdidas postcosechas en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) por el tiempo de permanencia en el campo. Agrícola vergel 19 (221): 386-391
- Peneyambeko, E. (1995): Caracterización de un grupo de variedades (*Lycopersicon esculentum* Mill), destinado al consumo fresco. (Trabajo de Diploma); ISAAC. 41p.
- Peralta /et al./ (2005): Systematic Botany 30(2): pp. 424–434.
- Pérez Ponce, J. N. (1998): Propagación y Mejora Genética de plantas por Biotecnología, Santa Clara. Instituto de Biotecnología de las plantas. 255p.
- Pérez, A. (2005): Evaluación cualitativa y cuantitativa de 10 cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y su selección según criterios de los consumidores. (Trabajo de Diploma); UNAH. 45p.
- Pérez, N. (1998): Informe de nuevas variedades. Variedad de Arroz INCA LP-2. Cultivos Tropicales. 19(3): 67.
- Philouze, J. y Laterrot, H. (1992): La tomate. En: Amélioration des especes végétales cultivées. Paris: INRA. p.379-392.
- Pierce, L. C. (1983): Relationships on parentat combining ability and test cross segregation to breeding productivity in tomatos. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 108 (8): 487-421.
- Pino, M. A. (2001). Modificación de la productividad del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) fuera del período óptimo utilizando maíz como sombra natural. (Tesis de Grado); INCA. 104p.
- Plana, D. (1996): Evaluación de la radio sensibilidad de tres variedades cubanas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). (Trabajo de Diploma); ISCAH. 43 p.
- Plana, D. (2000): Métodos de cultivo y acción de nuevos reguladores del crecimiento en la morfogénesis in vitro del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivar Amalia. (Tesis de maestría); INCA. 96p.
- Plana, D. /et al./ (1999): Radiosensibilidad de los rayos gamma de ⁶⁰Co de tres variedades cubanas de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill). Cultivos Tropicales 20 (1):75-78.
- Plana, D. /et al./ (2003): Actividad biológica del pectimorf en el cultivo in vitro del tomate.(*Lycopersicon esculentum* Mill) var. Amalia. Revista Cultivos tropicales. 24 (1): 37-39.
- Ramirez, L. y Egañez, B. (2003): Guía de conceptos de genética cuantitativa. Navarra: Universidad pública 12p.
- Rick, C.M. (1960): Hybrids between (*Lycopersicon esculentum* Mill) and *Solanum Lycopersicon* Dun. Proc. Nat. Acad. Sci. 37; 741-744.

- Ríos, D. (2003): Ensayos de cultivares de tomate de exportación en Tenerife. Comportamiento en postcosecha. 22 (262): 487-540.
- Ríos, H. /et al./ (1997): La selección de variedades para las condiciones de bajos insumos. Experiencias y retos. Cultivos Tropicales 18 (3): 66-71.
- Rodríguez G., Piñón, M. (2004): Temas Mayo-Agosto. Heterosis en el cultivo del tomate *Lycopersicon esculentum*, Mill). (Consultado el 3-2-06). Disponible en: <http://mixteco.utm.mx/temas-docs/notes/323>.
- Rodríguez, G. y Piñón, M. (1999): Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". (Consultado 5-4-06). Disponible en: <http://mixteco.utm.mx/temas-docs/notes/323>.
- Rodríguez, J. y Álvarez, M. (1995): Caracterización de variedades y especies silvestres de tomate (*Lycopersicon* sp). (Trabajo de Diploma); ISCAH. 63p.
- Ruano, B. y Sánchez, T, I. (1999): Hortalizas aprovechables por sus frutos. En: Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería. Océano/Centrum. España, p.595.
- Ruiz-Santaella J. L. (2003): Tipos y especificaciones de calidad en el cultivo del tomate. (Consultado 1-4-05). Disponible en: <http://www.eumedia.es/articulos/vr/hortofruto/148tomate.html>.
- Sarkarung, S. (1995): Breeding rice cultivars suitable for rainfed low land environment: A farmer participatory approach for eastern India. En: Proceeding of a workshop on participatory plant breeding (1995 jul. 23-28: Wageningen).
- Shagardovsky, T. y Moya, C. (1993): Origen, diversity and use of tomato germplasm (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Cuba. Gatesleben: Institut für Genetic und Kulturpflanzenforschung.
- Shewfelt, R. L. (1990): Quality of fruits and vegetables. Food Technology 44: 99-106.
- Silva C.R.S. /et al./ (2002): Genetic relationships and phylogeny of Theobroma. En. Proc. International Cocoa Research Conference (13: 2000 oct. 9-14: Sabah).p. 137-154.
- Solís, A. /et al./ (2001): Caracterización de germoplasma de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) con vista a la implementación de un programa de fitomejoramiento participativo. Cultivos Tropicales. 22 (2): 33-37.
- Stevens, M. A. (1994): Processing tomato breeding in the 90'S a union of traditional and Molecular Techniques. ISHS. Acta Horticulturae 376: V International Symposium on the Processing Tomato. <<http://www.actahort.org/books/376/376-1.htm>. >
- Trognitz, B. R. (1995): Female fertility of potato dihaploids. Euphytica 81(1):27-33.
- Ullé, J. (2001): El tomate. La mas popular de las hortalizas. Horticultura. (Consultado el 11/4/2005). Disponible en: http://www.inta.gov.ar/sanpedro/09_sala_de_lectura/difusion/novedades2002/Ulle_tomate.htm.
- Uni2 (2005): Grupo France Telecom. (Consultado el 1-2-06). Disponible en: <http://juver.com/nuricon/frutas/frutas>.

- Universidad para Todos (2002): Los vegetales en la nutrición humana. La Habana: Editora Política.
- Vallejo, F.A; Lobo, M.A. (1994): Heredabilidad del rendimiento y los componentes en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.); Correlaciones genéticas ambientales. Acta Agronómica de la Universidad Nacional de Colombia. 44(1-4): 85- 94.
- Verde, G. (2000): Ciclo biológico de fases fenológicas en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). (Tesis de grado); INCA. 57p.
- Varela, M. (2002): Los métodos biplot como herramientas de análisis de interrelación de orden superior en un modelo lineal y bilineal. (Tesis de grado); Salamanca. 115p.
- Villarreal, A. (1999): Aspectos legales de la protección de variedades vegetales. Horticultura internacional. 99: 44-45.
- Watkin, W. (1965): Principio de genética y mejora de las plantas. 527p.
- Wellington, R. (1912): Influence of crossing in increasing the yields of tomato. N.Y. Agric. Exp. Sta. Bull., 346:37-76.
- Yordanov, M. (1983): Heterosis in tomato. En: Monographs on theoretical and applied genetics. Heidelberg. Spring-Verlag-Berlin. 189-219.
- Zhou, X. *et al.* (2002): Genetic diversity patterns in japanese soybean cultivars based on coefficient of parentage. Crop Science. 42: 1331-1342.